NACIONES UNIDAS

CONSEJO ECONOMICO Y SOCIAL

LIMITADO

E/CEPAL/L.148
1º de marzo de 1977

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLES

C E P A L

Comisión Económica para América Latina

AGUA, DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE EN AMERICA LATINA

76-12-2553

INDICE

/3. La

/5. La

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

En algunos cuadros, la denominación economías "desarrolladas" y "en desarrollo" se usa por razones de conveniencia estadística y no implican juicio alguno sobre la etapa que haya alcanzado determinado país o área en el proceso de desarrollo.

/INTRODUCCION

INTRODUCCION

Este informe se dirige a las personas que en el sector gubernamental se ocupan de la planificación y del aprovechamiento del agua, y a los profesionales dedicados a actividades afines educacionales, de capacitación en el servicio y de investigación. Presenta los principlaes hallazgos de una investigación regional latinoamericana cuyo objetivo es contribuir a mejorar la planificación y el aprovechamiento de los recursos hídricos, tomando especialmente en cuenta la necesidad de conciliar las exigencias de un desarrollo económico acelerado y las de la protección del medio ambiente. El proyecto fue encargado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en febrero de 1975, y es coauspiciado por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL). Fue realizado por la CEPAL, en colaboración con varias instituciones nacionales y organismos especiales de las Naciones Unidas, durante el período comprendido entre septiembre de 1975 y diciembre de 1976.

1. Génesis del proyecto

Los gobiernos y los especialistas en desarrollo están cada vez más convencidos de que, al proponerse determinados objetivos económicos y sociales, es necesario prestar mayor atención a la calidad del medio ambiente; de que para ello, entre otras cosas, se debe contar con criterios innovadores acerca del aprovechamiento de los recursos naturales; y, finalmente, de que tales criterios encuentran aplicación adecuada en los problemas relacionados con la utilización del agua. El estudio tiene su origen en dicho convencimiento. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, dirigió la atención sobre la necesidad - hoy ampliamente reconocida - de extender la evaluación de las políticas y los proyectos de desarrollo a fin de examinar el comportamiento de los sistemas naturales y asimismo ciertas consecuencias socioeconómicas tradicionalmente pasadas por alto. Las actividades del PNUMA durante los cuatro últimos años han provocado nuevo interés por la relación entre

/la utilización

la utilización de los recursos renovables, las medidas relativas a la calidad ambiental y a la mantención, a largo plazo, de los servicios que presta al hombre el sistema que hace posible su vida; la CEPAL ha compartido este interés en aquellas dimensiones del desarrollo que se vinculan al medio ambiente.

Aunque el sentido más amplio del proyecto consiste en crear, entre los que planifican, manejan y diseñan las políticas de recursos naturales, una mayor conciencia de la necesidad de prestar más atención a los aspectos relacionados con el medio ambiente, se decidió escoger uno solo de los recursos naturales como tema de una evaluación más intensiva. No podría decirse que un recurso natural cualquiera tenga mayor importancia que otro. Sin embargo, puede esperarse que las consecuencias del mal uso del agua sean más vastas y graves para la sociedad que las del mal uso de muchos otros recursos. Pareció lógico comenzar con el agua, puesto que probablemente es un tema mejor estudiado y más ampliamente aplicable al desarrollo que el de otros recursos naturales, debido a una amplia gama de medidas de políticas públicas y de aprovechamiento. Prometía producir un efecto más inmediato, debido al interés público por las inundaciones, el abastecimiento urbano de agua, la contaminación, la energía hidroeléctrica y la producción de alimentos mediante el riego. Además, el estudio del agua constituye una base adecuada para ampliar y profundizar investigaciones acerca del aprovechamiento del medio ambiente.

Las interrogantes fundamentales de este estudio, que atañen tanto al PNUMA como a la CEPAL, son las siguientes: a) cuáles son, en cuanto a criterios analíticos y a estructuras de decisión, las modificaciones factibles para que, en la búsqueda de crecimiento económico acelerado a través de un uso más intensivo del agua, se otorgue mayor consideración a la calidad del medio ambiente; b) qué consecuencias traerían tales modificaciones en cuanto al personal y a la capacitación; y c) cuáles serían las orientaciones más constructivas para que los organismos internacionales de asistencia en este campo puedan contribuir al desarrollo de la capacidad nacional para señalar los problemas y

/para diseñar

para diseñar y ejecutar políticas de desarrollo de los recursos hídricos que consideren debidamente la calidad de los mismos. Puesto que no se había hecho en América Latina una evaluación crítica de los aspectos del aprovechamiento del agua relacionados con el medio ambiente, se esperaba que los resultados de este estudio tuvieran interés y valor para los organismos gubernamentales que enfrentan dichas interrogantes en el curso de su gestión y de la planificación y el diseño de proyectos relacionados con la utilización del agua, y también para las instituciones internacionales de desarrollo.

2. Objetivos

El principal propósito de este estudio es examinar la experiencia pasada, los hechos actuales y las nuevas ideas en América Latina, a fin de que sirvan de base para desarrollar mejor información y también pautas prácticas para los encargados de planificar, ejecutar y evaluar los programas de aprovechamiento y desarrollo de los recursos hídricos. Aunque no se espera que el estudio de respuesta a las interrogantes sobre medio ambiente que plantea el aprovechamiento del agua, si se espera que de orientaciones generales para que los planificadores y los decisores puedan evaluar cualquier situación dada en una perspectiva más amplia, señalar una gama mayor de acciones alternativas y aquilatar en forma más sistemática las consecuencias inmediatas y a largo plazo de las diversas opciones.

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

a) analizar los principales efectos - tanto positivos como negativos - que sobre el medio ambiente podría tener el aprovechamiento del agua y de recursos afines (tierras, bosques, etc.) en la región, basándose en la información disponible y en el estudio de algunos casos;

b) proporcionar información que sirva para incorporar nuevas orientaciones en la planificación de la explotación de los recursos mencionados;

c) presentar los resultados de dicho trabajo en un seminario, y difundirlos a través de un informe.

/3. Organización

3. Organización del estudio

La investigación se realizó en cuatro etapss principales. En primer lugar, hubo discusiones con especialistas de organismos nacionales e internacionales a fin de reunir información e ideas respecto de la posible metodología y de las interrogantes claves que determinarían el alcance del estudio, así como sugerencias acerca de posibles casos para examinar. En segundo lugar, se prepararon documentos de trabajo respecto del estado de los conocimientos en el campo del análisis de la calidad del medio ambiente y su relación con el desarrollo económico, y otros documentos relativos al campo más restringido del aprovechamiento de los recursos hídricos. En tercer lugar, se hizo un amplio esfuerzo por reunir información acerca de la disponibilidad de agua, los usos del agua en el pasado, en el presente y los proyectados para el futuro, y la administración de los recursos hídricos en América Latina. Se realizaron dos estudios especiales sobre calidad del agua y sobre aspectos legales e institucionales de la utilización del agua, uno de los cuales fue preparado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS) y el otro por el Instituto Nacional de Economía y Legislación de Aguas (INELA) de la Argentina. Al comienzo se pensó que las primeras tres etapas harían posible la selección de un conjunto de casos cuyo examen detallado pondría de manifiesto los problemas ambientales más importantes relacionados con el aprovechamiento del agua en la región. La preparación de la información que vinculaba los usos con cada cuerpo de agua fue una tarea mucho mayor que la prevista. Por lo tanto se hizo necesario iniciar la etapa cuarta - la más importante, que consiste en el estudio de casos - sólo sobre la base de las etapas primera y segunda. Finalmente, los hechos y las ideas presentes en las etapas anteriores fueron revisados y evaluados para la preparación del presente informe.

El estudio de casos constituye la base empírica principal del análisis realizado en el informe, aunque también se han utilizado hechos provenientes de otros proyectos y fuentes. En un primer momento se proyectó incluir cuatro casos en el estudio. Sin embargo, se hizo

/evidente que

evidente que debía examinarse una gama mayor de situaciones a fin de captar los escenarios regionales más importantes en cuanto a recursos e instituciones. Se decidió que la realización de estos estudios estaría a cargo de asesores nacionales de una amplia gama de disciplinas, dejando a cada uno de ellos libertad en cuanto a la especificación del sistema examinado y a la evaluación de los problemas relativos al medio ambiente. Habría sido imposible imponer un solo esquema analítico a una diversidad tal de situaciones, u obtener datos cuantitativos normalizados a fin de compararlos.1/

América Latina y el Caribe abarca una superficie de veinte millones de kilómetros cuadrados, que se extiende diez mil kilómetros entre la latitud 55° sur y la latitud 30° norte, y comprende treinta y ocho países y territorios cuya población conjunta es del orden de los 325 millones de habitantes (1975). Es evidente, por lo tanto, que el aprovechamiento del agua en la región se caracteriza por una amplia variedad de situaciones en cuanto a los recursos naturales, a la economía, a la cultura y a las instituciones. Un estudio de la información publicada y el análisis de un número limitado de casos no puede pretender entregar un esquema adecuado a todas las situaciones. Sin embargo, se cree que pueden considerarse algunos principios generales potencialmente útiles para sugerir nuevas orientaciones de política, y que éstos pueden ofrecer un punto de partida para una evaluación acumulativa destinada a mejorar progresivamente las pautas que rigen las decisiones acerca del aprovechamiento del agua.

1/ Los asesores presentaron informes independientes y no son responsables en forma alguna de la interpretación de dichas experiencias realizada en este documento.

/4. Alcance

4. Alcance y método

Esta investigación se orienta al mejoramiento de las prácticas de aprovechamiento del agua en América Latina a través de una más amplia consideración de los aspectos relacionados con el medio ambiente. Esto exige una exploración de cómo han sido desarrollados y utilizados los recursos hídricos y de los problemas de aprovechamiento que surgen de dicha experiencia. Tal investigación sirve de base para identificar la naturaleza de los posibles cambios de planificación y gestión y para señalar como pueden realizarse.

La relación entre el manejo del agua y la calidad del medio ambiente se centra en dos aspectos vinculados entre sí: a) el efecto que tiene el manejo del sistema hídrico sobre el medio ambiente; y b) el efecto que producen en el medio ambiente ciertas decisiones que afectan directamente el manejo de los servicios de agua, o bien indirectamente la calidad o la cantidad de agua que tiene el sistema.2/ Las definiciones del sistema hídrico y del medio ambiente variarán según el papel que corresponda a cada decisor. Al formular el alcance del presente estudio, se fijaron límites que consideran las necesidades de administradores e instituciones dedicados a ambos aspectos.

La primera categoría de decisores - y los principales destinatarios de este informe - son los encargados de la planificación y gestión relativas al diseño, la construcción y la operación de obras para el control y el uso del agua, como las canalizaciones para uso urbano, rural, industrial, minero o agrícola, las represas o diques para la prevención de crecidas, la extracción de aguas subterráneas, el drenaje, los canales y represas para navegación y las obras hidroeléctricas y de regadío afines. En este estudio son de fundamental importancia las consecuencias que tienen sobre el medio ambiente las decisiones vinculadas al uso de tales obras. En este caso el medio ambiente puede interpretarse en su sentido más amplio: así, las

---

2/ Se hará evidente que, según como se defina un sistema hídrico en particular, las decisiones en cuanto a su manejo pueden tener efectos sobre recursos hídricos ajenos al sistema.

/manifestaciones de

manifestaciones de deterioro del medio ambiente pueden abarcar desde una disminución de la capacidad de otros componentes del ecosistema natural (como los peces o los suelos) para brindar los bienes y servicios que el hombre necesita, hasta problemas sociales tales como la distribución del ingreso, o aspectos culturales como la extinción de especies en peligro.

Bastante más difíciles de definir resultan las decisiones (y los encargados de tomarlas) que caen dentro de la segunda categoría, es decir, la de aquellos que, desde fuera de un sistema hídrico, pueden afectar el funcionamiento de éste. El punto de partida tomado por este grupo para establecer las decisiones importantes es la manifestación de un deterioro en el sistema hídrico. Estas manifestaciones pueden dividirse en dos clases: a)cambios en las propiedades químicas, biológicas o físicas del agua, debido a residuos de sectores urbanos, industriales, mineros o agrícolas; y b) cambios en el caudal o en los sedimentos debidos a actividades agrícolas, forestales o de construcción (de caminos o de infraestructura urbana) en la cuenca alimentadora. En el caso de la calidad del agua, el problema del control de las descargas en ríos, lagos, etc. incumbe a los organismos dedicados a los usos posteriores de dichas aguas. Respecto de los sedimentos, el control del uso de la cuenca alimentadora puede corresponder a ministerios de agricultura (o de actividades forestales) y a autoridades regionales o de la cuenca hidrográfica. Los encargados de decisiones en organismos dedicados a ambos aspectos también se consideran destinatarios de este estudio.

Es relativamente simple señalar las relaciones de causa y efecto si se acepta que la causa es la intervención física en el sistema hídrico, ya sea con propósitos de desarrollo o con efectos indirectos como los antes señalados. Sin embargo, podría argumentarse que no deben dejarse a este nivel las relaciones causales entre el uso del agua o de recursos conexos y la manifestación de un cambio en el medio ambiente. Esto implica que quien maneja el medio ambiente debería ir un paso más atrás en la estructura de decisiones y preguntarse por qué se tomó la decisión de desarrollar un sistema hídrico

/en particular.

en particular. Tendría que examinar las raíces estructurales del deterioro del medio ambiente, tales como la pobreza y los esquemas de distribución del ingreso, de la producción y del consumo que influyen en la elección de tecnologías y en la distribución espacial de la población y de la actividad económica. Sin embargo, se consideran fuera del campo de este estudio las políticas para producir cambios fundamentales en el estilo de desarrollo, que podrían ser necesarios para corregir el deterioro del medio ambiente advertido en un sistema hídrico, junto con sus consecuencias negativas en lo económico y social. Si bien se supone que los planificadores nacionales y regionales serían también destinatarios del estudio, sus decisiones dependen claramente de consideraciones de un orden superior a las tratadas aquí.

Las medidas prácticas para incorporar nuevas orientaciones que tomen en cuenta las dimensiones del medio ambiente al planificar y manejar los recursos hídricos de la región deben basarse en la evaluación empírica. Por lo tanto, el elemento clave del estudio consiste en una serie de análisis de casos relativos al manejo del aprovechamiento intensivo de sistemas hídricos. En primera instancia, los casos examinados se seleccionaron por cuanto ya habían sido estudiados y reflejan el pensamiento de las instituciones regionales de investigación y manejo de recursos hídricos interesadas en aspectos del medio ambiente. Un segundo criterio de selección consistió en la necesidad de presentar en forma equilibrada las dos grandes clases de cuestiones relativas al medio ambiente: los cambios en la calidad del agua, debido a la descarga de aguas servidas de grandes complejos urbano-industriales, y los cambios producidos en los ecosistemas naturales y en los sistemas socioeconómicos por las obras de desviación de las aguas y de regulación de las mismas.

Los casos fueron escogidos como una muestra útil; sería evidentemente imposible presentar una muestra representativa de la cual puedan sacarse conclusiones estadísticas. Las características principales de dichos casos se resumen en el cuadro 1, y sus ubicaciones en el gráfico 1. La interrelación entre los casos que analizan

/Cuadro 1

Cuadro 1

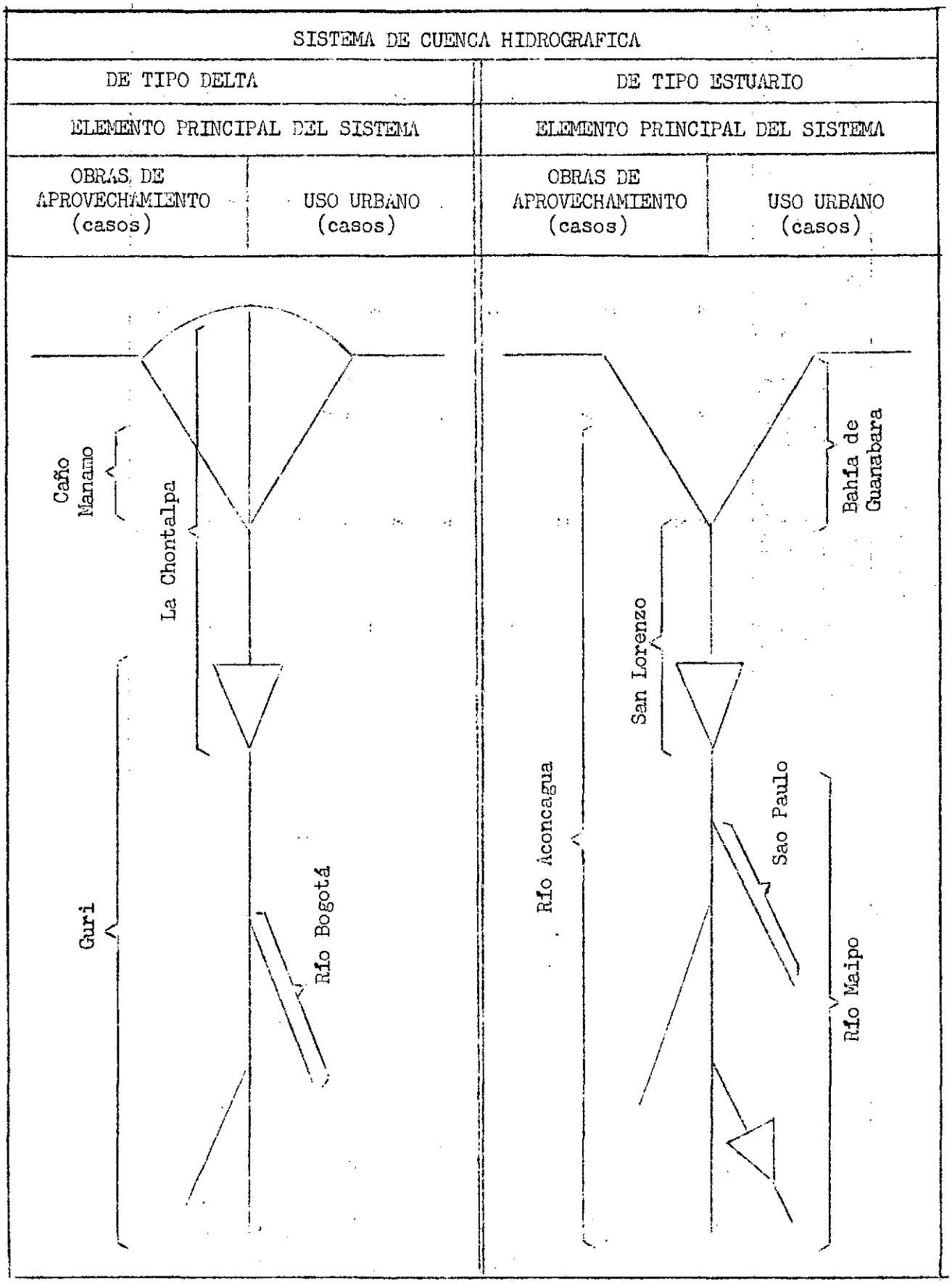
CARACTERISTICAS DE LOS CASOS DE MANEJO DE AGUA

	Sistemas hídricos principalmente utilizados por complejos urbanos				Sistemas hídricos utilizados a través de obras de regulación				
	Bahía de Guanabara (Brasil)	Río Bogotá (Colombia)	Río Maipo (Chile)	Río Paulo (Brasil)	La Chontalpa (México)	San Lorenzo (Perú)	Guri (Venezuela)	Río Aconcagua (Chile)	Caño Mánamo (Venezuela)
Sistema hídrico									
Río-canal		X	X	X	X	X	X	X	X
Lago-embalse				X					
Bahía-estuario	X								
Tipo de río									
De tipo estuario	X		X			X		X	
De tipo delta					X		X		X
Afluente		X		X					
Clima									
Árido y templado			X					X	
Árido tropical						X			
Húmedo templado		X							
Húmedo tropical	X			X	X		X		X
Uso principal del agua									
Transporte de desechos	X	X	X	X				X	
Riego			X			X		X	
Hidroelectricidad		X		X	X		X		
Prevención de crecidas y avenamiento					X				X
Recreación	X			X					
Principal aspecto relacionado con el medio ambiente									
En el nacimiento de los ríos - erosión							X		
En el curso de los ríos - contaminación	X	X	X	X				X	
- cambio en el ecosistema					X	X		X	X

/Gráfico 1

Gráfico 1

CASOS Y SISTEMAS DE CUENCAS HIDROGRAFICAS ESTUDIADOS



/Mapa 1

Mapa I

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

las diversas experiencias dentro del límite de una cuenca hidrográfica común se muestra en el mapa 1. Los rasgos comunes consisten en consideraciones técnicas para evaluar la necesidad de modificar los criterios de acción correctiva o preventiva para proteger el medio ambiente, y la capacidad institucional para señalar el deterioro del medio ambiente y responder al mismo.

5. Algunos conceptos fundamentales

No se puede dudar de que se ejercerá cada vez más presión sobre los recursos hídricos en América Latina a consecuencias del desarrollo, ni tampoco de que tal intensificación en el uso de los mismos producirá efectos sobre el medio ambiente. Entre 1975 y el año 2000, la población de la región casi se duplicará, sean cuales fueren los cambios en la tasa de crecimiento de la población en el intertanto.3/ Las proyecciones del crecimiento de la producción bruta van del 5 al 7% anual, y las de la producción por habitante del 2.5 al 3.5%, lo que significa cuadriplicar la producción durante esos veinticinco años.4/

Dada la imprecisión del conocimiento y de los términos de los debates sobre la relación entre el desarrollo y el medio ambiente, como asimismo los relativos a la evaluación de los efectos negativos sufridos por el medio ambiente, es importante señalar varios conceptos útiles para caracterizar el criterio que guía el presente estudio. Un análisis más detenido de diversos criterios de evaluación de los efectos negativos sufridos por el medio ambiente se presenta en el anexo C.

El campo del manejo de la calidad del medio ambiente se muestra dinámico y existe un amplio espectro dentro del cual pueden interpretarse los términos. Sería difícil afirmar que hay un criterio "aceptado"; hay todavía contradicciones, controversias y problemas

---

3/ Boletín Demográfico, Año IX, Nº 18, CELADE, Santiago de Chile, julio de 1976, p. 11.

4/ Véase: The Future of the World Economy, Preface, Introduction and Summary (Extract from ST/ESA/44), Naciones Unidas, Nueva York, 1976.

/por resolver.

por resolver. Existe una tendencia a intercambiar el uso de los términos "ecológico", "recurso natural", "ecosistema" y "relativo al medio ambiente" al añadirlos al término "manejo". No siempre queda claro que los propósitos del manejo del medio ambiente sean antropocéntricos. Existe incertidumbre respecto de qué importancia relativa debe darse al bienestar de la actual generación y al de las generaciones futuras, y respecto de hasta qué punto el pensamiento debe buscar un marco de planificación que abarque cientos de años, en oposición a los horizontes típicos de veinticinco o cuarenta años propios del análisis tradicional de proyectos. Otra interrogante es si puede hacerse algo para mejorar la calidad del medio ambiente a través de una adaptación marginal de las instituciones y procesos de decisión existentes, o si una completa revisión de las instituciones nacionales e internacionales es una condición previa indispensable.5/

En este estudio, se incluyen entre las consideraciones acerca de la calidad del medio ambiente pertinentes para el manejo de los recursos hídricos tanto los elementos socioeconómicos e institucionales como las características físicas y biológicas del agua y de los recursos naturales conexos. Se da por un hecho que el manejo de ellos es antropocéntrico, y que es inherente al concepto de calidad del medio ambiente una preocupación por la capacidad de largo plazo de los sistemas naturales para proporcionar bienes y servicios a las generaciones presentes y futuras. El análisis que aquí se realiza tiene por objeto el mejoramiento de la planificación y del manejo de los recursos hídricos realizados por las instituciones existentes en la región; se centra en modificaciones y ajustes que podrían hacerse a corto plazo, y no en una reorganización estructural de importancia.

5/ Véase Declaración de Cocoyoc aprobada por los participantes en el Simposio PNUMA/UNCTAD sobre "Modelos de utilización de recursos, medio ambiente y estrategias de desarrollo" celebrado en Cocoyoc, México, del 8 al 12 de octubre de 1974, A/C.2/292, noviembre de 1974. Véase asimismo Ignacy Sachs, "Ambiente y estudios de desarrollo", Comercio Exterior, Vol. XXIV, Nº 4, abril de 1974, pp. 360-375.

/En último

En último término, el manejo del medio ambiente puede concebirse como de alcance global. A efectos del manejo práctico, es necesario seleccionar ciertos aspectos de la realidad a fin de proporcionar pautas utilizables para incorporar factores ambientales a la estructura de decisiones. El hecho de seleccionar estos aspectos es hasta cierto punto arbitrario y refleja los valores de quienes realizan la selección. En todo estudio de problemas del medio ambiente la metodología, la elección de objetivos, los supuestos y la definición de los límites del sistema estudiado ponen de manifiesto inmediatamente los juicios subjetivos de quien efectúa el análisis.

El criterio adoptado en este estudio - y que ya está bastante generalizado - destaca la importancia de ampliar la gama de alternativas de acción de la planificación y del manejo de las aguas mediante una consideración cada vez más explícita, en los estudios de factibilidad y en los planes de aprovechamiento, de la necesidad de evitar o aminorar efectos nocivos sobre el medio ambiente.

Sólo surgen problemas de manejo relativos al medio ambiente cuando existe o puede preverse un conflicto en cuanto al uso de servicios hídricos; el deterioro del medio ambiente sólo se plantea cuando parecen existir los medios técnicos e institucionales para una acción correctiva o preventiva.

En la práctica, el manejo de los sistemas de agua estará determinado, en cada situación particular, por circunstancias sociales, culturales y económicas. Las diferencias pueden reflejarse en la importancia que se de a la calidad del medio ambiente entre todos los objetivos que puede tener el desarrollo. Los efectos positivos de dicho manejo se dan por un hecho, puesto que constituyen la única justificación de la intervención en el desarrollo; lo que es motivo de reflexión son los posibles efectos nocivos. En el manejo del medio ambiente, la relación crítica se da entre la intensidad del uso del agua y la capacidad del medio ambiente para mantener dicho uso.

La interrogante que plantea el manejo del medio ambiente es qué puede y debe hacerse para disminuir el deterioro del mismo. Para el medio ambiente, los costos que representan las actividades extractivas

/o la

o la eliminación de residuos no constituyen anomalías en el sistema económico, sino que son inherentes al proceso de producción y de consumo.6/ La intensidad de los efectos sobre el medio ambiente variará según el nivel de desarrollo, la productividad y el crecimiento demográfico. La elección no se plantea entre deterioro y no deterioro; el objetivo consiste en encontrar un nivel - de deterioro o de recursos dedicados a la protección del medio ambiente - que sea aceptable y coherente en relación con la asignación de los escasos recursos de la sociedad a otras actividades alternativas que también tienen utilidad social.

El manejo del medio ambiente exige a quienes lo realizan tomar en cuenta la exigencia que representa para el sistema natural la concentración de la población y la actividad económica creada por el proceso de desarrollo, la cual puede: i) extraer del ecosistema el exceso de productividad biológica; ii) sobrecargar el sistema de desechos o de estimulantes artificiales de la productividad biológica; y iii) alterar procesos biológicos mediante la introducción de sustancias completamente ajenas a ellos.7/

En este marco, corresponde a quienes manejan el medio ambiente considerar la intensificación del uso del agua a la vez como causa y como consecuencia del desarrollo. El medio ambiente se toma en cuenta a través de dos aspectos vinculados entre sí y que se mencionaron antes (efecto de los cambios en sistemas hídricos sobre el medio ambiente, y efecto de las alteraciones en el medio ambiente sobre los sistemas hídricos). De ello se desprende que la intervención en los sistemas hídricos trae consigo consecuencias para el bienestar humano

---

6/ Véase: Allen V. Kneese y Ralph C. d'Arge,"Pigovian External Costs and the Response of Society", en The Analysis and Evaluation of Public Expenditures: The PPB System. A compendium of papers submitted to the Subcommittee on Economy in Government of The Joint Economic Committee, 91 Cong. I Session, Washington, 1969, pp. 87-115.

7/ Barry Commoner, "The Environmental Costs of Economic Growth", en Energy, Economic Growth and the Environment, S.H. Schurr (Ed.), John Hopkins Press, Baltimore, 1972, p. 34.

/en sus

en sus aspectos social y cultural, además de económico, lo cual no puede ser pasado por alto por quienes manejan los recursos naturales. Para evaluar y diseñar vías alternativas se puede contar con la ayuda de equipos interdisciplinarios, pero son las consideraciones éticas y morales las que deben privar en la opción entre formas de manejo que den como resultado diversas distribuciones de beneficios y costos entre los grupos de la sociedad o entre las generaciones.

6. Estructura del informe

Esta introducción ha explicado los antecedentes de la investigación a la que se refiere el informe, es decir, sus orígenes, objetivos, alcance y métodos. En el capítulo I se compara el uso de agua - tanto el uso reciente como el proyectado - con la disponibilidad del recurso, a fin de dar una visión general cualitativa de dónde y cómo podrán plantearse en la región cuestiones de medio ambiente relativas a una intensificación del uso del agua. Se expone asimismo el marco institucional y legal vigente para la administración del agua en la región. El capítulo es completamente descriptivo, y no intenta ningún tipo de diagnóstico de las causas y consecuencias de problemas del medio ambiente que puedan atribuirse a algún aspecto de la administración o el uso de los recursos hídricos; su principal propósito consiste en identificar las zonas en que podrían presentarse dificultades relativas a los sistemas hídricos, a fin de colocar los estudios de casos dentro de una perspectiva regional más amplia.

La parte principal del análisis se presenta en los capítulos II y III. El capítulo II se dedica a examinar la gama de temas fundamentales de medio ambiente relativos a sistemas de aprovechamiento de agua que surgen de la intensificación del uso a través de la desviación y regulación del caudal. En el capítulo III se hace un análisis similar de los problemas en sistemas vinculados a grandes complejos urbanos. Para este análisis se cuenta con datos respecto de diecinueve ciudades latinoamericanas cuya población sobrepasa un millón de habitantes, y con el estudio de los casos de Río de Janeiro, Bogotá, São Paulo y Santiago.

/Las conclusiones

Las conclusiones generales y las recomendaciones que surgen de la yuxtaposición de los análisis específicos contenidos en el segundo y en el tercer capítulo, así como la visión general de la situación latinoamericana, confluyen en el capítulo IV. Aunque no se intenta abordar los temas de medio ambiente como problemas, y menos aún proponer soluciones, tales temas se analizan en el marco de su debida relación con la información, el análisis, las capacidades profesionales y las modificaciones institucionales que harían posible que los aspectos de medio ambiente pudieran integrarse en forma más eficaz a las decisiones relativas al aprovechamiento de los recursos hídricos.

/Capítulo I

Capítulo I

MODALIDADES Y TENDENCIAS: LA RELACION ENTRE EL AGUA, EL DESARROLLO Y EL MEDIO AMBIENTE EN AMERICA LATINA

En América Latina en su conjunto, la presión de las actividades humanas sobre los recursos hídricos ha aumentado con mucha rapidez en los últimos años. Las más importantes causas de este aumento han sido el incremento de la población (2.8% anual) y la expansión de la producción, la cual ha alcanzado recientemente casi un 7% anual. Dicho aumento de la demanda ha ido acompañado por un cambio equivalente, si no mayor, en la estructura de la demanda de agua y en la tecnología de aprovechamiento de la misma. Por desgracia la naturaleza del cambio no puede ser medida directamente; sin embargo, puede llegar a apreciarse considerando dos hechos específicos y continuados en el campo económico y social. El primero, los cambios en la estructura de las economías de los países de América Latina; el segundo, las alteraciones de la distribución espacial de la población y de la actividad productiva.

Desde el punto de vista del aprovechamiento del agua, el cambio más importante en la estructura económica ha sido el papel cada vez mayor desempeñado por la industria manufacturera en la mayor parte de las economías de la región. En América Latina en su conjunto, la producción total alcanza a más del doble de la de 1960, en dicha producción el aporte del sector manufacturero ha aumentado en un 21.7% del producto nacional bruto a un 25.9% del mismo en 1973. Al mismo tiempo, a medida que ha aumentado la importancia de las manufacturas, ha cambiado la estructura del sector. En 1971, el valor agregado por la industria manufacturera de bienes intermedios y de capital igualó al agregado por la de alimentos y otros bienes de consumo no duradero.8/

8/ CEPAL, La industrialización latinoamericana en los años setenta, Cuadernos de la CEPAL, Santiago, 1975.

/La expansión

La expansión y cambio estructural del sector industrial ha ido a parejas con un considerable cambio en la distribución de la población entre el campo y la ciudad. Según la definición que se adopte, puede afirmarse que hoy América Latina es al menos tan urbana como rural; en 1970 más de un 40% de la población vivía en centros urbanos de más de 20 000 habitantes.9/ La naturaleza del cambio en la distribución de la población no ha sido la misma en todos los países; en muchos de ellos, aún sin que se modificara la distribución de la población, el solo crecimiento de ésta ha transformado la relación entre el hombre y su medio ambiente. En muchas partes de la región la presión de la población en las zonas rurales se hizo mayor a medida que las densidades aumentaban en más de un 50% entre 1950 y 1970. Particularmente cierto resulta lo anterior en los países más pobres y menos desarrollados de América Latina, y, dentro de ellos, en las regiones de menor desarrollo relativo.

Estos múltiples cambios en magnitud, distribución espacial y estructura de la actividad económica y de la población han repercutido en los recursos hídricos a través de un cambio de la magnitud de la intervención humana en el régimen hidrológico y en el ecosistema acuático. La actividad humana ha producido los cambios más importantes en la calidad del agua (mediante la utilización de sistemas de eliminación de desechos industriales y domésticos a través del agua), y también en la regulación del caudal de las corrientes de agua y en la extensión de las zonas urbanas y agrícolas.

Desde 1960 se han construido embalses que abarcan dos tercios de la capacidad de almacenamiento existente.

La creación de lagos artificiales, y los consiguientes cambios en las modalidades de los caudales tienen consecuencias ambientales a veces más trascendentes que el transitorio efecto de los elementos contaminantes. Sin embargo, el régimen de las corrientes de agua no

---

9/ Las proporciones fueron de 25.2% en 1950, 32.74% en 1960 y 41.2% en 1970. Véase CELADE, Boletín Demográfico, Número Especial, Nº 1, abril de 1976.

/sólo es

sólo es afectado por las obras de regulación, sino también por el riego y el avenamiento y por los cambios en el uso del suelo. La expansión de la actividad humana tiende a dedicar mayor cantidad de suelo a usos urbanos, a extender las tierras arables y de pastoreo a expensas de los pastos y bosques naturales, y, en general, a aumentar la rapidez del escurrimiento. Un escurrimiento más rápido tiende a extremar los máximos y mínimos de los caudales, a aumentar las tierras sedimentadas y, en general, a contrarrestar los beneficios que se esperan de una mayor regulación.

A pesar de haber merecido muchos comentarios, el alcance y el sentido de estos cambios no han sido medidos, catalogados ni analizados adecuadamente. Este capítulo presenta dicho análisis, aunque en un nivel relativamente preliminar. No intenta tan solo colocar los estudios particulares de casos en un marco apropiado, a fin de hacer ver su importancia en cuanto muestras de la diversa realidad de la situación regional; espera además proporcionar el esbozo general de la estructura y de la naturaleza de los aspectos ambientales del manejo de los recursos hídricos en la América Latina contemporánea.

En este capítulo se tratan tres temas principales: la naturaleza de los sistemas hídricos en la región; la relación cambiante entre el aprovechamiento del agua y el medio ambiente, tomando particularmente en cuenta sus efectos sobre la salud humana, y una reseña de la naturaleza actual de los sistemas de manejo de agua en América Latina.10/

10/ La información que sirve de fundamento a este análisis se presenta en el Anexo B, Los recursos hídricos y el uso de los mismos en América Latina. Un estudio regional.

/1. Características

1. Características del abastecimiento de agua

América Latina es una región húmeda, a pesar de que el Desierto de Atacama es el más seco de la tierra. Por ello no es sorprendente que hasta hace muy poco el agua se considerara - más aún que en el resto del mundo - un recurso abundante. En América Latina y el Caribe, la precipitación promedio (1 500 mm) es superior en un 60% al promedio mundial, y el escurrimiento promedio anual (370 127 metros cúbicos por segundo) constituye un 30% del total mundial.

a) El clima

El clima latinoamericano presenta tres características fundamentales: la vastísima gama de latitud que abarca la región (de 30° al norte a 50° al sur), aunque más de la mitad de la zona está dentro de los trópicos; la barrera que para el movimiento de las masas de aire representa la cadena montañosa de los Andes, que se prolonga a lo largo de casi toda América del Sur, y, en las zonas costeras, las corrientes marinas, tanto cálidas como frías. La importancia de estas últimas es mayor debido a la ubicación periférica de la mayor parte de la población regional.

Hacia el sur disminuyen las temperaturas anuales y aumenta la variación estacional. Sin embargo, al sur del ecuador y en la misma latitud, la costa del Pacífico es siempre más fría que la del Atlántico

Otra característica de la costa occidental que influye fuertemente sobre el régimen de clima consiste en rápidos cambios de altura y de exposición a los fenómenos meteorológicos debidos a la cordillera. En general, la América Latina tropical carece de nieves, pero la cordillera andina permite la yuxtaposición de extremos de bosque tropical y de nieves eternas, como en la Sierra Nevada de Santa Marta, cerca de Barranquilla, Colombia. El clima constituye una restricción para la agricultura sólo en las zonas más elevadas de los Andes y en el extremo sur descubierto de América Latina, en Argentina y Chile.

/La lluvia

La lluvia es el elemento climático más importante. La región en conjunto presenta enormes diferencias en cuanto a la lluvia caída (véanse el mapa 2 y el cuadro 2): desde un promedio de largo plazo de un milímetro en Arica (Chile) a un promedio de casi 8 000 milímetros en Quibdó, Colombia. Afortunadamente, las zonas de mayor escasez de lluvia son relativamente limitadas en extensión. Más del 90% de la población latinoamericana vive en zonas que reciben una precipitación promedio de más de 500 mm. La regularidad de la precipitación tiende a estar en relación directa con la cantidad de la misma. (Véase nuevamente el mapa 2.) La baja densidad de población aminora los efectos de la creciente inestabilidad y escasez, aunque - sorprendentemente - México, Ciudad de Monterrey, Lima y Santiago se encuentran en tales regiones extremas. (Véase nuevamente el cuadro 2.) Las únicas otras zonas que presentan una variación anual similar son las costas de Perú y Chile, en zonas con menos de 500 mm de precipitación.

b) Sistemas de recursos hídricos en América Latina

Desde el punto de vista del manejo y sobre todo de la calidad del agua, es tal vez favorable la ubicación de la mayor parte de la población latinoamericana en la periferia. (Véase el mapa 3.) Incluso donde existen considerables concentraciones de actividades humanas en el interior, pocas están muy lejos de la costa. Los grandes sistemas fluviales son en general los menos desarrollados, y aunque muchos cuerpos de agua, especialmente los lagos más grandes, se están utilizando solamente como vertederos de residuos humanos e industriales, la demanda es todavía pequeña a escala regional.

En América Latina, el efecto de la contaminación producida por el hombre en los ecosistemas fluviales es, en términos relativos, reducida. En cuanto a los ríos, las actividades humanas se dedican principalmente al control del caudal y al uso del suelo de la cuenca receptora. En el ecosistema costero, en cambio, estuarios y bahías son muy utilizados como vertederos de residuos; se ven afectados también por cambios en el uso del suelo y por obras de aprovechamiento realizadas en el curso superior del río o bien cerca de la costa.

/Cuadro 2

Cuadro 2

AMERICA LATINA: ZONAS METROPOLITANAS Y PRECIPITACION

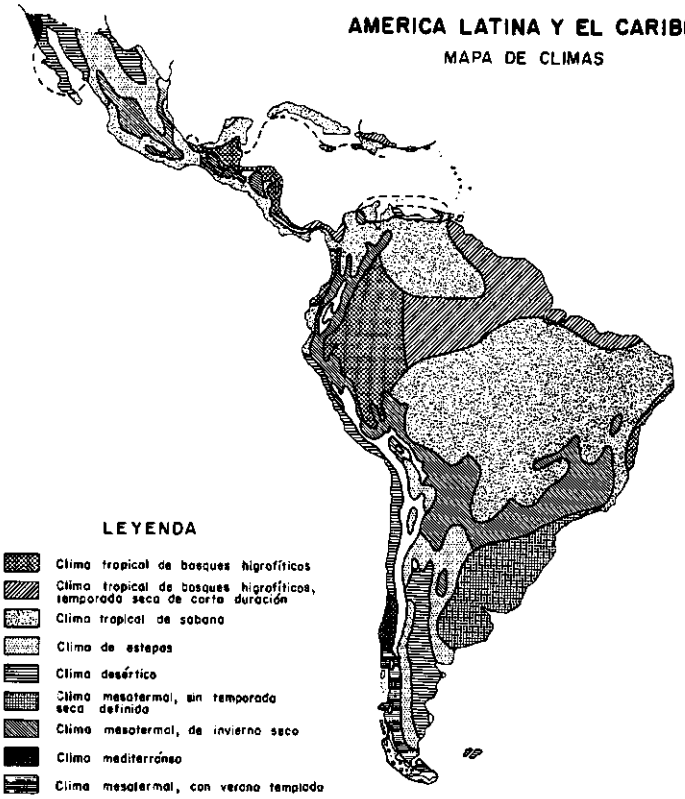
Zona metropolitana	Población estimada 1975 (en miles) a/	Porcentaje de variación	Precipitación promedio anual (en milímetros) b/
Lima-Callao	3 901	40	29
Santiago	3 063	30-40	322
Ciudad de México	10 942	15-20	589
Monterrey	1 570	30-40	714
Caracas	2 673	20-25	820
Guadalajara	1 970	20-25	953
Bogotá	3 461	10-15	986
Buenos Aires	9 332	10-15	992
Montevideo	1 559	10-15	1 050
Cali	1 241	10	1 154
La Habana	2 269	10	1 157
São Paulo	9 965	10	1 270
Porto Alegre	1 809	15-20	1 291
Fortaleza	1 185	30-40	1 401
Medellín	1 427	10	1 410
Recife	1 967	30-40	1 437
Belo Horizonte	2 001	10	1 562
Río de Janeiro	8 325	10-15	1 590
Salvador (Bahía)	1 306	25-30	1 892

Fuente: a/ Naciones Unidas.
b/ CEPAL.

/Mapa 2

Mapa 2

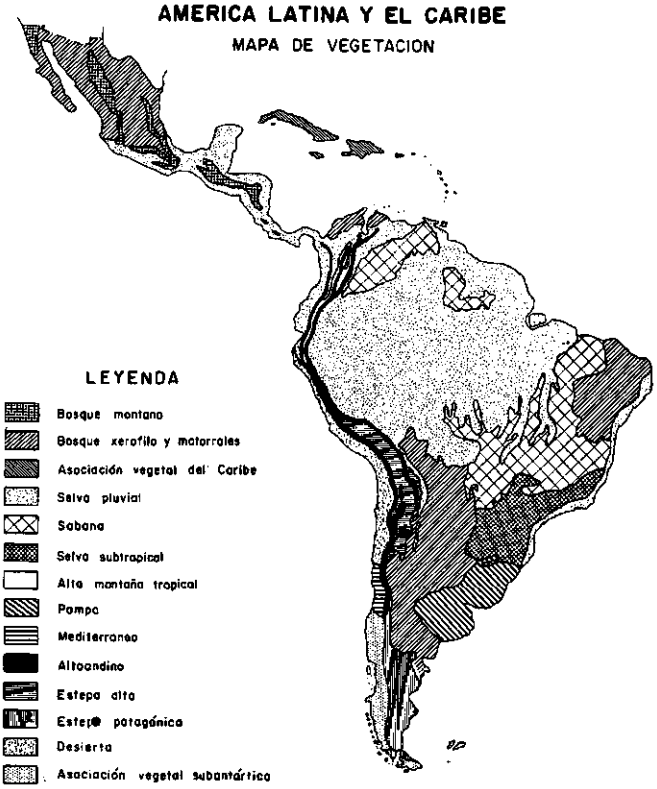
AMERICA LATINA Y EL CARIBE
MAPA DE CLIMAS



LEYENDA

- Clima tropical de bosques higrofíticos
- Clima tropical de bosques higrofíticos, temporada seca de corta duración
- Clima tropical de sabana
- Clima de estepas
- Clima desértico
- Clima mesotermal, sin temporada seca definida
- Clima mesotermal, de invierno seco
- Clima mediterráneo
- Clima mesotermal, con verano templado
- Clima de tundra

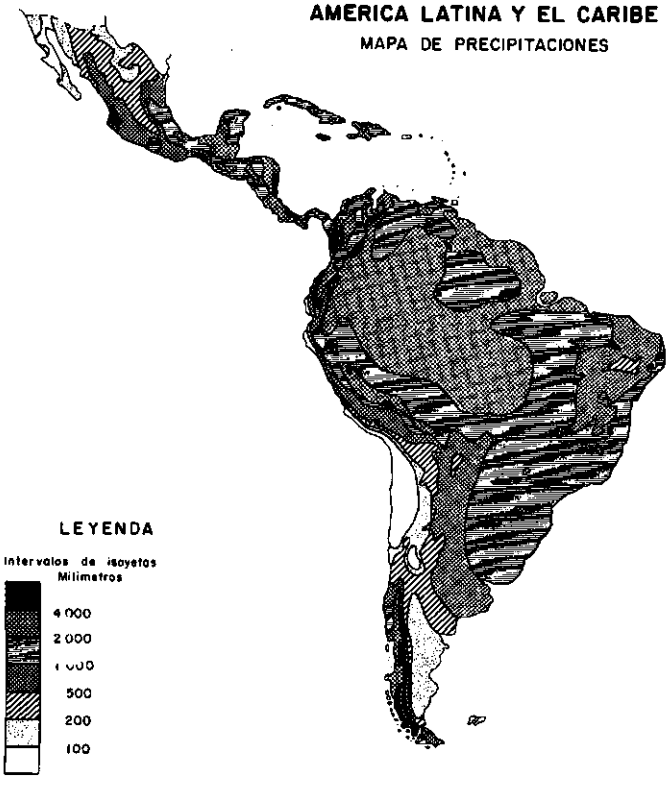
AMERICA LATINA Y EL CARIBE
MAPA DE VEGETACION



LEYENDA

- Bosque montano
- Bosque xerofilo y matorrales
- Asociación vegetal del Caribe
- Selva pluvial
- Sabana
- Selva subtropical
- Alta montaña tropical
- Pampa
- Mediterraneo
- Altoandino
- Estepa alta
- Estepa patagónica
- Desierta
- Asociación vegetal subantártica

AMERICA LATINA Y EL CARIBE
MAPA DE PRECIPITACIONES

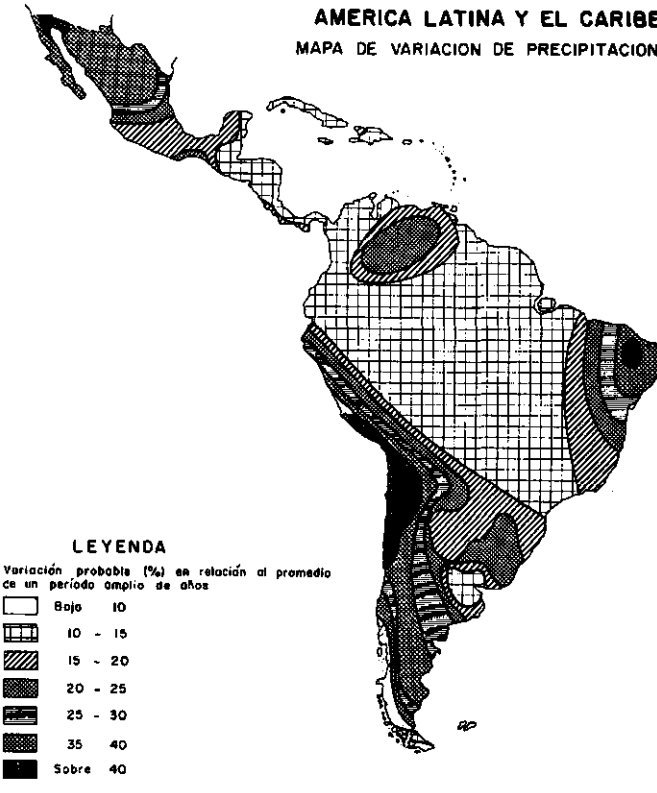


LEYENDA

Intervalos de isoyetas
Milimetros

- 4 000
- 2 000
- 1 000
- 500
- 200
- 100

AMERICA LATINA Y EL CARIBE
MAPA DE VARIACION DE PRECIPITACIONES



LEYENDA

Variación probable (%) en relación al promedio de un período amplio de años

- Bajo 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 30
- 35 40
- Sobre 40

Mapa 3

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

UBICACION DE CIUDADES
SOBRE 100 MIL HABITANTES, 1975

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Los sistemas fluviales latinoamericanos pueden dividirse en tres tipos principales: los grandes sistemas que fluyen hacia el Atlántico, las corrientes cortas y rápidas hacia el Pacífico y las corrientes irregulares de las cuencas cerradas. A pesar de sus altos niveles de precipitación, las islas del Caribe carecen de ríos caudalosos. La mayor parte de los ríos son de origen únicamente pluvial. Sólo las cuencas superiores de los ríos andinos, al sur del paralelo 28, reciben una cantidad considerable de agua proveniente de glaciares y de deshielos.11/ Por esta razón, las alteraciones en la cantidad de lluvia tienen importantes efectos sobre los caudales. El régimen de caudal afecta la contaminación, la necesidad de regulación y el uso del agua. En consecuencia, el carácter básico del régimen natural es importante para estimar el tipo y el grado de intervención humana que puede esperarse, así como el grado de susceptibilidad a la contaminación y a otras formas de deterioro ambiental.

Los tres sistemas fluviales más grandes de la región son el Amazonas, el Orinoco y el Plata. (Véase el mapa 4.) El caudal combinado de dichos sistemas representa más de dos tercios del escurrimiento total de la región. Todos estos sistemas fluyen hacia el Atlántico. Los sistemas fluviales de la vertiente del Pacífico son mucho más pequeños; debido a la aridez de la zona central, representan sólo una proporción relativamente pequeña del escurrimiento regional. Las cuencas fluviales cerradas del altiplano y de Argentina tienen una importancia aún menor. Los caudales más variables se encuentran en la región de 700 000 kilómetros cuadrados del nordeste de Brasil. Los ríos de esta región se caracterizan por la extrema variabilidad de su caudal, no sólo entre las estaciones húmedas y las secas, sino también entre los diversos años.12/

11/ La relación entre la precipitación y el régimen de caudales en un grupo de ríos se presenta en el Anexo B.

12/ Por ejemplo, el déficit anual de agua alcanza a más de 1 000 milímetros en esta región, y casi toda la zona tiene un déficit de más de 600 milímetros. Véase Brasil, Ministerio de Agricultura, Departamento Nacional de Meteorología, Balanço Hidrico do Brasil, Río de Janeiro, 1972.

/En México

En México y en América Central, la división de las cuencas fluviales del Atlántico y del Pacífico es más pareja (1 044 310 kilómetros cuadrados y 1 078 478 kilómetros cuadrados respectivamente); la zona restante pertenece a las cuencas cerradas mexicanas. Sin embargo, el caudal también se distribuye en forma desigual: 70% del escurrimiento va al Golfo de México y al Caribe. Los contrastes más importantes se presentan en México, donde más de la mitad del total del caudal se concentra en menos del 10% del área geográfica del país, en los ríos del sudeste, Papaloapán, Coatzacoalcos, Tonalá y Grijalva Usumacinta.

2. Medio ambiente y modalidades de uso del agua

En América Latina, el uso del agua está muy disperso en el espacio y se concentra sólo en algunas zonas. (Véase el mapa 5.)13/ Las estadísticas sobre uso de agua son limitadas; el mejor índice es tal vez la población, si se toman en cuenta asimismo las diferencias relativas de la estructura productiva de las economías regionales y el distinto efecto de diversas actividades sobre los recursos hídricos. Las principales características del cambio demográfico en América Latina han sido su rápido aumento, la creciente concentración de población en centros urbanos y los fuertes incrementos de densidad de población en las zonas ya más pobladas. (Véase el cuadro 3.) Alrededor de 1970, la distribución de las zonas más densamente pobladas y de las ciudades con más de 100 000 habitantes mostraba claramente esta última característica. (Véase nuevamente el mapa 3.)

Dichas zonas densamente pobladas pueden dividirse en cuatro clases: zonas urbanas de crecimiento rápido producido por la inmigración, zonas rurales con altas tasas de crecimiento de la población, zonas rurales intermedias cercanas a los principales centros industriales urbanos y con población relativamente estable, y un cuarto tipo - de menor extensión espacial, pero que produce cambios más espectaculares en

13/ En el Anexo 3 se presentan detalles de la distribución de actividades vinculadas al uso del agua.

/Mapa 4

Mapa 4

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

CAUDALES MEDIOS ANUALES

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Mapa 5

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

GRADO DE UTILIZACION DE LOS RIOS

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Cuadro 3

ALGUNAS CARACTERISTICAS POBLACIONALES DE AMERICA LATINA, 1950 A 1970 a/

	1950	1960	1970
Población total (en miles)	164 170	216 285	284 324
Porcentaje de población en unidades administrativas densamente pobladas b/	42.7	51.2	65.5
Porcentaje de población en zonas urbanas c/	25.2	32.7	41.2
Población urbana (en miles) c/	39 001	68 351	111 555

Fuente: CELADE, diversos boletines demográficos.

a/ No incluye Guyana, Surinam y Guayana francesa.

b/ Unidades administrativas con una densidad de población de más de 25 personas por kilómetro cuadrado.

c/ Asentamientos de más de 20 000 habitantes.

/cuanto al

cuanto al uso del agua - constituido por los llamados polos de crecimiento, como Ciudad Guayana en Venezuela o Paz del Río en Colombia. Cada uno de estos grupos de zonas tiene una diferente modalidad de aprovechamiento del agua y una característica principal especial en cuanto al uso del agua y del medio ambiente por parte del hombre. En el primero y en el último de los grupos, la relación se caracteriza por la contaminación y por la demanda de agua para fines de esparcimiento; en el segundo, por alteraciones del régimen hidrológico debidas a la erosión, con las consiguientes crecidas y sedimentación en las zonas de mayor precipitación; en el tercero, por la necesidad de controlar y cambiar el régimen hidrológico a fin de facilitar cultivos agrícolas más intensivos. En todos los casos, sin embargo, la relación tiene otros aspectos significativos: en los primeros dos casos la existencia de enfermedades transmitidas por medio del agua; en todos los grupos, los efectos producidos por represas y otras obras de control de caudales; en el tercero, la contaminación de las corrientes de agua producida por fertilizantes y plaguicidas.

En los próximos veinticinco años, es decir, desde ahora hasta fines del siglo XX, se espera que la población total de América Latina llegue casi a duplicarse, la población urbana exceda el doble de su actual número y la producción total se cuadruplique.14/ En tales circunstancias, no sería sorprendente que el uso total del agua aumentara al mismo ritmo que el crecimiento total de la producción (véase el gráfico 2), y que ciertos usos particulares, como la generación hidroeléctrica, tuvieran un incremento aún más rápido. A medida que aumenta la intensidad del uso de los cuerpos de agua, crece la amenaza a la calidad del medio ambiente. Sin duda en América Latina existe una tendencia general a utilizar el agua en forma cada vez más intensiva.

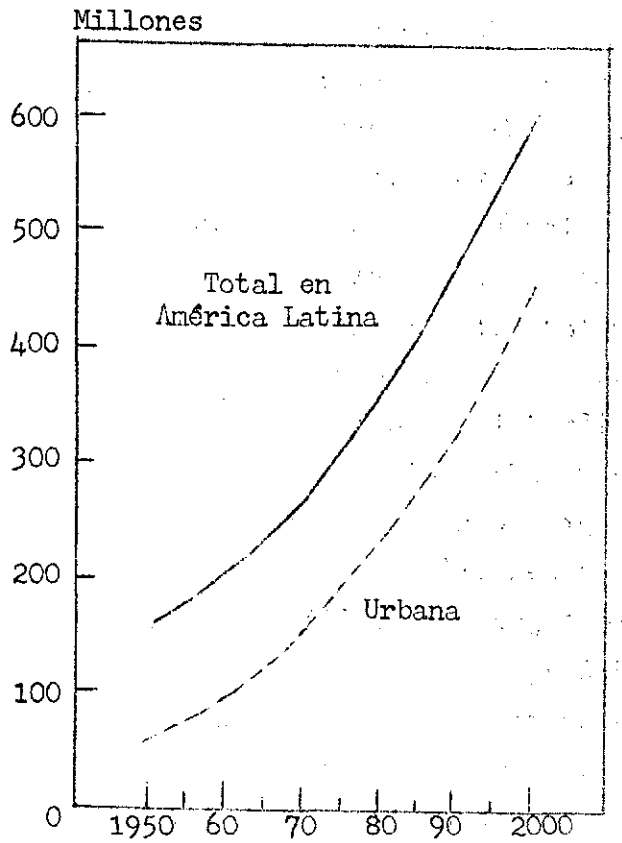
14/ En caso que el producto nacional bruto de la región aumente a una tasa promedio anual del 5%, mínimo establecido en la Estrategia Internacional para el Desarrollo.

/Gráfico 2

Gráfico 2

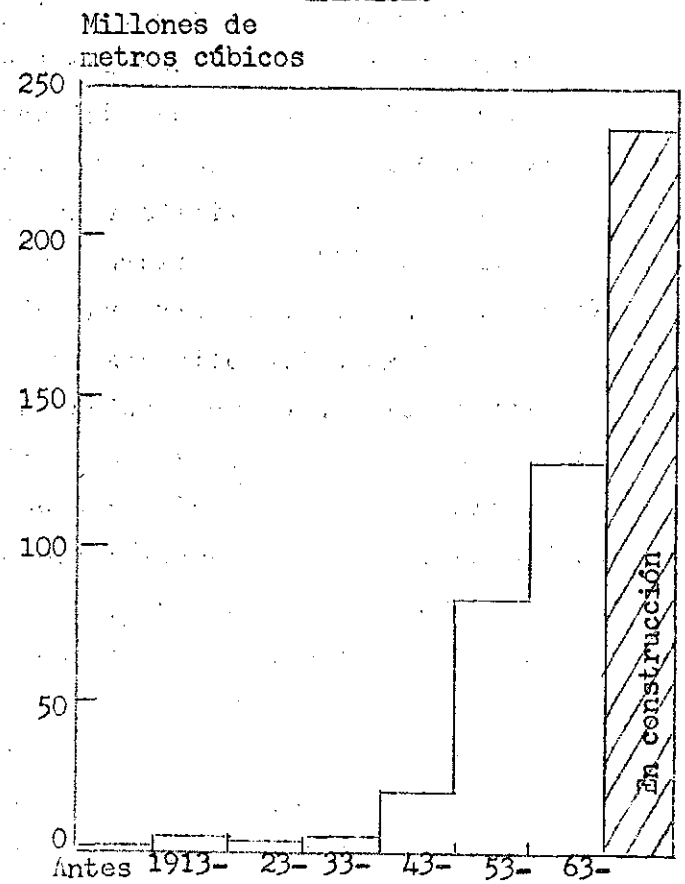
TENDENCIAS DE ALGUNOS INDICADORES Y DE APROVECHAMIENTO DE AGUA

POBLACION



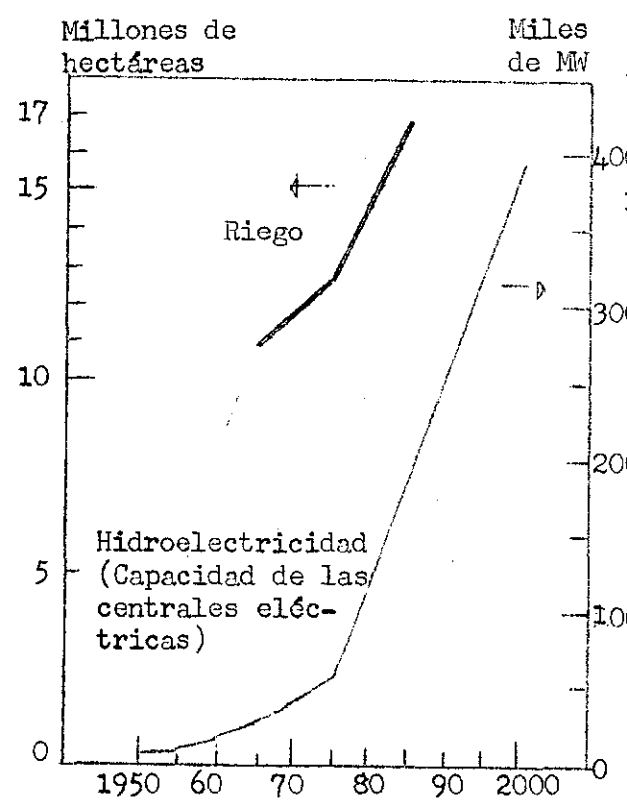
Fuente: Celade

EMBALSES



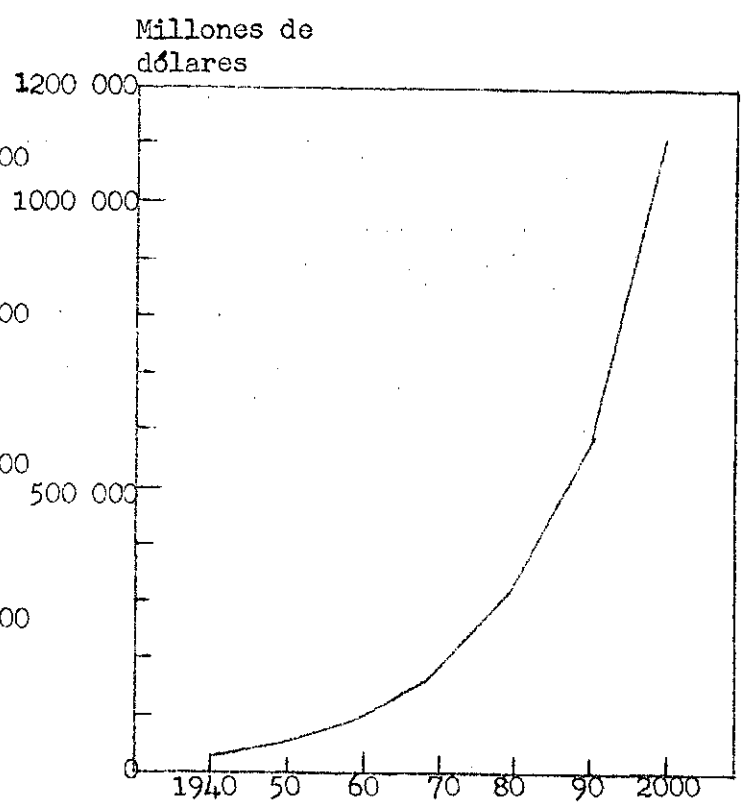
Fuente: Unesco

RIEGO E HIDROELECTRICIDAD



Fuente: Cepal y Fao

PRODUCTO NACIONAL BRUTO



Fuente: Cepal

/a) Agua

a) Agua, calidad del medio ambiente y expansión urbana 15/

Aunque es cierto que en América Latina cada gran región metropolitana constituye un caso particular - un ejemplo sin paralelos en lo que se refiere al manejo del agua - existen ciertos rasgos comunes entre todas las regiones metropolitanas; dichas semejanzas aumentan si la comparación se limita a las regiones metropolitanas situadas en zonas geográficas similares, o a aquellas de tamaño comparable. Ya se ha mencionado la diversa naturaleza de los problemas de descarga de agua en las metrópolis costeras y en las del interior. Es evidente que los problemas de una población de dos millones no son los mismos que los de una de diez, y que la situación del uso del agua en Lima es distinta a la de la húmeda ciudad de Recife. Sin embargo, el cambio cualitativo y cuantitativo en el problema del manejo de agua es semejante en Buenos Aires, La Habana y Medellín. Para entender el fenómeno en su conjunto, es necesario fijar la atención sobre todo en este aspecto más amplio del manejo del agua.

Las regiones metropolitanas latinoamericanas muestran una característica común en cuanto al uso del agua: la mayor demanda para el abastecimiento doméstico, municipal e industrial. Esto ha hecho necesario aprovechar fuentes de agua cada vez más distantes y ha llevado a la disminución de los niveles de agua subterránea y a considerables demoras en el abastecimiento público. No sorprende que sea el consumidor particular el que más se ha perjudicado con esta situación; a pesar de los avances de los años recién pasados, una proporción considerable de la población de las grandes zonas

15/ Este apartado se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por el consultor José Pérez Carrión, titulado "Estudio de Usos Sanitarios y Causas de la Contaminación de Agua en América Latina", Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Lima, febrero de 1976.

/metropolitanas sigue

metropolitanas sigue sin tener abastecimiento regular de agua potable en sus domicilios.16/

De la expansión de la demanda de agua para uso doméstico y para uso industrial se desprende un aumento de descargas de desechos en el agua, tanto en cuanto a volumen como al grado de concentración de los elementos contaminantes. Este aumento en la descarga de desechos no ha sido acompañado por mayores instalaciones de tratamiento del agua. São Paulo presenta un ejemplo de ello: de alrededor de veinte metros cúbicos por segundo de descarga de desechos, sólo 0.8 metros cúbicos son sometidos a tratamiento. La consecuencia evidente de esta situación es la contaminación de las vías fluviales, característica de todas las regiones metropolitanas de América Latina. Incluso en aquellos casos en que la descarga de desechos va directamente al mar, en todos los centros urbanos de más de 100 000 habitantes, casi sin excepción se produce contaminación local. Indicar este hecho no implica sugerir medidas de carácter urgente. Esta contaminación todavía no constituye una amenaza para otros usos importantes del agua. Si se cumplen los objetivos de abastecimiento de agua convenidos por los países, tales descargas aumentarán rápidamente desde ahora hasta fines del siglo, y la concentración de elementos contaminantes será aún mayor a medida que la industria crece y la masa de la población alcanza mayores niveles de consumo.

16/ En el Plan Decenal de Salud para las Américas aprobado en la Tercera Reunión Especial de Ministerios de Salud de las Américas en Santiago de Chile (1972), se aprobó como objetivo de abastecimiento doméstico de agua para zonas urbanas el proporcionar servicios de agua con conexión a los hogares para un 80% de la población urbana, o bien, como mínimo, proporcionar dichos servicios a la mitad de la población que hoy carece de ellos. Véase Pan American Health Organization, Ten Year Health Plan for the Americas, Official Document, Nº 118, January, 1973, p. 103.

/En las

En las grandes zonas metropolitanas (véase el cuadro 4) las situaciones de abastecimiento de agua y de descarga de desechos son muy diferentes en cuanto a detalles. Sin embargo, si la ubicación del aumento de la población y de la actividad industrial mantiene su actual tendencia, la demanda de abastecimiento de agua y el volumen de descarga de desechos en cada metrópolis se triplicará - por lo menos - a fines del siglo.

Los centros metropolitanos inciden en los recursos hídricos principalmente a través de la demanda de abastecimiento de agua y el volumen de residuos eliminados. No son estas sus únicas repercusiones, sin embargo, dichas grandes concentraciones de población y de actividad industrial crean demanda de avenamiento de zonas pantanosas, de protección contra las crecidas para las zonas edificadas, de aumento del escurrimiento de terrenos urbanizados y otros cambios similares del régimen hidrológico. Los ejemplos son muchos: el relleno de los bordes de la bahía de Guanabara, la expansión de Guayaquil en los pantanos de los estuarios de Guayas, la canalización de casi todas las corrientes en zonas urbanas y la sostenida expansión de terrenos cubiertos de edificios, autopistas y otras construcciones urbanas. (Véase el cuadro 5.) Se estima que dentro de veinticinco años la zona urbanizada en América Latina y el Caribe será mayor que la superficie de El Salvador, en caso de mantenerse las tendencias actuales.

Las grandes regiones metropolitanas son zonas de ingresos personales relativamente altos, lo que lleva a la concentración de la demanda de ciertos bienes de consumo y de ciertos servicios. En particular, la concentración crea fuertes necesidades de esparcimiento, que en gran medida se relacionarán con los recursos hídricos. Dicha demanda a su vez exige que el agua sea de buena calidad, y por consiguiente hace necesario proteger los cuerpos de agua contra la contaminación. En forma menos directa, la utilización de ciertas zonas para fines de esparcimiento puede ser incompatible con los usos productivos o destruir ecosistemas frágiles. Hay aún pocos ejemplos en América Latina de este último caso; el primero, en cambio, se presenta en casi todas las regiones metropolitanas que cuentan con zonas de recreación próximas a la zona urbana.

/Cuadro 4

Cuadro 4

COBERTURA DE SERVICIOS BASICOS EN LAS MAYORES CIUDADES DE AMERICA LATINA

	Población (miles) (1)			Agua potable (2)		Alcantarillado cobertura (porcentaje) a/ (3)	Cuerpo receptor - Nombre	Características del cuerpo receptor b/	Caudales (m^3/seg.)		Descarga de agua servida estimada 1975 (m^3/seg.)
	1950	1975	2000	Cobertura (porcentaje) a/	Dotación l/h/d/ a/				Mínimo/ anual	Medio/ anual	
México	2 872	10 942	31 616	78.7	360-527	57.7-69	R. Tula y R. Lerma/R. Panuco	I	110.0	3 350	54
São Paulo	2 450	9 965	26 045	55	270-293	30-35	R. Tiete y Lago Billings	I, II, III c/	12.0	87.0	22
Buenos Aires	4 500	9 332	13 978	885-91	852d/	52.4	R. de la Plata y afluentes	II	...	20 425	96
Río de Janeiro	2 890	8 325	19 383	81.7	188-684	60	Bahía Guanabara, Atlántico	II			34
Lima - Callao	614	3 901	12 130	80	359	-	Océano Pacífico	IV			16
Bogotá	655	3 416	9 527	71.5	304	70	R. Bogotá	I	...	27	10
Santiago	1 256	3 063	5 119	64.4-90	300-555	47	R. Mapocho, Zanjón de la Aguada	I	3.5	7.9	14
Caracas	677	2 673	5 963	75-100	300-388	56	R. Guaire y R. Tuy	I	1.20	27.7	11
La Habana		2 269	4 451	97	500	56	Golfo de México	IV			16
Belo Horizonte	370	2 001	5 732	58	261	17.7-62	R. das Velhas y otros	I	...	...	4
Guadalajara	401	1 970	6 176	90	314	78	R. Santiago	I	17.55	21.28	8
Recife	650	1 967	4 654	61	267	13.7	Océano Atlántico	II			5
Monterrey	354	1 570	4 751	80.1	404	60	R. Santa Catarina	I	...	...	7
Montevideo	800	1 559	2 233	90.5	289	68	Océano Atlántico	II			6
Medellín	328	1 477	3 743	80-89.1	340	78.5	R. Medellín	I	21.5	30	6
Salvador (Bahía)	395	1 306	3 174	66	266	0	Océano Atlántico	IV			3
Curitiba	140	1 282	4 353	72	345	26.2	R. Belem	I	...	...	5
Cali	241	1 241	3 428	87.5	237	81	R. Cauca	I	50	400	4
Guayaquil	253	1 006	3 109	60	429	-	R. Guayas, Est. Salado	I, II	...	...	4
Córdova	426	891	1 338	65	460	-	R. Primero	I	2.52	9.44	4
Barranquilla	276	795	1 808	68	148	55	R. Magdalena	II	1 770	6 871	1
Maracaibo	231	733	1 521	54-87.1	475	-	Lago Maracaibo	III			3
La Paz	321	664	1 649	65	177	30	R. de la Paz	I	...	...	1
Quito	206	645	1 841	84.8	286-301	-	R. Guaillabamba	I	...	...	2
Asunción	207	574	1 637	52	160-350	-	R. Paraguay	I	...	1 500-3 000e/	1
San José	182	471	1 143	95	423	-	R. Virilla	I	27.53	101.87	3
							R. Grande de Tárcoles	I	...	...	

Fuente: De la columna (1) United Nations: Population Division: Trends and prospects in the populations of agglomerations; 1950-2000 as assessed in 1973-1975, Nueva York.
De las columnas (2) y (3) estimaciones de CEPAL sobre la base de estadísticas oficiales de los países, varios años recientes.

Nota: Tres puntos (...) indican que los datos faltan o no constan por separado; un espacio en blanco ( ) significa que el artículo no es aplicable; l/h/d significa litros por habitante al día.

a/ En los casos en que las informaciones eran incongruentes, se indican los intervalos de variación.
b/ I = Ríos y canales; II = estuarios y bahías; III = lagos y embalses; IV = mares y océanos.
c/ Incluye la Baixada Santista.
d/ Capital federal solamente.
e/ En el período de información disponible no es suficientemente largo y por ello se han colocado las cifras extremas de variación en los promedios.

Cuadro 5

SUPERFICIE URBANIZADA: DE 1950 AL AÑO 2000

	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Superficie urbanizada (en kilómetros cuadrados)						
América Latina	3 120	5 026	9 914	13 759	19 826	27 446
México, América Central y el Caribe	776	1 171	2 737	3 975	6 030	8 777
Sudamérica	2 344	3 855	7 177	9 784	13 795	18 669
Superficie urbanizada en América Latina (porcentaje de la superficie total)	0.015	0.025	0.049	0.069	0.099	0.137
América Latina, México, América Latina y el Caribe	0.029	0.044	0.103	0.149	0.226	0.330
Sudámerica	0.013	0.022	0.041	0.056	0.079	0.108

Fuente: Cálculos de la CEPAL, basados en información y estimaciones del CELADE, sin incluir países e islas que no son de habla española.

/El panorama

El panorama general muestra que en las zonas metropolitanas existe un aumento en la intensidad del uso de los sistemas hídricos por parte del hombre. Tal intensificación del uso es incompatible con la mantención del ecosistema acuático, ya sea directamente - como en el caso de la contaminación - o indirectamente, a medida que los regímenes de caudal cambian debido a la expansión de las zonas pavimentadas. Esta situación exige una mayor intervención, así como la creación de instituciones de administración capaces de llevarla a cabo en forma racional y eficiente y de evitar a la vez el indebido deterioro del ecosistema hídrico y los excesivos costos externos en lo económico y social.

b) La regulación de caudales

El crecimiento de la población y el desarrollo urbano no sólo inciden en la demanda de agua creada por los principales centros urbanos. Junto con el incremento de la generación de energía hidroeléctrica, del riego, de los transportes, de la necesidad de proteger contra las crecidas las zonas de uso agrícola más intensivo, etc., aumentan aquellos usos de ríos que exigen la regulación y el control de sus caudales. Dichos usos hacen necesaria la construcción de represas y la formación de embalses, el cambio de curso de los caudales, ya sea hacia canales artificiales o entre cuencas hidrográficas, la canalización de los lechos de los ríos, la construcción de diques y otras obras de protección, todo lo cual dará origen a cambios en las modalidades espaciales o temporales de los caudales.

En América Latina en su conjunto, la repercusión de tales cambios es relativamente limitada, a pesar de que hay algunas regiones en que se concentran las obras de regulación de caudales. (Véase el mapa 6.) Hasta ahora, la intervención mediante dichas obras se ha limitado a sistemas fluviales relativamente pequeños. Sin embargo, la escala de dicha intervención está cambiando a medida que los países de la cuenca del Plata construyen una cadena de embalses y represas destinados a generar energía hidroeléctrica; dichas obras son de gran envergadura, incluso consideradas a escala internacional.

/A pesar

A pesar de la larga historia de los lagos artificiales en América Latina poco ha avanzado el estudio de los mismos.17/ En América Latina, en general, existe falta de información sistemática sobre las repercusiones ambientales directas o indirectas de las actividades de regulación de los regímenes hidrológicos.18/ Sin embargo, es difícil dudar de que dicha regulación aumenta a un ritmo que exigirá respuestas adecuadas por parte de las estructuras de manejo.19/ Esto sucede especialmente con el aumento del número de grandes embalses destinados a la generación de energía hidroeléctrica; se estima que la capacidad para generar dicha energía aumentará en 8.2% anual desde hoy y hasta el fin del siglo. La mayor concentración de tales obras está en los ríos de la cuenca del Plata de Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay.

Se presume, en cambio, que el ritmo de crecimiento de las obras de regadío será mucho más lento, al menos hasta 1985. Sólo se esperan fuertes incrementos de superficies regables en aquellos países cuyo nivel de desarrollo actual del regadío es relativamente bajo: América Central, Venezuela, Colombia y Bolivia. Dichas superficies serán relativamente pequeñas, excepto en Colombia, pero se les agregarán mayores superficies en países que ya cuentan con grandes extensiones regadas: Argentina, México, y en menor medida Brasil, Chile y Perú. La información general acerca de superficies regables da sólo una visión parcial del cambio futuro en la situación de uso del agua dedicada al regadío. Gran parte del esperado incremento en las cosechas no se conseguirá ampliando la superficie cultivada, sino

---

17/ Es ilustrativo, tal vez, que en el Simposio sobre lagos artificiales celebrado en 1971 por el International Council of Scientific Unions se dedicó sólo un trabajo a un lago artificial latinoamericano: el lago Brokopondo de Surinam.

18/ Se da una visión general de la situación en CEPAL, El Medio Ambiente en América Latina, E/CEPAL/L.132, pero dicha visión está lejos de ser completa.

19/ Este problema se encuentra bien estudiado en los estudios de casos emprendidos para este proyecto.

/Mapa 6

Mapa 6

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

UBICACION DE EMBALSES SOBRE 100 MILLONES DE M³ DE CAPACIDAD

1972

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

cambiando las combinaciones de factores: utilizando mayor cantidad de fertilizantes y plaguicidas y mejorando la eficiencia de la aplicación del agua, por ejemplo. Tales cambios pueden tener profundas consecuencias ambientales, especialmente en regiones de agricultura de riego tradicional. En tales zonas el ecosistema se ha adaptado a una modalidad particular de utilización del agua, aun cuando esta última se aleje mucho del régimen natural original.

Otro aspecto de la evolución futura del uso de los recursos hídricos en América Latina es la frecuencia cada vez mayor de la utilización múltiple y sucesiva de las corrientes de agua. En el pasado esta situación no tuvo características que hicieran necesaria una intervención activa en el manejo del río u otro cuerpo de agua; la intervención se limitó al manejo de determinados usos. Se está iniciando una nueva época, y el ritmo y el nivel del desarrollo obligan a tomar en cuenta las repercusiones ambientales más amplias de las acciones relacionadas con el manejo del agua.

c) Agua y salud

Un aspecto particular de la relación entre el agua y el medio ambiente humano consiste en la existencia de enfermedades relacionadas con el agua. Dichas enfermedades pueden clasificarse en cuatro grupos principales:

i) propagadas por ingestión de alimentos regados con aguas contaminadas (fiebre tifoidea o hepatitis infecciosa);

ii) propagadas por contacto con aguas contaminadas (tracoma, sarna, disentería producida por shigellas)

iii) propagadas por contacto con organismos criados en el agua (esquistosomiasis, dracunculosis)

iv) propagadas por insectos que se crian en el agua (oncocarciasis, malaria).20/

20/ Esta clasificación está tomada de Gilbert T. White, David J. Bradley y Anne U. White, Diseases of Water, Chicago, University of Chicago Press, 1972.

/Las enfermedades

Las enfermedades pertenecientes a estos cuatro grupos están presentes en casi todos los lugares de la región. Tal vez las más graves son la enteritis y otras diarreas, enfermedades de primer grupo, entre los niños menores. Por su causa las tasas de mortalidad infantil siguen siendo altas en la mayor parte de la región; dichas enfermedades constituyen causa principal de muerte en 19 de los 34 países que pertenecen a la Organización Panamericana de la Salud.21/ Es difícil dudar de que esta situación se relaciona directamente con las deficiencias en el suministro de agua para uso doméstico.22/ Otras enfermedades transmitidas por el agua tienen importancia en la región: formas de disentería, amíbica y bacteriana, que se encuentran en todos los países tropicales, especialmente, así como la hepatitis infecciosa y la fiebre tifoidea, aún más extendidas. Esta última tiene gran incidencia en América del Sur, aunque tiende a disminuir en los últimos años.

Hay un importante grupo de enfermedades que no se relaciona con la contaminación del suministro de agua o de los alimentos, sino con cambios en los regímenes hidrológicos. En general, tales enfermedades, transmitidas en gran parte por insectos que se desarrollan en determinados medios acuáticos, se presentan sólo en zonas tropicales. En América Latina, las enfermedades de este tipo son el dengue, la fiebre amarilla y la malaria. Sólo las zonas templadas se ven libres de ellas. No hay información sobre vinculaciones entre dichas enfermedades y acciones concretas relacionadas con el manejo del agua, pero debe tenerse en cuenta una conexión posible.

21/ Detalles acerca de las estadísticas de morbilidad y de mortalidad de las enfermedades relacionadas con el agua se presentan en el Anexo B.

22/ El estudio de la Organización Panamericana de la Salud acerca de la mortalidad infantil demuestra que la falta de servicios de agua está directamente vinculada a la excesiva mortalidad postneonatal y es una medida importante de las desfavorables condiciones ambientales. Véase Pan American Health Organization, Patterns of Mortality in Childhood, Scientific Publication Nº 262, Washington, 1973, p. 314.

/Las enfermedades

Las enfermedades propagadas por contacto con aguas contaminadas parecen tener escasa importancia en América Latina, pero una enfermedad propagada por contacto con un organismo criado en el agua, la esquistosomiasis, es endémica en las zonas centrales y orientales de Venezuela, en gran parte del Brasil, en Surinam central y en muchas islas del Caribe. Se ha estimado que están infectadas más de seis millones de personas, en su mayor parte habitantes de las zonas rurales.23/ Lamentablemente existe insuficiente información acerca de la presencia de esta enfemerdad, pero en Africa se ha documentado bien la relación entre ésta y la construcción de embalses y especialmente de redes de avenamiento y regadío, que proporcionan el medio ambiente acuático de movimiento lento donde mejor se desarrolla el caracol. Sería improbable que no se presentara la misma situación en América Latina.

El control del papel del agua en la transmisión de las enfermedades es relativamente simple en aquellos casos en que dicha transmisión se realiza a través del suministro doméstico o de los alimentos. Esto no quiere decir que alcanzar dicho control sea cosa fácil en una situación en la cual los servicios públicos, para obtener parte de los escasos recursos disponibles, deben competir con muchos otros rubros. Sin embargo, es mucho más complejo el control de enfermedades que se transmiten a través de otros miembros del ecosistema. En este último caso, la cadena de acciones y reacciones es mucho más larga y difícil de controlar, especialmente por cuanto no se comprenden del todo los medios que deben utilizarse para ello.

23/ Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, Las condiciones de salud en las Américas, 1969-1972, Publicación científica Nº 287, Washington, 1974.

3. Agua y manejo del medio ambiente en América Latina

Todos los países latinoamericanos tienen desde hace muchos años programas de manejo del agua. En la mayor parte de los casos, dichos programas se han desarrollado contando con la estrecha cooperación de los organismos internacionales. Con una o dos excepciones notables, dichos programas no han dado origen a estrategias nacionales de largo plazo para el desarrollo y uso de los recursos hídricos. En general, la actual situación del manejo de agua en los diversos países de América Latina puede describirse (en las palabras de un analista institucional) como un predominio de las estrategias dedicadas a un solo fin y que utilizan un solo medio, aunque hay algunos casos aislados de aplicación de medios múltiples para lograr diversos fines. En otras palabras, esto significa que uno o dos organismos gubernamentales - ministerios en algunos casos, y más comúnmente empresas autónomas - dominan el sistema de manejo de los recursos hídricos. En consecuencia, los recursos hídricos se destinan a un número limitado de propósitos, que normalmente son la producción de energía hidroeléctrica, el riego y el suministro urbano. Es raro encontrar mecanismos en el plano de las cuencas hidrográficas para resolver conflictos relativos a los recursos hídricos; como en todas las actividades, la autoridad decisora pública está centralizada.

a) Sistemas de manejo del agua en América Latina 24/

El estado del manejo del agua en América Latina puede interpretarse con diversos criterios: por ejemplo, si existe en un determinado sistema de administración fragmentación o consolidación de las funciones, centralización o descentralización de la autoridad decisora, etc. También pueden clasificarse las instituciones en nacionales, provinciales o locales, según la unidad territorial en la cual operan. En

24/ Esta sección está basada en un informe de asesoramiento preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA como parte de esta investigación: Panorama Descriptivo de la Administración de Recursos Hídricos en América Latina, Instituto de Economía, Legislación y Administración del Agua, Mendoza, Argentina, 1976.

/la región

la región como conjunto es más difícil aplicar tales criterios, y se hace necesario un planteamiento más descriptivo.

Los sistemas de manejo del agua de los diversos países latinoamericanos pueden agruparse en tres tipos principales:

i) países en que muchos organismos tienen ingerencia en el manejo del agua, y en los cuales no existe una institución principal;

ii) países en que las actividades de manejo del agua se concentran en una sola institución, pero algunas funciones de importancia son realizadas por otras;

iii) países en que la administración de los recursos hídricos se concentra en sólo una institución centralizada.

La situación más común es aquella en la cual la administración de los recursos hídricos está dividida entre varias instituciones, cada una de las cuales se hace responsable de uno de los usos específicos del agua. No existe una institución principal en el sistema de manejo del agua. Así sucede en Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Guatemala, Paraguay, Nicaragua, Uruguay y Venezuela. La coordinación de actividades entre instituciones o entre sectores y usos se realiza mediante diversos tipos de organismos interministeriales o ministerios especiales de coordinación. Sin embargo, existen casos en que no hay medios formales de coordinación, como sucede en Argentina: en el plano federal no existe ningún consejo o comisión coordinadora. Incluso cuando existen tales mecanismos formales su efectividad varía, no siempre debido a su marco legal, sino más bien a la distribución real de recursos en el presupuesto anual.

Dentro de dichos sistemas - que podrían justificadamente llamarse fragmentados, en términos funcionales - existen considerables variaciones en cuanto a la centralización o descentralización de la autoridad decisora y en cuanto a las unidades territoriales en que operan las diversas instituciones. Es común en casi todas partes - especialmente en lo relativo a la generación hidroeléctrica, al

/suministro público

suministro público de agua y al regadío - descentralizar ciertas funciones específicas, las cuales se delegan en organismos públicos autónomos. La descentralización territorial es menos común fuera de los países funcionalmente federales, el Brasil y la Argentina. La descentralización del poder de decisión fuera de la burocracia del sector público brilla por su ausencia: existe únicamente en relación con la agricultura de regadío, y aún así sólo en Chile y el Perú. Sin embargo, es más común la participación de los usuarios del agua en los consejos asesores; hay ejemplos de ello en el Brasil y la Argentina, y dicha participación está consultada para los nuevos organismos regionales mexicanos.

Un sistema institucional alternativo es aquel que tiene, en vez de un organismo centralizado único para el manejo del agua, una institución que rige a todas las demás. En América Latina este tipo de sistema existe en el Brasil, Costa Rica, El Salvador, Panamá y el Perú. En el Brasil, la mayor parte de las actividades vinculadas al manejo del agua están concentradas, en la esfera federal, en el Ministerio del Interior. La coordinación tiende a limitarse a la creación de comités interministeriales que se ocupan de uno de los usos específicos del agua; por ejemplo, GEIDA, el grupo interministerial formado en 1968 para coordinar las actividades de desarrollo del riego en el gobierno federal. En el Perú, que es un estado unitario, en el sistema de manejo del agua la centralización de la autoridad es aún mayor. La Dirección General de Aguas e Irrigación, adscrita al Ministerio de Agricultura, tiene autoridad no sólo sobre el agua destinada al riego, sino sobre el manejo general del recurso.25/

En cuatro países de la región - Cuba, Ecuador, Honduras y México - la administración del recurso hídrico está centralizada en una sola institución. Aunque hay diferencias entre los países, la característica

---

25/ Julio Guerra, Legislación de Aguas en el Perú, trabajo presentado en el Seminario sobre Aspectos Legales e Institucionales del Desarrollo de Recursos Hidráulicos, Mérida, Venezuela, 27 al 30 de mayo de 1974.

/principal es

principal es la consolidación del sistema de manejo del agua. El ejemplo clásico es México. La institución fundamental de manejo del agua, la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH) es responsable de la totalidad del desarrollo y de la conservación de los recursos hídricos. Tiene la autoridad necesaria para fijar políticas y para planificar, utilizar y ejecutar las obras necesarias para sus políticas y planes. Al mismo tiempo la SRH realiza investigaciones en todos los campos relacionados con el uso y la conservación de los recursos hídricos. Está dividida en tres ramas principales, las cuales son responsables respectivamente de la planificación, la construcción y la operación, y sus actividades abarcan todos los aspectos del manejo del agua. El único uso importante del agua que no cae dentro de sus actividades directas es la generación de energía hidroeléctrica; pero aún en este campo la política general queda en manos de la SRH.

b) El organismo de cuenca hidrográfica

En México, debido a la centralización de la Secretaría de Recursos Hídricos, se ha desarrollado más ampliamente un enfoque de la administración del agua basado en la existencia de organismos de cuenca hidrográfica. También en otras partes - especialmente Colombia y el Brasil - se están utilizando como mecanismos administrativos las comisiones de cuenca hidrográfica. En ambos casos la aplicación de dichos mecanismos se limita a ejemplos individuales, de los cuales en Colombia el principal es el Cauca, y en el Brasil el San Francisco. Hasta el momento no existe en América Latina intento alguno de utilizar una institución basada en la cuenca hidrográfica para el control de la calidad del agua, aunque por ejemplo en Colombia las empresas regionales del Cauca y del Bogotá han sido siempre responsables de los programas de conservación.26/ Ultimamente dichos programas se han ampliado hasta incluir la protección del medio ambiente, de acuerdo

26/ David R. Daines y Gonzalo Falcón H., Legislación de aguas en los países del Grupo Andino, Resumen y comparación, 1975, pp. 100 y ss.

/con el

con el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, de reciente promulgación.27/

Aun más recientemente se ha propuesto en México la creación de organizaciones regionales del agua, aunque éstas no están definidas sobre la base de cuencas hidrográficas individuales. La creación de dichas organizaciones significaría una considerable descentralización de la autoridad de la Secretaría de Recursos Hídricos. Los organismos regionales tendrían un consejo en el cual estarían representados los intereses locales junto con los federales.28/

La responsabilidad regional del manejo del agua sigue siendo una novedad en América Latina, y la experiencia existente al respecto no ha recibido en general una difusión muy amplia.

c) Consideraciones ambientales en cuanto al manejo del agua

En casi todos los países de América Latina, la calidad del agua ha sido considerada sinónimo de la calidad del agua para sistemas de suministro público. Por ello, han sido los ministerios de salud los que han tenido la responsabilidad de controlar la calidad del agua. Ultimamente, el interés por la calidad del agua se ha extendido hasta abarcar no sólo la protección directa de la salud humana sino también otras consideraciones de calidad ambiental. Esta extensión de dicho interés no ha producido todavía cambios apreciables en el sistema de manejo del agua de la mayor parte de los países.

Sin embargo, hay algunas excepciones. En Colombia y Venezuela se han promulgado códigos generales de protección del medio ambiente. En cada uno de dichos países el código abarca la protección de la

---

27/ Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, Informe de Colombia para la Reunión Preparatoria Regional de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, Bogotá, mayo de 1976.

28/ Véase México, Secretaría de Recursos Hídricos, Subsecretaría de Planeación, Plan Nacional Hidráulico, 1975, pp. 107-116, para un análisis completo de esta innovación propuesta en la administración del agua en ese país.

/calidad ambiental

calidad ambiental del agua y de los recursos conexos.29/ Ambos códigos contemplan igualmente la creación de una comisión que garantice el cumplimiento de las normas establecidas en las leyes. Está por verse la naturaleza y la efectividad de este medio y de las instituciones que propone, por cuanto en ninguno de los dos casos se han dictados las normas ni creado las instituciones necesarias para poner en vigor la legislación.

Puede señalarse el caso de México como ejemplo de cambios menos profundos, pero igualmente destinados a destacar la importancia de la calidad del medio ambiente. Se ha creado, dentro de la Secretaría de Recursos Hídricos, una Dirección General de Usos de Agua y Prevención de la Contaminación, a fin de manejar las normas de prevención y control de la contaminación del agua y los programas de control de calidad del agua a fin de alcanzar los objetivos establecidos en el Plan Hidráulico Nacional.30/

29/ Véase por ejemplo el artículo 3º, inciso 3º de la Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela: "La creación, protección, conservación y mejoramiento de parques nacionales, reservas forestales, monumentos naturales, zonas protectoras, reservas de regiones vírgenes, cuencas hidrográficas, reservas nacionales hidráulicas; refugios, santuarios y reservas de faunas silvestres, parques de recreación a campo abierto o de uso intensivo, áreas verdes en centros urbanos o de cualesquiera otros aspectos sujetos a un régimen especial en beneficio del equilibrio ecológico y del bienestar colectivo." Venezuela, Congreso de la República, Ley Orgánica del Ambiente, Gaceta Oficial, Número 31 004, 16 de junio de 1976.

30/ Para el período 1977-1982, los tres objetivos son:

a) Solucionar los problemas de contaminación en las siguientes cuencas hidrográficas prioritarias: San Juan, Nazas, Lerma, Santiago, Panuco-Guayaleyo, Conchos, Balsas, Culiacán, Fuerte, Coahuayana, Blanco y Coatzacoalcos.

b) Hacer instalaciones para tratamiento de agua en aquellas ciudades que estén clasificadas como prioritarias en virtud de su desarrollo urbano-industrial o de su ubicación.

c) Garantizar el tratamiento de los desechos eliminados por las industrias siderúrgicas, de pulpa y papeleras, azucareras, textiles, químicas y petroleras, a fin de mantener los niveles de contaminación existentes en 1970.

México, Secretaría de Recursos Hídricos, Subsecretaría de Planeación, Plan Nacional Hidráulico, 1975, Segunda Parte.

/En forma

En forma tal vez más típica, en el Brasil, al revés que en México, los organismos encargados del manejo del agua se mantuvieron alejados en gran medida del proceso de manejo de la calidad del medio ambiente. En el plano federal la mayor actividad se ha desplegado en torno a programas de suministro de agua y de alcantarillado desarrollados por el Departamento Nacional de Obras de Saneamiento del Ministerio del Interior, el Ministerio de Salud y el Banco Nacional de Habitación. Ahora último, se creó en el Ministerio del Interior la Secretaría Especial del Medio Ambiente (SEMA) en gran parte para conciliar las actividades de manejo del medio ambiente desarrolladas en la esfera estadual.31/

En los estados tal vez se encuentren las innovaciones más importantes. En ellos toman forma concreta las actividades de los programas de suministro de agua y de alcantarillado. En dieciseis estados existen compañías estaduales de sanidad para dichos efectos. Además, en São Paulo y en Río de Janeiro se han creado, a través de reformas administrativas recientes, organismos amplios, de objetivos múltiples, para la protección de la calidad del medio ambiente.32/ Ambos organismos son completamente responsables del medio ambiente y tienen facultades para emprender investigaciones, desarrollar políticas y programas, ejecutar obras y hacer cumplir las normas de control. Resulta interesante comprobar el interés que desde un principio tuvieron ambas organizaciones en los problemas de calidad del agua.

Las estrategias de manejo del agua en América Latina son todavía muy heterogéneas. Los criterios más simples, de un solo objetivo coexisten en la región con los criterios más complejos. Debido

---

31/ La SEMA fue creada por Decreto Nº 30 000, del 30 de octubre de 1973.

32/ Estos son respectivamente: en São Paulo, la Compañía Estadual de Tecnología del Saneamiento Básico (CETESB) y en Río de Janeiro la Fundación Estadual de Ingeniería del Medio Ambiente (FEEMA).

/a la

a la falta de coordinación central en el proceso de manejo, pocos son los países que han conseguido homogeneidad en sus prácticas de manejo del agua. En consecuencia, no debe resultar sorprendente comprobar que es igualmente heterogénea la incorporación de consideraciones ambientales al proceso decisorio del manejo del agua. Es característico observar que los organismos de manejo del agua son relativamente dejados de lado en el proceso de manejo del medio ambiente, excepto en aquellos países en que tienen especial fuerza. Por lo tanto, las consideraciones ambientales tienden a imponerse desde fuera al proceso de manejo de los recursos hídricos: desde ministerios de salud, desde códigos generales de conducta ambiental puestos en vigor por organismos financieros nacionales e internacionales, etc. Hasta ahora no ha existido una asimilación de las consideraciones ambientales al proceso de manejo del agua.

Capítulo II

LOS PROBLEMAS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA ADMINISTRACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS: LOS SISTEMAS DOMINADOS POR ESTRUCTURAS DE DESVIO Y REGULACION

En los capítulos II y III se hace un análisis crítico de la experiencia recogida del estudio de casos sobre la intensificación del uso de los sistemas hídricos de América Latina, con el fin de obtener algunas lecciones útiles para la incorporación de aspectos ambientales a la planificación y manejo de estos recursos. Como los programas examinados representan sólo una parte de la experiencia global de la región, las observaciones y conclusiones generales admiten muchas excepciones. El presente capítulo examina los eventos ambientales que surgen cuando se aumenta la regulación de los sistemas fluviales. El capítulo III aborda el tema del manejo de los sistemas hídricos en aquellos casos en que prácticamente todas las decisiones se subordinan a las necesidades de agua de un gran complejo urbano industrial para fines domésticos o industriales o para transporte de residuos. La clasificación resulta un tanto arbitraria, ya que hay una serie de eventos importantes que inciden en ambas situaciones. No obstante, resulta aplicable a dos hechos reconocidos de la región que se relacionan con el desarrollo y el medio ambiente - las consecuencias sociales, económicas y ecológicas de las variaciones que experimentan la cantidad de agua y las materias sólidas en suspensión y consecuencias análogas derivadas de la modificación de la calidad del agua.

1. Casos de manejo de los recursos hídricos

Los casos presentados se refieren a una amplia gama de situaciones de desvío y regulación del agua cuyas modalidades de organización son diferentes según se trate de zonas áridas, semiáridas o tropicales húmedas.

/a) La

a) La Chontalpa 33/

Parte importante de las tierras bajas que bordean la costa del Golfo de México es objeto de frecuentes crecidas. Una de estas zonas es el delta del Usumacinta-Grijalva, región de bosques tropicales húmedos (las precipitaciones alcanzan a 2 200 mm) situada en el estado de Tabasco, 600 kilómetros al oriente de Ciudad de México (véase el gráfico 3) donde periódicamente se inundaba más de un millón de hectáreas. En 1951, después de una serie de crecidas muy perjudiciales, se constituyó la Comisión Grijalva, autoridad a la que se facultó para llevar a cabo el desarrollo integrado de la cuenca Usumacinta-Grijalva-Tonalá. Los principales aspectos de manejo del agua que confrontó la Comisión fueron: i) la prevención de las crecidas que impedían la explotación intensiva de la fértil llanura de aluvión y ocasionaban considerables daños a la propiedad tanto en las zonas urbanas como en las rurales; ii) la promoción de los asentamientos y el uso intensivo de las tierras objeto de medidas preventivas contra las crecidas, lo que significaba realizar obras de avenamiento, desbroce, infraestructura física y colonización; iii) el desarrollo de la energía hidroeléctrica y de la recreación, turismo y pesquerías relacionados con los embalses; iv) la protección de la cuenca receptora a través de la reglamentación de las actividades agrícolas y silvícolas de los tramos superiores y v) la productividad de los recursos forestales y de las pesquerías fluviales y costeras relacionadas con la cuenca.

33/ La descripción del caso se basa en el informe elaborado para el proyecto CEPAL/PNUMA por el consultor Rosario Casco de Avilés, titulado "Control de Crecidas y Drenaje, Impacto de un Proyecto de Desarrollo en la Selva Tropical; La Chontalpa, Tabasco", Centro de Ecodesarrollo, México, D.F., mayo de 1976 (versión mimeografiada).

/El elemento

El elemento básico del programa de aprovechamiento es una presa para la prevención de crecidas y para la generación de energía hidroeléctrica (Netzahualcóyotl) en el brazo principal del Grijalva, a 300 kilómetros de su desembocadura, que se terminó en 1969. El embalse abarca 29 000 hectáreas antes habitadas por 300 familias y tiene una capacidad de 13 000 millones de m^3. La capacidad de la central hidroeléctrica es de 200 MW. La regulación del caudal permitida por la presa brinda protección contra las crecidas a aproximadamente 800 000 hectáreas de tierras bajas costeras, incluida la cuenca inferior del Tonalá que antes recibía parte del sobrante del Grijalva. Dentro de esta zona se identificaron 352 000 hectáreas apropiadas para el cultivo intensivo y se elaboraron los planes iniciales para habilitar y aprovechar siete unidades de aproximadamente 50 000 ha. El plan definitivo contemplaba el desarrollo en dos fases de 270 000 hectáreas - la primera de las cuales (140 000 hectáreas) debía emprenderse en dos etapas en un plazo de ocho años.

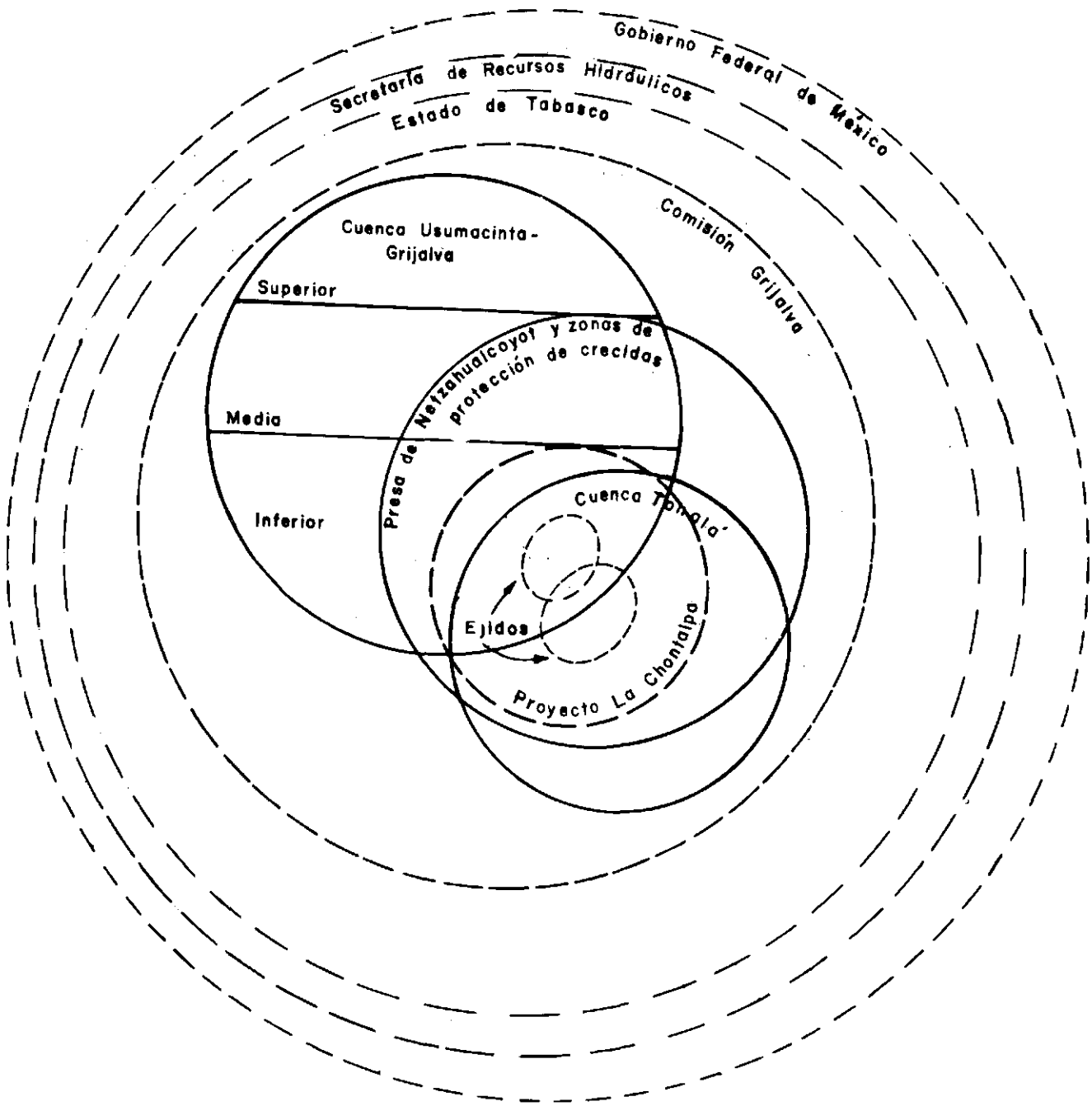
El proyecto La Chontalpa que es la primera etapa de la fase 1, abarca 83 000 hectáreas e incluye las siguientes actividades: la construcción de un dique de 32 kilómetros a lo largo de la ribera occidental del Grijalva, la construcción de 300 kilómetros de drenes primarios y 900 kilómetros de drenes secundarios, de 780 kilómetros de carretera pavimentada y de 600 kilómetros de caminos no pavimentados, el desbroce de 44 000 hectáreas de selva, la nivelación de tierras e instalación de infraestructura de riego en 10 000 hectáreas, la construcción de 22 centros de población dotados de todos los servicios urbanos para 6 250 familias y la reestructuración de la tenencia de predios que estaban en manos de 4 680 campesinos (2 590 ejidatarios y 2 090 pequeños propietarios) y su conversión en 22 ejidos colectivos.

El proyecto fue planificado y administrado por la Comisión Grijalva en colaboración con una serie de organismos federales. El gráfico 3 indica la relación entre los ecosistemas y la jerarquía de las instituciones públicas y privadas cuyas decisiones influyen en el proyecto. Este gráfico es un diagrama Venn modificado que

/Gráfico 3

Gráfico 3

LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO LA CHONTALPA

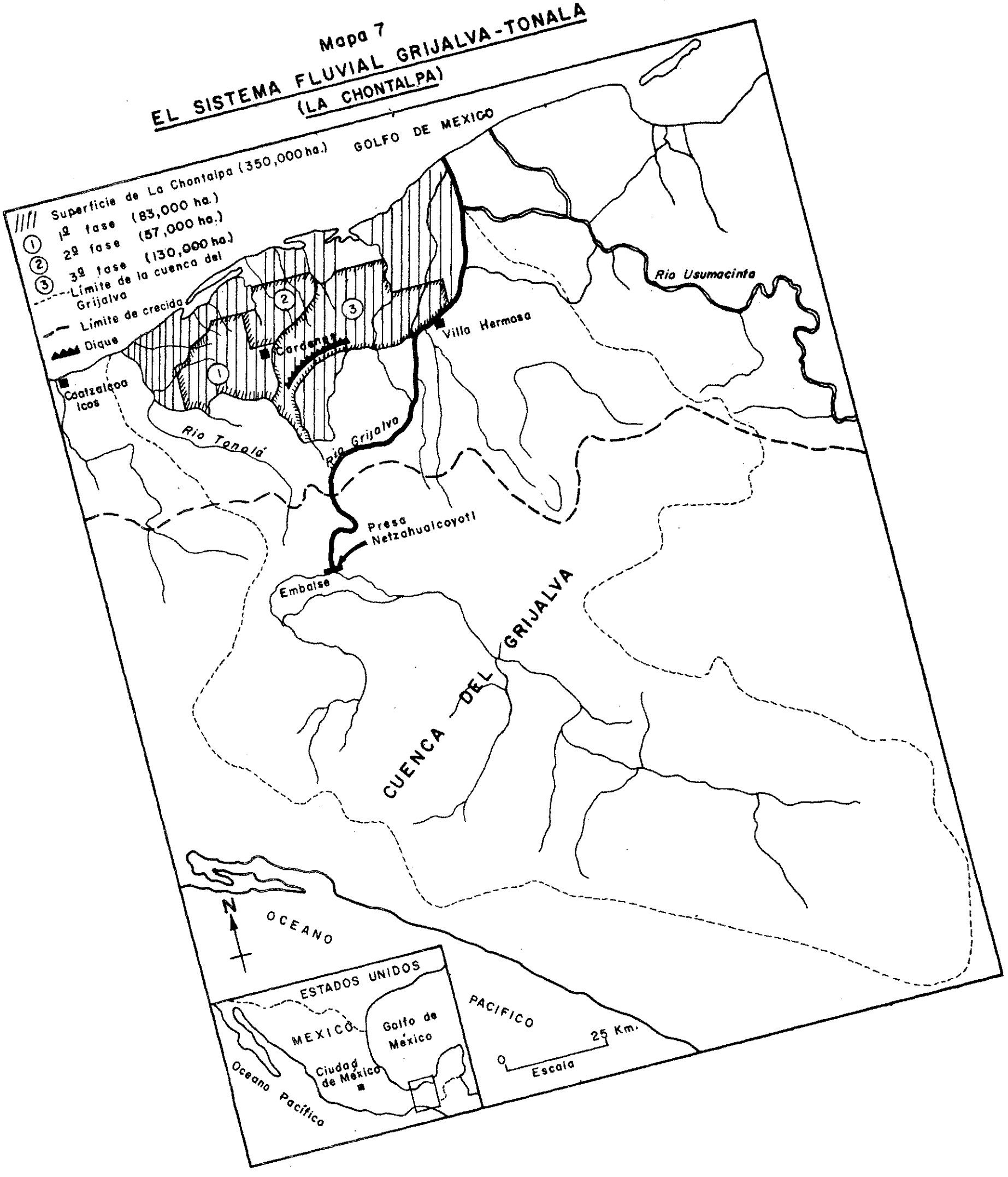


Límites físicos

Límites institucionales

Mapa 7

EL SISTEMA FLUVIAL GRIJALVA-TONALA (LA CHONTALPA)



ilustra las vinculaciones entre los principales ecosistemas, que generalmente son cuencas hidrográficas, por ejemplo el Grijalva y Tonalá y los límites jurisdiccionales de las instituciones relacionadas con el manejo de los recursos hídricos, por ejemplo los ejidos y la Comisión Grijalva.

La construcción, el desmonte de los terrenos y el reasentamiento comenzaron en 1966 y concluyeron en 1974. En el curso de los trabajos se resolvió aumentar de 32 000 hectáreas a 48 000 hectáreas la superficie de pradera permanente, lo que significó tener que reducir en 20% el número de familias beneficiadas. Aparte de esta modificación y del aplazamiento de la construcción de un sistema de riego para 8 000 hectáreas, el programa se llevó a cabo fundamentalmente como estaba previsto. Los cambios introducidos en los sistemas natural y social predominantes en 83 000 hectáreas en el corto lapso de diez años han sido sustanciales. Pese a que se tardó el doble de lo que se pensaba en llevar a cabo el proyecto, la ejecución de un programa tan complejo como éste exigió un nivel muy alto de capacidad técnica y administrativa.

b) San Lorenzo 34/

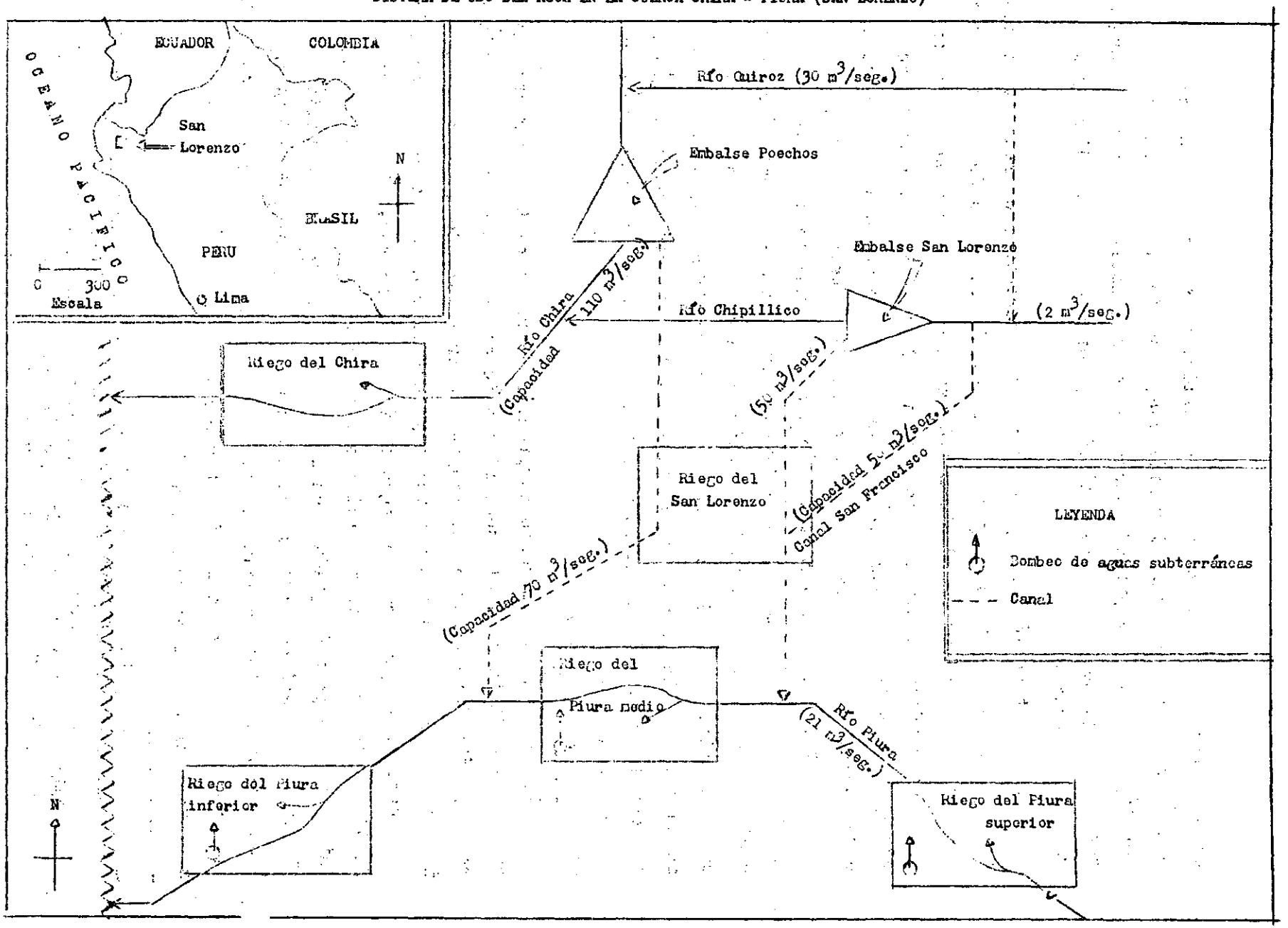
El proyecto San Lorenzo comprendía el riego de 45 000 hectáreas en el valle de Piura y el asentamiento de colonos en ellas. Posteriormente pasó a formar parte del programa Chira-Piura de aprovechamiento integral de las aguas superficiales y subterráneas de estas dos cuencas adyacentes para proporcionar agua suficiente para regar 147 000 ha, 76 000 de las cuales eran parcial o totalmente regadas antes que se iniciara la expansión gradual en 1948. El proyecto está situado en el norte del Perú cerca de la costa en una región tropical semiárida (con una precipitación anual de 140 mm), aproximadamente 800 kilómetros al sur de la línea ecuatorial. Los principales elementos físicos del sistema aparecen en el gráfico 4.

34/ La descripción del caso se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por los consultores A. Cornejo, H. Yap, C. López, A. Brack y W. Iglesias, titulado "Modificación de un Ambiente Desértico por Irrigación: Proyecto San Lorenzo", Lima, junio de 1976 (versión mimeografiada).

/Gráfico 4

Gráfico 4

SISTEMA DE USO DEL AGUA EN LA CUENCA CHIRA - PIURA (SAN LORENZO)



/El programa

El programa original contemplaba el desvío de 600 millones de m^3 de agua al año a través del canal Quiroz, desde el río Quiroz al Chipillico (ambos afluentes del Chira) y de allí a través del canal de San Francisco a la cuenca del Piura para regar 20 000 hectáreas y aumentar el suministro de agua a 31 000 hectáreas en el Piura medio. La construcción de los canales se terminó en 1954 y entretanto los planes de riego adicional se ampliaron de 20 000 a 45 000 hectáreas. Las principales obras hidráulicas de esta etapa fueron una presa de almacenamiento con capacidad para 258 millones de m^3 en el río Chipillico (embalse San Lorenzo), un canal de desvío con capacidad para desviar 50 m^3/segundo adicionales de la cuenca del Chira a la del Piura y canales de riego para las nuevas tierras incorporadas a la agricultura. La construcción se terminó en 1959 pero por una serie de razones la colonización no comenzó hasta 1962. Entretanto la mayor disponibilidad de agua estimuló el aumento espontáneo del riego en el Piura medio e inferior. De esta manera, cuando efectivamente comenzó la colonización surgieron algunos conflictos respecto del uso del agua y de la ejecución de la reforma agraria. La escasez que se produjo como consecuencia de ello, unida a la salinización inesperada del agua utilizada en el proyecto San Lorenzo que reapareció a través del manto acuífero en el Piura medio e inferior provocaron serios problemas de salinización del suelo en toda la cuenca y además produjeron la saturación de algunas zonas debido a la escorrentía del San Lorenzo. Como consecuencia de lo anterior sólo se incorporaron efectivamente a la producción 36 000 hectáreas del proyecto, 4 000 de las cuales se abandonaron posteriormente debido a la salinización y a la cantidad excesiva de agua que requerían los suelos arenosos permeables. En otras zonas, situadas tanto dentro como fuera del proyecto, la salinidad dificultó el manejo y redujo el rendimiento, en especial porque el agua era insuficiente para el lavado de las sales.

/En 1972,

En 1972, para superar las dificultades y aprovechar la infraestructura de riego inactiva en 15 000 hectáreas del proyecto (que representaba una inversión de 30 millones de dólares), se inició la construcción de las obras del Chira-Piura cuyo objetivo fundamental era almacenar 1 000 millones de m^3 de agua en el Chira (presa y embalse de Poechos) y desviar otros 70 m^3/segundo del Chira al Piura.

En el gráfico 5 se indican los vínculos institucionales en la ejecución de las diversas etapas del desarrollo gradual. En lo que toca al ecosistema, la administración de las etapas no se ocupó en ningún momento de la parte superior de la cuenca. Tampoco se tuvieron presentes las eventuales interrelaciones entre la población, que aumentó de aproximadamente 2 000 a 40 000 como consecuencia del proyecto y el sistema natural modificado - por ejemplo, el aumento de los casos de paludismo y la sobreexplotación de la vegetación de la cuenca superior para obtener combustible.

c) Guri 35/

Este es un proyecto de gran envergadura para la producción de energía hidroeléctrica, cuya construcción se encomendó a la Corporación Venezolana de Guayana (CVG). La presa Raúl Leoni está ubicada en el río Caroní, 95 kilómetros más arriba de su confluencia con el Orinoco y 300 kilómetros al sur de la costa del Caribe, en el corazón de una región de bosques tropicales húmeda que permanece inexplotada en su mayor parte. (Véase el mapa 8.) El proyecto se planificó en dos etapas. Las primeras obras se terminaron en 1968 y tienen una capacidad generadora instalada de 2 000 MW. Las segundas, que se espera terminar en 1983, aumentarán la capacidad a 8 750 MW y formarán un embalse de 425 000 hectáreas. La inversión total, incluidos los cables de

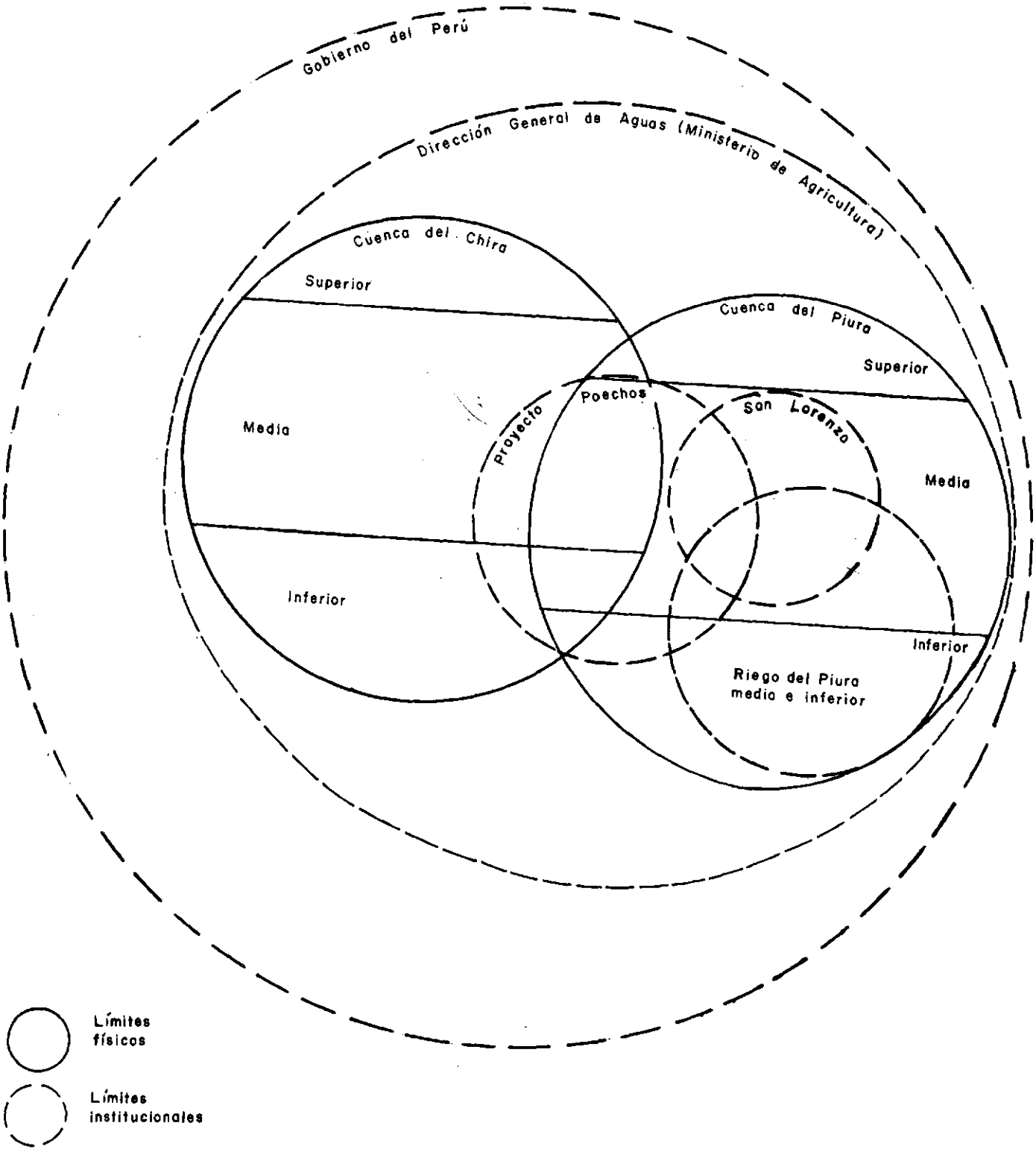
---

35/ La descripción de este caso se basa en un informe de consultoría preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por J. Rabinovich, "El modelo Guri: Análisis de un potencial conflicto de intereses en el uso de los recursos naturales en una cuenca tropical", Caracas, noviembre de 1976.

/Gráfico 5

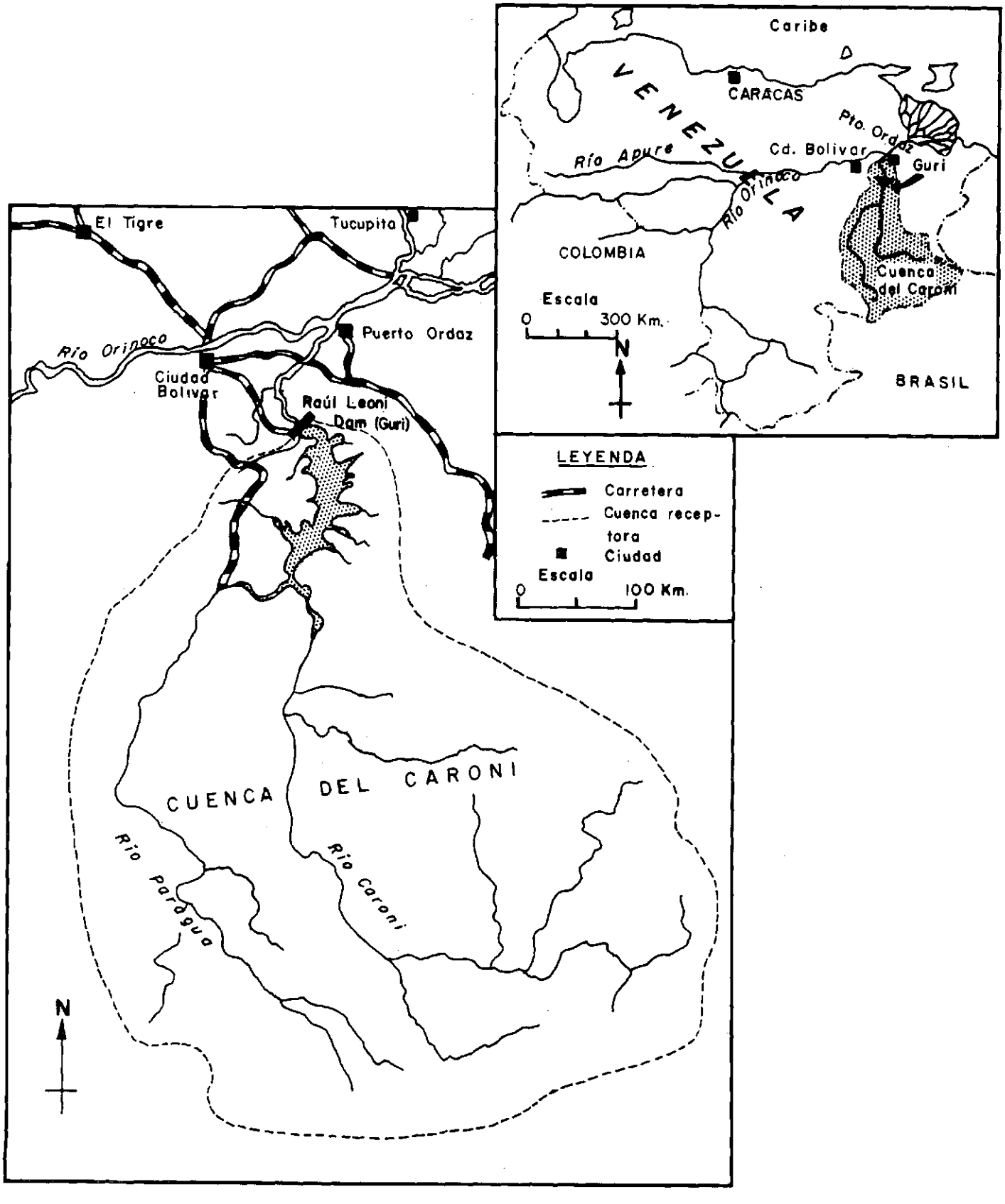
Gráfico 5

LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO SAN LORENZO



Mapa 8

PROYECTO GURI



transmisión a Caracas y Venezuela oriental se estima en 3 000 millones de dólares.36/ Se piensa que la energía se consumirá principalmente en usos domésticos e industriales; se proyecta realizar grandes inversiones en las industrias siderúrgica y de aluminio, esperándose que la población urbana de la región aumente de 400 000 en 1975 a 1 400 000 en el año 2000.

En 1964, cuando se construyó un camino de acceso para la presa que abrió la aislada zona forestal, afluyeron a ella numerosos empresarios que se interesaron en explotar los recursos madereros. Estas personas realizaron una explotación selectiva de manera que la capa forestal no varió gran cosa y los regímenes de agua (tasas de escorrentía y percolación) y la sedimentación no experimentaron cambios. Sin embargo, los colonizadores avanzaron por los caminos destinados al transporte de troncos y talaron los bosques para siembras y pastos, con lo que introdujeron un método agrícola de corte y quema de residuos que, de extenderse a gran parte de los 10 millones de hectáreas abarcados por la cuenca del Caroní, podrían traducirse en grave erosión. Como es natural, tales modificaciones del ecosistema entrañarían consecuencias a largo plazo para la productividad agrícola y forestal, así como la modificación de las tasas de escorrentía y percolación y la sedimentación del río. De extenderse la ocupación transitoria de la tierra en la cuenca podrían producirse entre otras, las siguientes consecuencias: i) virtual destrucción de la capacidad productiva del suelo y de los recursos forestales; ii) aumento del caudal promedio del Caroní puesto que disminuye la evapotranspiración ocasionada por la vegetación; iii) marcado aumento del caudal máximo del Caroní, ya que no habría bosques que impidan la escorrentía y la percolación a través del suelo se aceleraría debido a la descomposición de las raíces del bosque destruido; iv) el caudal bajo del Caroní sería

36/ Salvo que se indique lo contrario todos los valores se expresan en dólares estadounidenses (1975); aunque ello tiene obvios inconvenientes sirve de base de comparación.

/inferior, porque

inferior, porque los suelos de la cuenca llevarían poca agua de la temporada húmeda a la seca y v) aumento de la sedimentación del río, que podría traducirse en una mayor producción de peces y al mismo tiempo en la disminución progresiva de la capacidad de almacenamiento del embalse Guri.

El gráfico 6 indica la relación entre la jurisdicción de la CVG y las cuencas del Caroní y del Orinoco. En el caso del Caroní, constituye la única autoridad y por lo tanto debió confrontar en definitiva el problema de cómo manejar los recursos hídricos, forestales y de tierra de la cuenca del Caroní (dada la existencia de la presa y de la planta generadora) para proporcionar al pueblo venezolano una corriente amplia y sostenida de servicios tales como electricidad, productos forestales, pesquerías y productos agrícolas. Otro problema relacionado con la administración de los recursos es buscar la relación óptima en el tiempo entre la provisión inmediata de empleo y la supervivencia y mantenimiento a largo plazo de la capacidad productiva del sistema natural. En vista de la incertidumbre de la situación, en 1975 se resolvió prohibir el corte de árboles y los asentamientos en la cuenca.

d) Aconcagua 37/

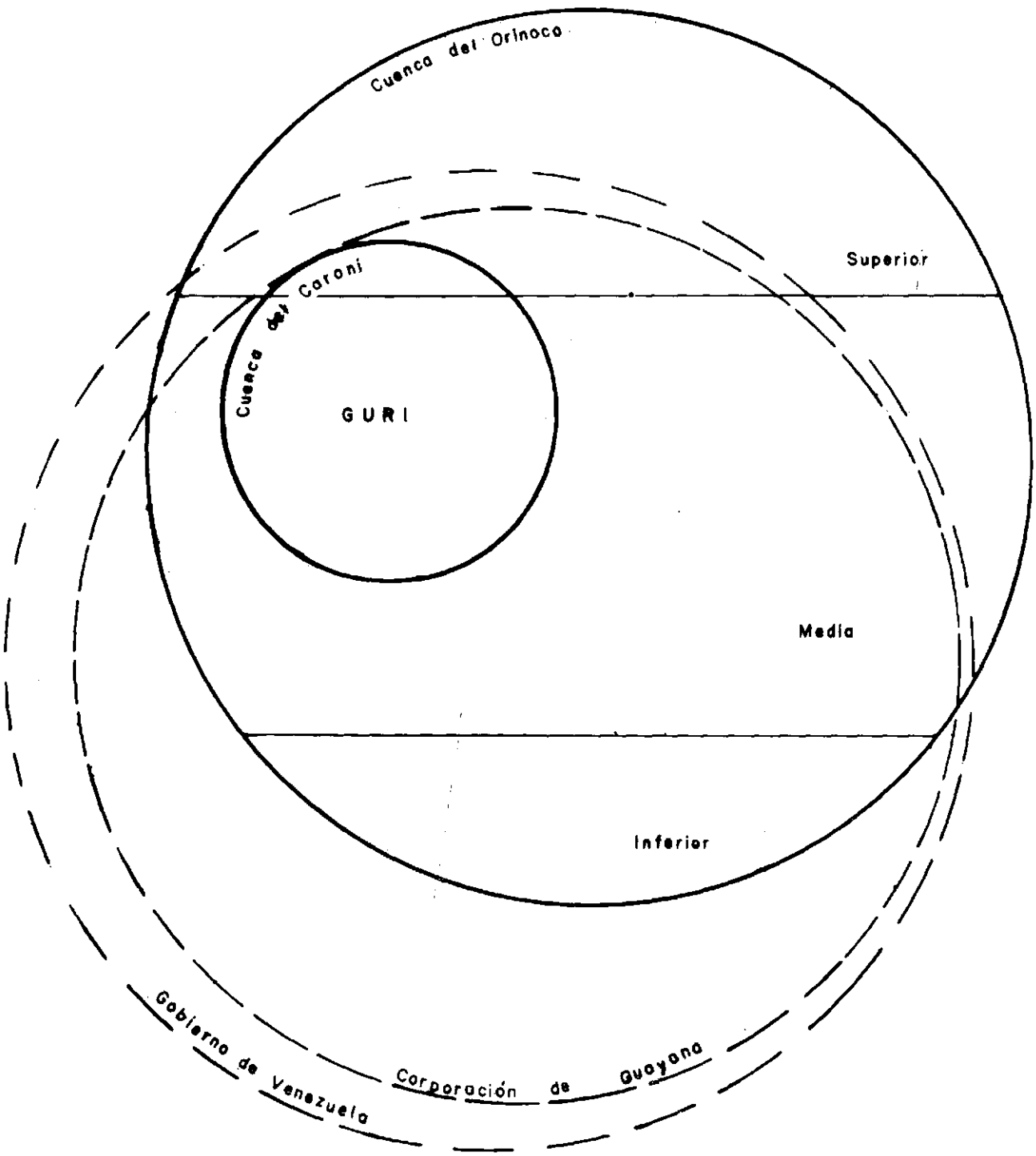
El valle del Aconcagua se encuentra situado a 70 kilómetros al norte de Santiago (véase el gráfico 7) en la zona central de Chile, en una región templada y semiárida (la precipitación anual es de 350 mm). La cuenca abarca una superficie de 7 640 km^2 que se extiende 190 kilómetros entre la Cordillera de Los Andes y la costa del Pacífico y su caudal promedio en el curso medio es de 30 m^3 por segundo. Prácticamente todos los terrenos regables del valle están regados (72 000 hectáreas). Aproximadamente 20% de esta superficie se dedica al cultivo de legumbres, 20% a fruta y 60% a cultivos anuales y forraje. La tendencia es aumentar la producción frutícola para exportación.

37/ La descripción del caso se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por los consultores J.A. Poblete, A. Palma, A. Forno, H. Gaete y L. Escobar, titulado "Análisis de alternativas de uso óptimo de los recursos agua y tierra en el valle del río Aconcagua, Chile", Santiago, mayo de 1976.

/Gráfico 6

Gráfico 6

LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO GURI

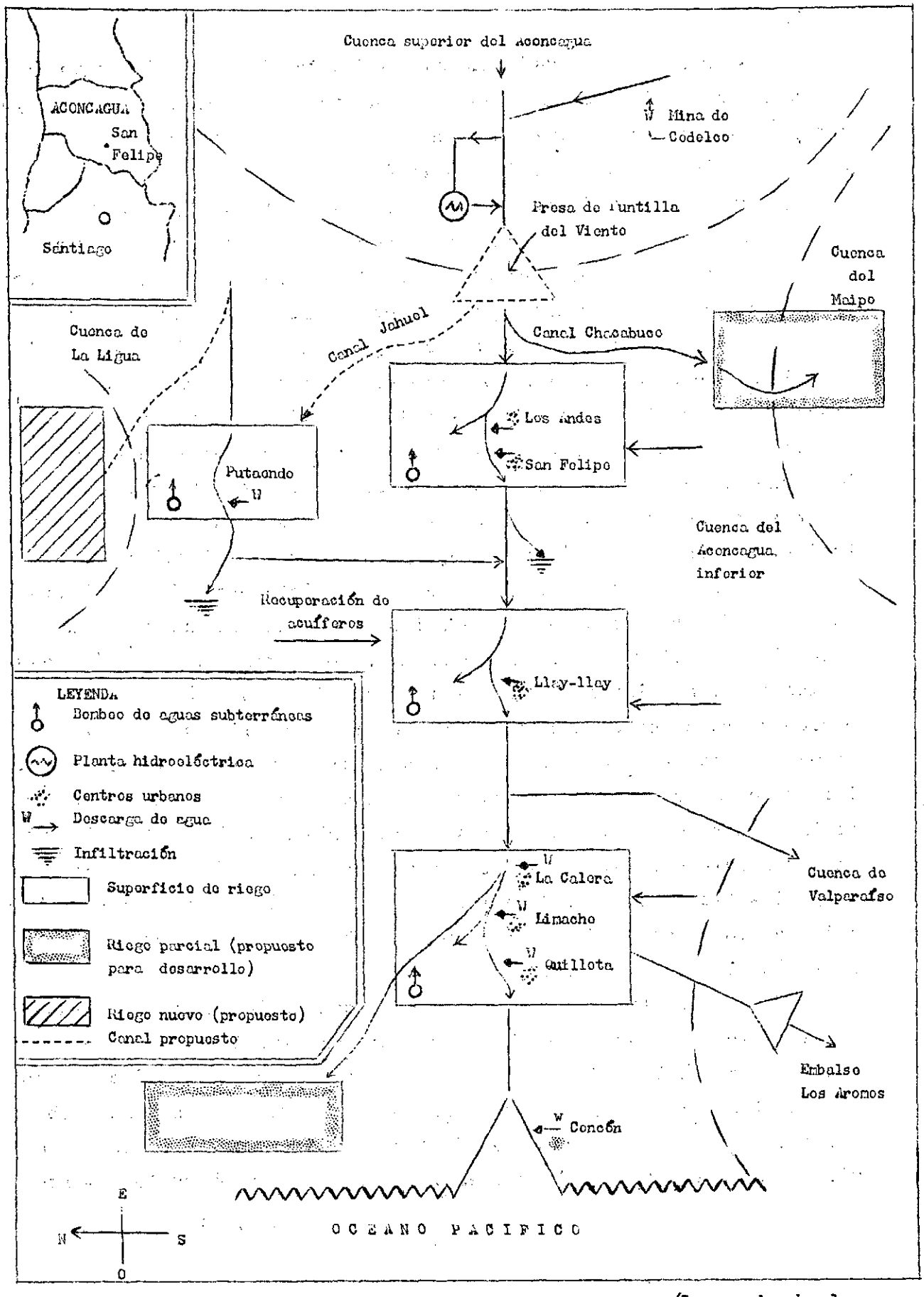


Límites físicos

Límites institucionales

Gráfico 7

SISTEMA DE USO DEL AGUA EN EL VALLE DEL ACONCAGUA



/Los principales

Los principales problemas que confronta el manejo del agua de la cuenca son: i) la irregularidad estacional e interanual del caudal que producen incertidumbre en la agricultura particularmente en la producción de fruta, donde la inversión fija en huertos corre peligro si hay una sequía prolongada; ii) el hecho de que la agricultura de riego debe confrontar una pugna cada vez mayor el agua de parte de otros usuarios del valle, en especial las ciudades, la industria y la minería; y iii) la creciente presión que se ejerce para trasladar el agua a cuencas vecinas donde hay escasez de agua - las del Maipo, Valparaíso y La Ligua-Petorca. En las condiciones actuales la agricultura del valle se administra de manera flexible a través de una distribución jerárquica de las tierras a cultivos o forraje de valor cada vez más bajo que en caso de sequía pueden sacrificarse sucesivamente a partir de aquel de menos valor. Sin embargo, el sistema material de distribución, la administración del riego y la estructura institucional que regula las mercedes de agua y el uso de ésta entre las distintas secciones del río hacen que la eficiencia global del uso del agua para riego en el valle alcance a un 40%. Se estima que las pérdidas en los canales primarios y secundarios son de 10 a 20%. La distribución entre cuencas en cuatro zonas de riego se rige por un reglamento de acuerdo con el cual los usuarios del curso superior tienen derechos ilimitados sobre el agua disponible. Dada la situación no hay mucho estímulo para conservar el agua y en la parte superior del valle hay una tendencia natural a utilizar demasiada agua, pese a que ello no perjudica tanto la eficiencia general como habría de suponerse debido a las altas tasas de filtración que se producen en el curso inferior a través del manto acuífero.

Hay perspectivas de que aumente marcadamente el uso del agua en el valle. El incentivo económico para ampliar la superficie destinada a cultivos de valor elevado (hortalizas y tabaco) cultivos permanentes (fruta), y el desarrollo conexo de las industrias elaboradoras exigen mayor seguridad en el suministro de agua de riego. Lo más probable es que si ello sucede, se acompañaría de un incremento

/del volumen

del volumen de productos químicos que se utiliza en la agricultura lo que podría influir en la calidad del agua del manto acuífero. Esto iría acompañado de un aumento de la población y el consiguiente incremento de las necesidades urbanas; del aumento de la necesidad de la industria de elaborar el agua y lo que es más importante, de trasladar los residuos; de la mayor necesidad, tanto para la estética como para las pesquerías, de que se mantenga un caudal mínimo en la desembocadura a fin de conservar la calidad del agua en el estuario que recibe una importante descarga industrial, y de exigencias de riego y urbanas de las cuencas vecinas. En estas condiciones, el manejo del recurso exige que se combinen tres medidas: i) modificación de la actual fragmentación de la estructura institucional destinada a regular la calidad del agua y distribuirla, tanto dentro del valle como entre valles (véase el gráfico 8); ii) mejoramiento de las técnicas de riego, lo que podría liberar cantidades sustanciales de agua para otros usos; y iii) regulación del caudal orientada especialmente a reducir las crecidas y la erosión en la parte superior de la cuenca mediante una presa en Puntilla del Viento, que tendría una capacidad de almacenamiento de 50 millones de m^3 y que regularía más de 95% de los usos potenciales.

e) Caño Mánamo 38/

Caño Mánamo es el brazo efluente situado más al occidente del delta del Orinoco. Da su nombre a un amplio programa de habilitación de tierras del delta superior, cuya estructura clave es una presa de desviación a través de Caño Mánamo cerca del punto en que se aparta del río principal. (Véase el mapa 9.) El proyecto está ubicado en una zona húmeda de bosques tropicales situada a 500 kilómetros de Caracas (la precipitación anual alcanza a 1 300 mm) en la cual se

38/ La descripción del caso se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por los consultores E. Buroz y J. Guevara, titulado "Aprovechamiento de las Regiones Deltaicas, su Efecto sobre el Ambiente: Un Caso en el Delta del Río Orinoco", Caracas, noviembre de 1976.

/producen grandes

producen grandes crecidas cinco meses al año. El delta del Orinoco abarca 2.25 millones de hectáreas, aproximadamente 70 000 de las cuales son de clase I-III, adecuadas para cultivos intensivos. Casi la totalidad de esta área potencialmente agrícola (64 000 hectáreas), más aproximadamente 120 000 hectáreas que podrían utilizarse bajo un régimen especial de gestión se encuentran dentro de la zona protegida de las crecidas por la presa de desviación y el sistema de diques río abajo. La superficie protegida es de 410 000 hectáreas y comprende las islas de Guara, Cocuina, Manamito, Macareo y Tucupita.

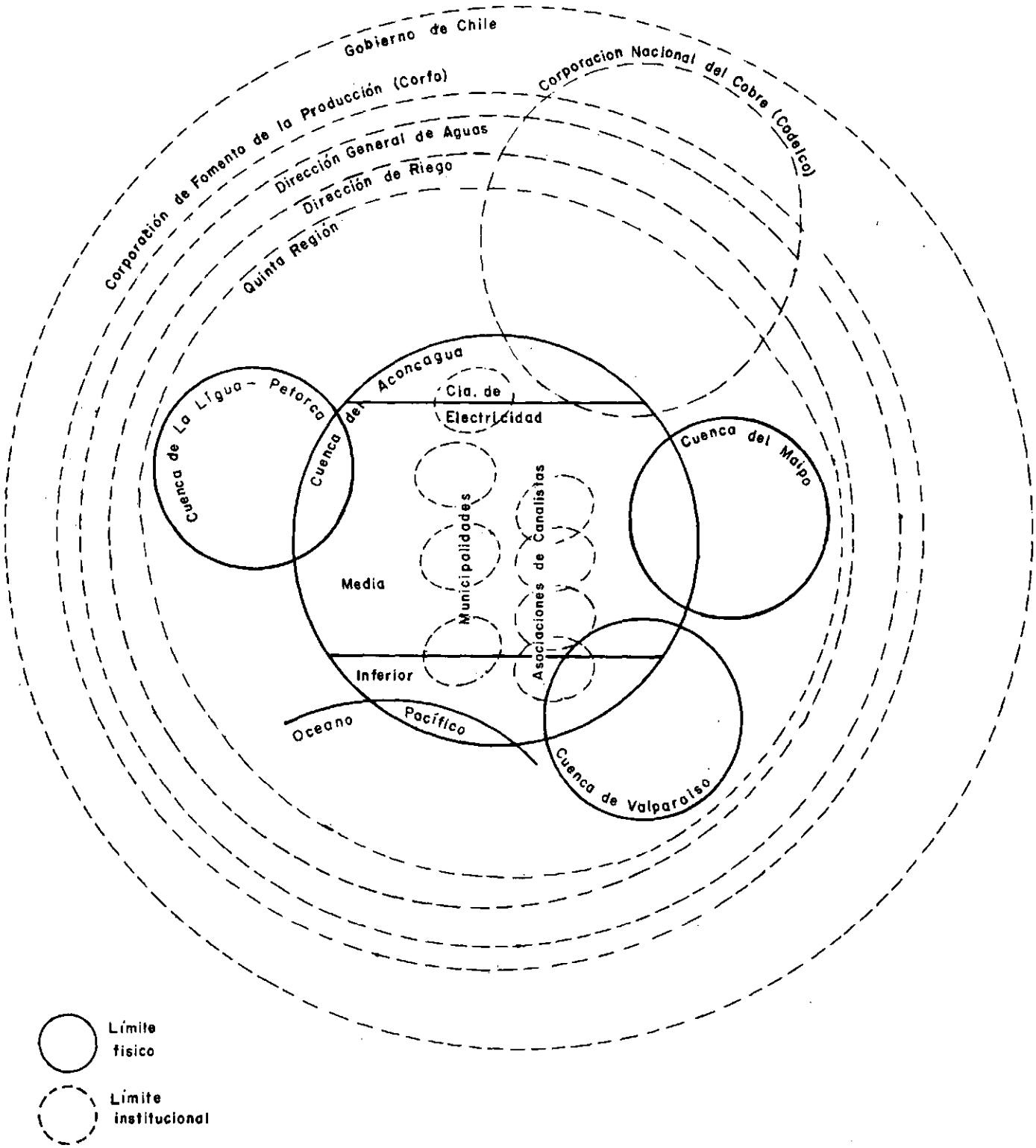
El proyecto fue iniciado por la CVG y forma parte del programa destinado a aumentar y desarrollar la agricultura en general, dentro de la región, teniendo presente además el autoabastecimiento regional de alimentos para la creciente población urbana que se dedica fundamentalmente a la extracción y elaboración de minerales. Los estudios sobre el delta se iniciaron en 1959 y en 1965 se resolvió proceder a su desarrollo. Las obras de cierre total de Caño Mánamo se terminaron en 1966 pero al año siguiente se modificaron para permitir descargas reguladas de caudal principalmente para controlar la salinidad que en los brazos efluentes afectados había avanzado 50 kilómetros. En 1968, como consecuencia de estudios permanentes se seleccionó la isla Guara (23 000 hectáreas) como zona experimental para el desarrollo agrícola y ese mismo año se puso oficialmente la región bajo la jurisdicción de la CVG. En 1972 se suscribió un acuerdo inter-ministerial para el desarrollo de la región sujeta a prevención de crecidas que se coordinaría por la CVG. (Véase el gráfico 9.)

En 1968, la utilización de la tierra en la isla Guara se descomponía de la siguiente manera: 700 hectáreas de cultivos, 1 100 hectáreas para la producción intensiva de ganado y 12 300 hectáreas de praderas. Se estimaba que la potencialidad era de 7 000 hectáreas para cultivos, 4 600 hectáreas y 7 000 hectáreas para ganadería intensiva y extensiva respectivamente, lo que podría lograrse en un plazo de veinte años mediante obras de avenamiento. Durante los primeros siete años se incorporaron 2 200 hectáreas y 2 500 hectáreas respectivamente a cultivos y producción intensiva de ganado. Sin embargo,

/Gráfico 8

Gráfico 8

LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES RELACIONADOS CON EL MANEJO DEL AGUA EN LA CUENCA DEL ACONCAGUA



Mapa 9

PROYECTO CAÑO MANAMO: DELTA DEL ORINOCO

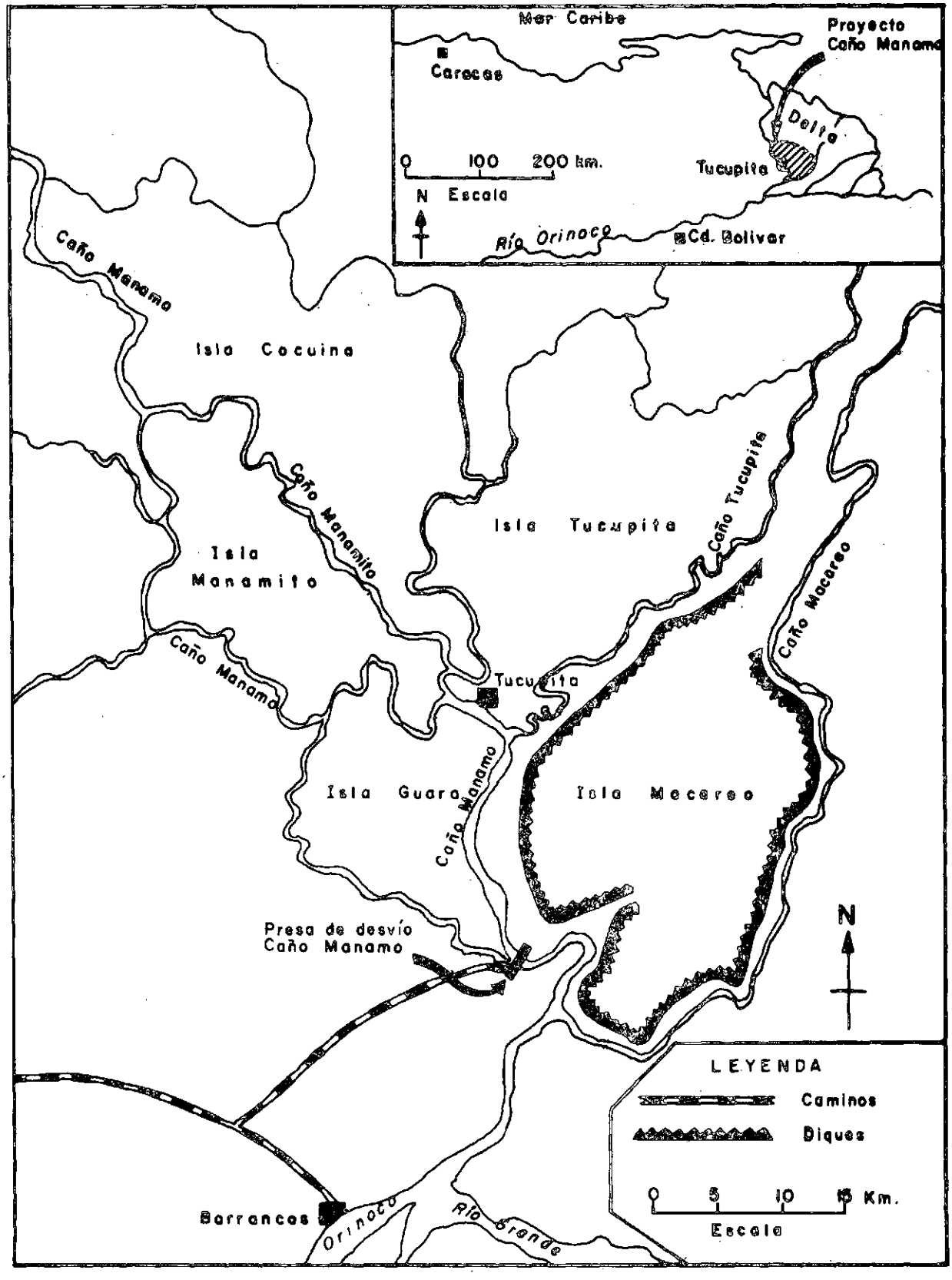
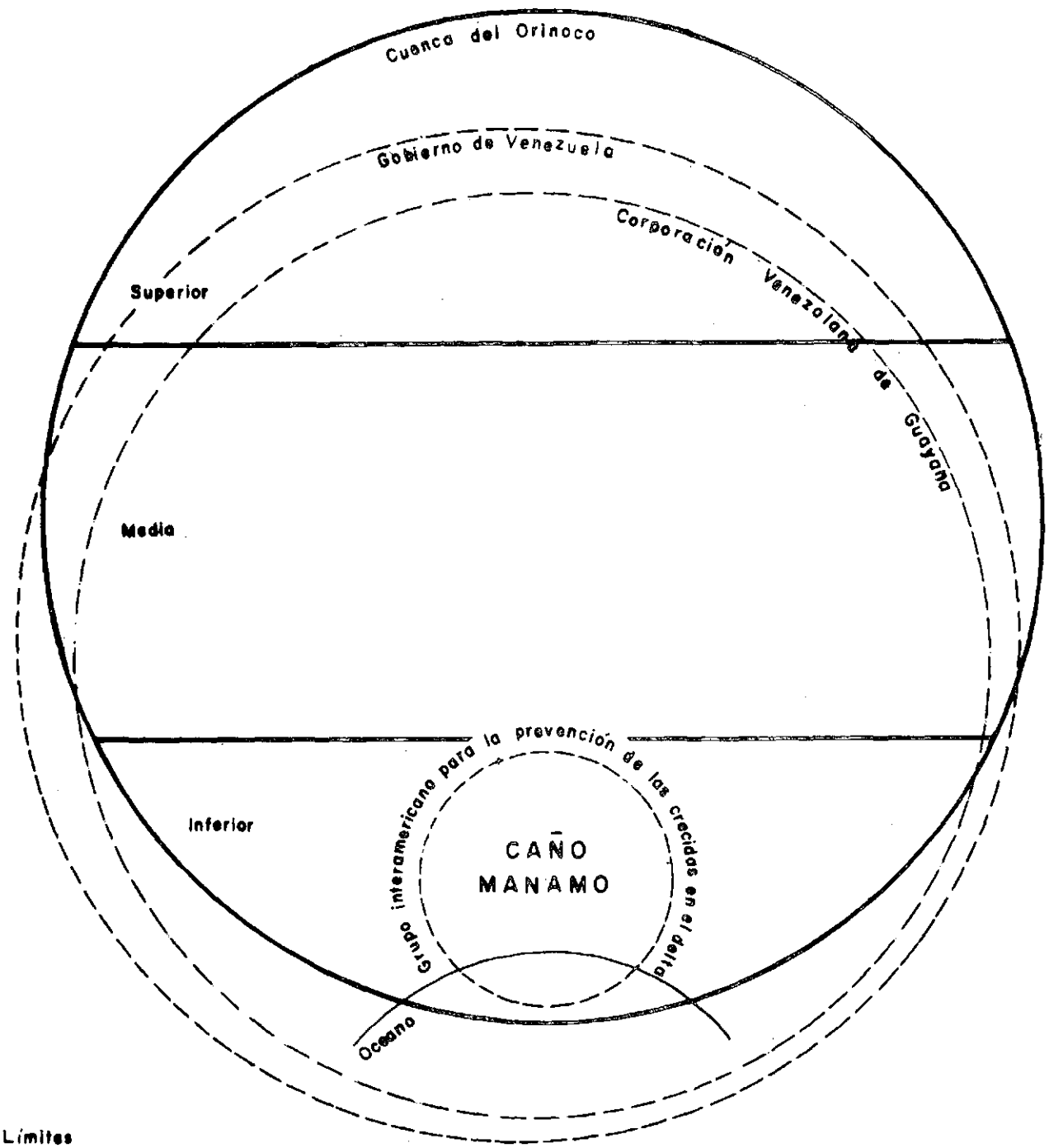


Gráfico 9

LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO CAÑO MANAMO



Límites físicos

Límites institucionales

pese al proyecto siguió declinando el empleo en la agricultura en el territorio federal del delta Amacuro entre 1961 y 1971. En el proceso de desarrollo se tropezó con dificultades en el manejo de las relaciones entre el agua, el suelo y la vegetación. Los principales problemas fueron: oxidación del suelo con el avenamiento y formación de acidez y un aumento del contenido de aluminio tóxico para las plantas; sumersión de los suelos con pérdida de materias orgánicas y la quema excesiva de los pastos naturales, todo lo cual se tradujo en la pérdida de especies importantes. Quedó de manifiesto que para controlar la acidez era preciso regular el nivel de las aguas subterráneas. Esto exige la construcción de un sistema de avenamiento terciario y en 1973, en el curso de la segunda etapa de desarrollo de otras islas, se adoptó el sistema de polders para permitir un mayor control. Los cambios ocurridos en la zona del delta situada fuera del proyecto han resultado más difíciles de evaluar. El aumento de caudal de otros brazos efluentes ha afectado la vegetación de algunas zonas, incluidos los manglares.

2. Materias de preocupación para el medio ambiente

La preocupación por el medio ambiente se origina en la incertidumbre que surge cuando se alteran los regímenes de caudal para fines de desarrollo, incertidumbre que luego se manifiesta en el funcionamiento de los sistemas naturales o socioeconómicos. Un conjunto de temas de interés se relaciona con las propiedades de los regímenes de agua y los ecosistemas conexos, es decir, las relaciones entre el suelo, el agua, la flora y la fauna. Las manifestaciones físicas y químicas son quizá las que se identifican más fácilmente: la salinización del suelo y del agua; la oxidación, la acidificación, la formación de capas concrecionadas y de toxicidad en los suelos; las crecidas; la erosión y el transporte y depósito de los sedimentos. Los problemas biológicos incluyen el equilibrio de los nutrientes del suelo y del agua que influyen en la flora y fauna acuáticas; los peligros que amenaza el banco de genes bióticos y la relación entre los predatores y las enfermedades que afectan a los seres humanos, animales y plantas.

/El segundo

El segundo conjunto de temas de interés se relaciona con el comportamiento y los valores del sistema sociocultural que pueden manifestarse en los factores estéticos, el estado de nutrición, la seguridad respecto de los peligros físicos, las necesidades para la subsistencia o la situación económica; la relación entre el control que se ejerce sobre las personas y su independencia, y la equidad. Otro campo en que se manifiestan los dos conjuntos de problemas antes citados son las consecuencias que podrían acarrear las migraciones inesperadas hacia una región debido al aprovechamiento de los recursos hídricos. Puede suceder que este aumento de la población origine por si mismo problemas ambientales.

3. La determinación de los objetivos y prioridades en materia de planificación

Lo más probable es que los aspectos ambientales se introduzcan en las decisiones de gestión relativas a la construcción y funcionamiento de las estructuras para regulación y desvío del agua a través de la planificación y de la evaluación y diseño de proyectos. La definición de los objetivos relacionados con problemas ambientales tales como los antes mencionados se abordará en función de la planificación; de los objetivos nacionales, regionales e institucionales; del tiempo; de la equidad y del criterio para hacer frente a los riesgos y a la incertidumbre.

a) Planificación

Para los efectos del análisis se considera que la planificación incluye: i) definir la estructura del problema; ii) especificar los objetivos para lo cual hay que cuantificar los elementos inciertos y las preferencias de los decisores;39/ iii) especificar y evaluar las alternativas; iv) seleccionar la alternativa óptima e incorporarla a un programa integral; y v) vigilar y evaluar los resultados para

39/ Para cuantificar los elementos inciertos es preciso que se especifiquen los elementos inciertos vinculados al resultado de determinadas acciones y se asigne a cada uno de ellos una distribución de probabilidades.

/que se

que se tengan en cuenta por la administración y el diseño del proyecto. En el caso del valle del Aconcagua, como efectivamente no hay un organismo responsable de la planificación global del aprovechamiento del agua, sólo se pudo cumplir de manera parcial con estas etapas en algunas partes del sistema. En los otros cuatro casos a que podía aplicarse el método, parecería que las etapas i) a iv) se adoptaron implícita o explícitamente pero no se aplicaron rigurosamente. No hay duda que no se cuantificaron expresamente las incertidumbres. Sin embargo, en todos los casos la etapa v) se llevó a cabo en distintos grados. En Caño Mánamo, la CVG estableció una estación agrícola experimental que emprendió amplias investigaciones sobre los problemas del suelo y la adaptación de las plantas y de los animales a las condiciones anteriores y posteriores al avenamiento. Asimismo se observaron los rendimientos y las prácticas de administración y se llevaron a cabo programas de capacitación para los eventuales colonizadores del delta del Orinoco. En lo que toca al proyecto del Guri, la CVG emprendió o encargó la realización de una serie de estudios relacionados con la limnología del embalse y la ecología de la cuenca del Caroní. En el proyecto San Lorenzo, la oficina del proyecto realizó encuestas y se comprometió a dar informes estadísticos y el Banco Mundial envió periódicamente misiones de evaluación. En el proyecto La Chontalpa la Comisión Grijalva llevó registros sumamente detallados sobre habilitación de tierras, insumos agrícolas, producción, asentamientos, niveles de agua, costos, etc. Asimismo, estableció una estación agrícola experimental con arreglo a un contrato con el Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) que también estaba encargado de capacitar a los colonos y administrar las labores agrícolas del proyecto.

Puede por lo tanto concluirse que la vigilancia se llevó a cabo de manera eficiente y la retroalimentación se ha traducido en modificaciones sustanciales de la administración del proyecto. En el caso de Caño Mánamo, la administración respondió rápidamente a la vigilancia. Al comienzo, se utilizó la presa de desvío para reducir

/de 300 m^3

de 300 m^3 a 60 m^3 por segundo el caudal promedio del brazo efluente. A cabo de un año se cambió la regulación para permitir un caudal de 185 m^3 por segundo durante la temporada húmeda y de 210 m^3 por segundo durante la temporada seca, en un esfuerzo por controlar el nivel freático y la salinización del río. Además, se construyeron canales de avenamiento terciario y polders para poder controlar mejor el nivel del agua. En el proyecto *San Lorenzo*, gracias a que se tuvieron en cuenta los antecedentes que se fueron reuniendo, se inició una larga serie de obras de ingeniería para el avenamiento, el riego de nuevas superficies, la explotación de las aguas subterráneas, el aumento del almacenamiento de agua y el transvase de agua entre las cuencas antes señaladas. En el proyecto del Guri, la creciente inquietud por los riesgos a que podía estar expuesto el desarrollo agrícola del Caroní (es decir, la evaluación ex post de los elementos inciertos a que daba lugar la etapa ii)), unida a la investigación en marcha llevó a las autoridades a cerrar el acceso a la cuenca a madereros, colonizadores y urbanizadores. En el proyecto La Chontalpa la *modificación* de los planes de gestión se debió más que nada a factores económicos. Las limitaciones impuestas por el mercado obligaron a reducir en 80% la superficie que se pensaba destinar al cultivo de bananos y en 30% aquella destinada a otros cultivos, sustituyéndose por forraje.

Pese a la probada flexibilidad del manejo, particularmente para fines de introducir modificaciones en las obras de ingeniería, no está claro que haya habido una acumulación sistemática de información para identificar y dilucidar los hechos claves que reducirían la incertidumbre y suministrarían informaciones para la planificación y diseño de nuevos proyectos. Además, existe el problema fundamental de evitar los desastres, para lo cual quizá resulta inadecuada la retroalimentación gradual y progresiva de la información a fin de adaptar las decisiones. Por este motivo, es posible que las personas que administran los recursos sientan una creciente inquietud acerca de las posibilidades de tomar medidas correctivas.

/b) Metas

b) Metas nacionales e institucionales

La planificación del desarrollo nacional y de los recursos hídricos rebasa los alcances del presente estudio. Sin embargo, cabe preguntarse hasta qué punto son claras las pautas y los criterios para evaluar metas que entregan los organismos dedicados a dichas formas de planificación a las autoridades de cuencas hidrográficas y de otras instituciones de manejo de los recursos hídricos. En los cinco casos antes analizados pueden distinguirse algunas grandes metas nacionales: empleo, equidad (reforma agraria) y mejoramiento del balance de pagos (aumento de las exportaciones) en el caso de San Lorenzo; descentralización regional, establecimiento de soberanía territorial y consolidación de la población rural en una zona cuya población históricamente ha disminuido, como es Caño Mánamo; reducción de la presión de la población rural sobre la tierra en las regiones montañosas (transmigración), colectivización de ejidos y aumento de las exportaciones en La Chontalpa; mayor eficiencia y producción de la agricultura de riego, aumento de las exportaciones y disminución de los precios al consumidor en el caso del Aconcagua; en Guri, gran generación de energía como base para la industrialización de toda la nación y para el procesamiento de los recursos minerales en la región. El sentido fundamental de los proyectos de Guri y Caño Mánamo consiste en prestar apoyo, mediante generación de energía y alimentos respectivamente, a un polo de desarrollo regional en torno a Ciudad Guayana.

Los objetivos generales, tales como distribución del ingreso, empleo, producción y seguridad nacional, ocasionan la inversión de recursos públicos en la intensificación del uso del agua; sin embargo, los datos proporcionados por los casos en estudio sugieren que los objetivos específicos y el diseño del proyecto, que son los que determinan en qué medida se toman en cuenta las consideraciones ambientales, son decididos principalmente por las instituciones de ejecución. Por lo tanto, los objetivos institucionales y la capacidad para planificar y para diseñar proyectos de estas entidades son decisivos para determinar los objetivos de planificación y manejo de los respectivos sistemas hídricos.

/Las experiencias

Las experiencias de los estudios de casos hacen pensar que los programas de manejo del agua se han fundado en una visión relativamente estrecha de los objetivos y procesos mediante los cuales la regulación y el uso del agua pueden promover el desarrollo económico y social. Se han considerado objetivos supremos la producción agrícola y la generación de energía. Este aspecto se ha destacado aún más en el caso de tres proyectos de recuperación de terrenos (La Chontalpa, Caño Mánamo y San Lorenzo) debido a los costos unitarios relativamente altos y al deseo de mostrar un rendimiento económico satisfactorio. En la Chontalpa, por ejemplo, no se dejó esfuerzo por hacer para utilizar la tecnología más avanzada para desbrozar y cultivar los terrenos, a fin de poner el proyecto en plena producción con rapidez y alcanzar altos rendimientos, y justificar así inversiones que excedían de 1 000 dólares por hectárea. Al mismo tiempo, el proyecto tenía como objetivo específico quintuplicar los ingresos de alrededor de 6 300 familias rurales pobres (4 700 que vivían en la zona del proyecto y 1 600 asentados provenientes de otras zonas). El proyecto de San Lorenzo tenía un objetivo similar: el asentamiento de 4 000 familias rurales relativamente pobres. En cambio, la CVG en Caño Mánamo, junto con beneficiar a la población rural, tenía como objetivo principal garantizar el abastecimiento local de alimentos para los crecientes centros industriales de la región administrada por la Corporación. De este modo, los criterios de decisión tendieron a hacer hicapié en la autosuficiencia regional, destacando menos el mejoramiento económico y social de los posibles productores o consumidores de alimentos. En la cuenca del Aconcagua, el principal objetivo del manejo del agua parece haber consistido en el mejoramiento del abastecimiento de agua a los agricultores existentes, sin mayor consideración de los posibles aumentos de demanda de agua por parte de otros usuarios del valle: el suministro urbano e industrial y el transporte de residuos de fuentes urbanas, industriales y mineras.

El análisis anterior no debe interpretarse en modo alguno como una minimización de la importancia de los objetivos de producción de corto plazo, ni tampoco como una afirmación de que los organismos

/de manejo

de manejo de recursos no toman en cuenta las posibles consecuencias de largo plazo. La SRH en México y la CVG en Venezuela por ejemplo, han auspiciado amplias investigaciones sobre los aspectos físicos y sociales de la intensificación del uso del agua y del suelo. El posible conflicto entre objetivos de corto plazo y de largo plazo no desaparecerá con la existencia de una planificación mejor: sólo se hará más explícito en cuanto base para tomar decisiones.

Parece haber algunos indicios de que a veces los objetivos se caracterizan por lo que podría llamarse "síndrome de construcción": a pesar que existen varios objetivos declarados, lo fundamental es la construcción de grandes obras de ingeniería. No siempre se hace una distinción clara entre los medios (obras de regulación), los objetivos intermedios (producción de alimentos o de electricidad y normas de calidad del medio ambiente) y los objetivos finales tales como beneficios y costos para la sociedad. La consideración de los beneficiarios últimos del proceso de decisión hace surgir el problema de los objetivos de distribución de beneficios tanto a través del tiempo como dentro de la sociedad en un momento dado.

c) El horizonte temporal

Para el establecimiento de objetivos tiene fundamental importancia un elemento que atañe al problema de la conservación y desarrollo de los recursos: consiste en la corriente de beneficios que se espera obtener a través del tiempo del desvío o de la regulación de los sistemas hídricos y del manejo de sus recursos conexos. Existe el problema de saber en qué medida los objetivos apuntan a una utilidad máxima de corto plazo, por una parte, y a objetivos de largo plazo, por otra. Dicho problema está bien ejemplificado en la decisión de la CVG respecto del manejo del embalse del Guri y de la cuenca receptora superior. El proyecto mismo se basaba exclusivamente en la generación de energía hidroeléctrica; incluso considerando el desarrollo de la parte superior del río, dicha energía probablemente sea muy lejos la fuente principal de beneficios del desarrollo de recursos renovables en la cuenca del Caroní. En un período de 50 años, el valor neto actual de los beneficios de la energía generada,

/descontados al

descontados al 8%, tomando en cuenta una amplia gama de niveles optativos de desarrollo forestal y agrícola de la cuenca, representa entre un 97.9 y un 99.4% de los beneficios totales. (Véase el Anexo A.) En el supuesto extremo de una explotación forestal y agrícola rápida en la cuenca superior, la cual llevaría a una erosión grave y al agotamiento de alrededor de diez millones de hectáreas en dicho período, no habría efectos sobre la producción de energía hasta el año 23, en el cual la capacidad se reduciría en un 50%. En el año 33 la capacidad alcanzaría sólo a un 30%, y en el año 50 la planta generadora se cerraría. Sin agricultura en la cuenca superior la capacidad de operación no disminuiría durante 300 años. Como contrapartida de esta pérdida de capacidad generadora de 60 millones de dólares (valor neto actual), existe una ganancia agrícola de 50 millones de dólares (valor neto actual). En los costos debe incluirse también el del reemplazo de la capacidad generadora de energía perdida entre los años 23 y 50, que se estima en alrededor de 80 millones de dólares (valor neto actual). En estas circunstancias se aclara la decisión relativa a la conservación en la parte superior del río, y debe dejarse de lado la posibilidad de un ingreso forestal de 20 millones de dólares (valor neto actual) si esto constituye una condición necesaria.

Sin embargo, la decisión sufre la fuerte influencia de cuatro factores: i) el horizonte temporal adoptado; ii) el descuento aplicado; iii) los supuestos respecto de la productividad agrícola, la tecnología y la capacidad competitiva de la región en relación con otras zonas de Venezuela, y iv) la importancia que se de a un rendimiento sostenido.

Si se reduce a 20 años el horizonte temporal o vida del proyecto a fin de analizarlo, quedará de manifiesto que no habrá reducción de la capacidad generadora. Además, a menos que se reconociera expresamente que a partir de ese momento la capacidad generadora del proyecto sería de limitada duración ello no anula los beneficios obtenidos por la agricultura durante los primeros 20 años. Por otra parte si al evaluar el proyecto se le aplican tasas de descuento del orden de 15%

/(que pueden

(que pueden aproximarse a la de mercado), las personas encargadas de la administración se verían estimuladas a acelerar el desarrollo forestal y agrícola en los primeros años, partiendo de la base de que no habría limitaciones de mercado. Si una corriente de beneficios se descuenta a razón de 15%, un quintal de maíz cuyo valor actual es de 10.00 dólares pasa a valer 5.00 dólares en el año 5 y 0.01 dólares en el año 50. Lo mismo puede aplicarse a un kilowatt de energía, sólo que en este caso no existe la opción de producir más en los primeros años y menos después.

El problema de la productividad agrícola haría aún más compleja la decisión si existiese la probabilidad de que los beneficios fuesen mayores y se mantuviesen por períodos más prolongados e incluso de que pueda desarrollarse una técnica que reduzca la tasa de erosión. De esta manera, puede concebirse una situación en que los beneficios para la agricultura fueran lo suficientemente grandes como para compensar la pérdida de capacidad generadora. Mientras más alta sea la tasa de descuento más probable es llegar a esta conclusión. En una región como la del Caroní, la capacidad de la agricultura para competir es determinada en gran parte por la política nacional relacionada con aspectos tales como los aranceles, el transporte y los precios de los insumos y productos. Todos estos elementos influeyen en las expectativas de largo plazo respecto de los beneficios que podrían obtenerse de la agricultura (o de la silvicultura).

El último elemento, el rendimiento sostenido, incide en los otros tres. Entraña automáticamente un horizonte temporal prolongado, ciertamente de más de 50 años. Si para administrar el proyecto, incluida la cuenca, hay que aplicar el concepto de valor actual neto, se hace preciso adoptar una tasa de descuento social sustancialmente inferior a 15% u 8%. Habría que considerar las probabilidades y las condiciones de acuerdo con las cuales la agricultura podría desarrollarse de tal manera de reducir significativamente la tasa de erosión.

/El análisis

El análisis anterior permite concluir que en el análisis económico los conceptos de "conservación" y "agotamiento" no contienen respectivamente connotaciones de eficiencia o desperdicio: cualquiera de ellos puede ofrecer la relación más favorable entre el costo y los beneficios, ya que la medida de la eficiencia se obtiene de la corriente descontada de costos privados y sociales esperados que va unida a una modificación del uso de los recursos en uno u otro sentido. Si un objetivo atañe al bienestar de las generaciones futuras inevitablemente hay que introducir juicios de valor al adoptar la política de conservación; dicho de otro modo, no existen métodos rígidos para evaluar los horizontes temporales de largo plazo. Cuando hay que incluir el medio ambiente como variable del manejo del agua no hay otra alternativa que utilizar períodos de planificación prolongados. En general, los procesos ecológicos, la reacción a las alteraciones, la formación de los suelos o la estabilidad de la comunidad tardan mucho más de cien años en completarse.

En el proyecto del Guri las autoridades han impuesto una medida de conservación que prohibe aumentar la explotación de la madera y el desarrollo agrícola de la cuenca del Caroní. Al hacerlo optaron por distribuir los beneficios a través de generaciones en vez de adoptar una política de agotamiento que puede producir beneficios a corto plazo y quizá incluso mejorar la distribución del ingreso de la generación actual.

d) Equidad

Gran parte de lo que se ha escrito sobre el medio ambiente desde la conferencia de Estocolmo se ha centrado en el problema de las consecuencias internacionales y nacionales que tiene para la distribución del ingreso el sistema actual de manejo de los recursos naturales y sobre la necesidad de realizar reformas estructurales que den lugar a una distribución más equitativa del consumo y mejoren la protección del medio ambiente a fin de proveer a las necesidades de largo plazo de la humanidad.40/

40/ Véase Declaración de Cocoyoc, op. cit., y Catastrophe or New Society? The Latin American World Model, A.O. Herrera y otros, IDRC-064e, Ottawa, junio de 1976.

/La política

La política nacional y el compromiso político de redistribuir la riqueza económica y el poder político establecen el marco general de los objetivos de equidad. Sin embargo, puede sostenerse que los planificadores y administradores de los recursos hídricos no pueden sustrarse de cierta responsabilidad respecto de las consecuencias distributivas implícitas en otros sistemas de manejo optativos y hay sobradas razones para introducir expresamente tales aspectos en los objetivos.

Desde el punto de vista de quiénes se benefician y quiénes se perjudican los casos ilustran dos clases de problemas relacionados con la equidad - los que van unidos a alguna forma de degradación del ecosistema natural y aquellos relativos a la forma en que se administra el aprovechamiento del agua y de los recursos conexos. En lo que toca a los primeros, los problemas se centran en el hecho de que los grupos que supuestamente deberían haberse beneficiado de hecho no lo han logrado, en el caso especial en que se seleccionan muchos grupos de los estratos más pobres de la sociedad a los efectos de la redistribución del ingreso. Por ejemplo, no hay duda que en el proyecto San Lorenzo, la disminución del rendimiento en 4 000 hectáreas y el abandono de otras 4 000 debido a problemas de salinidad, avenamiento y necesidades de agua excesivas significan imponer costos sociales y económicos a los beneficiarios. Como previamente éstos eran campesinos sin tierras que fueron asentados de acuerdo con el programa de reforma agraria, hubo que restar estos costos de los objetivos de distribución del proyecto. Algo similar sucede en el caso de Caño Mánamo, donde todo indica que las ventajas económicas que debían obtener los agricultores relativamente pobres beneficiados por el proyecto no han sido tan grandes como se esperaba, debido a la serie de efectos en cadena que se produjo cuando bajó el nivel hidrostático.

Una de las variaciones de este tema es el típico conflicto que surge entre los usuarios de aguas arriba y los de aguas abajo cuando los primeros se benefician a costa de los segundos. El aprovechamiento del agua y de la tierra, originado en las derivaciones y regulaciones

/sucesivas del

sucesivas del uso del agua en la cuenca Chira-Piura ha disminuido la productividad agrícola en las secciones media e inferior del valle del Piura. En materia de equidad, las consecuencias dependen de la situación económica de los afectados. Es evidente que aquí no hay optimización de acuerdo con las reglas de Pareto puesto que un grupo se beneficia a expensas de otro. Obviamente aquí no se trata de ajustarse a tales reglas ya que de hecho la redistribución automáticamente debe perjudicar a los grupos de ingresos más altos, pero es poco probable que se pretenda hacer más equitativa una situación diseñando proyectos que disminuyan la productividad y el ingreso de los usuarios adinerados situados río abajo.

El desplazamiento de personas que se produce cuando se construyen embalses plantea un problema de costos muy diferente, originado por la degradación de los ecosistemas. En zonas tropicales inexploradas tales como la del Guri o en regiones áridas como las inundadas por las presas de Poechos o Puntilla del Viento, prácticamente no hay que preocuparse de problemas de reasentamiento. Sin embargo, en algunas zonas húmedas y semihúmedas en que se construyen presas para prevenir las crecidas o para la generación de energía hidroeléctrica el problema del desplazamiento de la población adquiere proporciones importantes; por ejemplo, hubo 22 000 personas desplazadas como consecuencia de las 52 000 hectáreas inundadas por la presa Miguel Alemán en la cuenca del Papaloapán de México, 5 000 por la inundación de 150 000 hectáreas para el proyecto hidroeléctrico de Brokopondo en Surinam, y 20 000 a raíz de las 30 000 hectáreas inundadas para el embalse de Angostura en la parte superior de la cuenca del Grijalva. A primera vista podría parecer que el problema puede resolverse fácilmente pagando una indemnización adecuada. La experiencia indica que hay dos hechos principales. El primero de ellos es de naturaleza económica y ecológica y consiste en que los campesinos trasladan sus actividades agrícolas de las planicies inundadas que bordean el río a las tierras altas adyacentes. Esto ha ocurrido con muchas de las tres mil o cuatro mil familias desplazadas por la construcción de la presa de Angostura. Lo que aquí interesa es el peligro de pérdida

/de los

de los recursos madereros debido a la colonización espontánea así como las consecuencias que podrían tener las obras río abajo debido al aumento de la escorrentía y a la erosión (crecidas y sedimentación). El segundo es de índole social y consiste en la inquietud y la incertidumbre que sufren las familias que no están ni preparadas para comenzar de nuevo en un lugar que no conocen ni dispuestas a hacerlo. Más de 3 000 familias masatecas se encontraron en esta situación al iniciarse el llenado de la presa Miguel Alemán en 1954. La Comisión de Papaloapán se vio urgida a iniciar un programa de reasentamiento en gran escala que se prolongó por siete años y que fue penoso para todos los interesados.41/

En lo que toca a la equidad, los efectos distributivos emanados de la forma en que se administra el desarrollo son quizá el problema más importante. El proyecto de San Lorenzo se estableció expresamente como parte del programa de reforma agraria. Sin embargo, como la expropiación de las tierras y el asentamiento sólo tuvieron lugar siete años después de terminarse la desviación de Quiroz, los dueños de los predios más grandes obtuvieron grandes ganancias del mayor rendimiento y entretanto ampliaron el riego de sus terrenos. Como consecuencia de ello se produjo una considerable resistencia a la reforma agraria que entre 1964 y 1969 efectivamente hizo más lento el proceso de asentamiento por los campesinos sin tierras, privándolos a éstos de los efectos redistributivos. Las ventajas obtenidas por los beneficiarios previstos se redujeron aún más porque los encargados de administrar el proyecto no fueron capaces de proporcionar el crédito y la asistencia técnica necesarios para que los colonos pudieran explotar plenamente sus tierras y hacer frente a los problemas de salinidad y avenamiento a medida que se iban presentando.

Las consecuencias del proyecto La Chontalpa en materia de distribución fueron más sociales que económicas. Pese a que el proyecto sólo ha logrado alcanzar 60% de su meta de producción, el ingreso

---

41/ Véase J. Ballesteros y otros, La Colonización del Papaloapán, Editorial Imprenta Casas S.A., México D.F., 1970, pp. 31-127.

/de los

de los beneficiarios prácticamente se ha triplicado. El hecho fundamental es el costo social que significa cambiar de la administración individual de una empresa agrícola que explota 3 a 5 hectáreas a un sistema colectivo de ejidos, que utiliza un alto coeficiente de tecnología, se administra desde fuera y obliga a vivir en un centro urbano. Además, hay pruebas de que pese a las ventajas económicas, las nuevas modalidades de consumo se han traducido en un deterioro del estado nutricional de los niños.

Una de las características del análisis anterior es que las consecuencias distributivas del manejo del agua, que a menudo desvirtúan los objetivos de equidad son más que nada resultado de sucesos imprevistos.

e) Prevención de los riesgos

El análisis de los casos permite obtener útiles conocimientos acerca de la forma en que las instituciones encargadas del manejo del agua y de la construcción de estructuras de desvío y regulación del caudal han ponderado los riesgos y la incertidumbre que presentan sus objetivos. Mirando restrospectivamente puede llegarse a la conclusión de que en muchos casos las personas que elaboran los proyectos son demasiado optimistas respecto de la probabilidad de que se produzcan sucesos imprevistos que alteren el cumplimiento del proyecto y de producirse, de la capacidad técnica y administrativa de las autoridades del proyecto para aplicar medidas correctivas.

En el proyecto de Caño Mánamo los primeros estudios plantearon la complejidad de la administración de suelos sin haber investigado el proceso físico y químico de su eventual deterioro. Al parecer, se estimó que la incertidumbre respecto del comportamiento de este componente del sistema no era lo suficientemente importante como para justificar mayores investigaciones antes de construir la presa de desviación a través de la entrada de Caño Mánamo. Algo similar sucedió con la evaluación ex ante de la difícil relación entre los aspectos geológicos e hidrogeológicos y de las nuevas condiciones superficiales y naturales de avenamiento del proyecto del San Lorenzo. En La Chontalpa una serie de fenómenos sociales y de mercado no

/planificados dieron

planificados dieron lugar a modificaciones en el funcionamiento y ejecución del proyecto. Todo indica que cuando se elaboraron los proyectos no se tuvo expresamente en cuenta ninguno de estos elementos inciertos ni la necesidad de prevenir los riesgos. El tema de los riesgos y de la incertidumbre en su relación con los aspectos ambientales del manejo del agua aparece a través del análisis de los problemas ambientales planteado por la evaluación de las estrategias optativas, que se realiza a continuación.

4. Temas de interés al incorporar la dimensión ambiental en la formulación de estrategias optativas

El objetivo de la presente sección es analizar algunos de los principales temas que inciden en aspectos concretos de carácter ambiental y en los objetivos del manejo del agua antes analizados y que forman parte de la planificación, diseño y administración de sistemas hídricos en los cuales las estructuras de regulación son instrumentos de desarrollo decisivos. Como era de prever estos temas se relacionan estrechamente pero para exponerlos se dividen en cinco grandes grupos: límites del sistema, efectos en cadena, irreversibilidad, exclusión de opciones y posibilidad de regulación.

a) Límites del sistema

La especificación de los límites del sistema hídrico sujeto a planificación o explotación ofrece un punto de partida para abordar el problema de la gestión del medio ambiente. Los límites de un sistema pueden definirse desde el punto de vista espacial y funcional.

i) Límites físicos: Un sistema de administración de los recursos puede tener tres clases principales de límites espaciales: el límite biofísico o del ecosistema natural; los límites jurisdiccionales de las instituciones; y los límites del sistema socioeconómico. Los límites institucionales y del ecosistema que influyen en el manejo del agua en los cinco casos analizados se indican en los gráficos 3, 5, 6, 8 y 9.

La cuenca receptora establece los límites de las corrientes de agua, nutrientes y productos químicos y generalmente va unida a un intercambio reducido de elementos biológicos. Reviste importancia

/cuando se

cuando se consideran grandes estructuras de regulación del caudal cuyo funcionamiento se verá a la vez afectado por la gestión del curso superior y afectará el uso del agua río abajo. En el caso del embalse del Guri la disminución del almacenamiento debido a la sedimentación y la variación del régimen de caudales para producir energía se relacionan con la administración de la cuenca e influyan en la cubierta vegetal y en la escorrentía conexa, en la percolación y erosión. También se plantean probables consecuencias de largo plazo en el funcionamiento del proyecto de San Lorenzo y en todo el sistema Chira-Piura debido a que se ha acelerado la explotación de la vegetación de la cuenca a fin de obtener carbón de madera para las necesidades de combustible de la mayor población atraída hacia la zona por las oportunidades económicas a que han dado lugar el aumento y mejoramiento del riego. El proyecto La Chontalpa forma parte de la llanura Grijalva-Tonalá protegida de las crecidas por la presa de Netzahualcóyotl y de esta manera el almacenamiento y caudal de la cuenca superior son por definición decisivos para el proyecto. En los casos del valle del Aconcagua y del San Lorenzo la importancia del límite de la cuenca hidrográfica es aún mayor debido a vinculaciones de aguas abajo. En el Aconcagua, todos los usos económicos del agua salvo los relacionados con la generación de energía y la eliminación de desechos de la mina de cobre de La Andina, se presentan más abajo de la presa de Puntilla del Viento. (Véase el gráfico 7.) En el proyecto San Lorenzo, el manejo del agua y la colonización y agricultura conexas se han traducido en la creciente salinización de las zonas regadas del proyecto mismo y de las secciones media e inferior del valle del Piura.

Si bien en el caso de los proyectos del Guri, San Lorenzo, Aconcagua y La Chontalpa el límite de la cuenca hidrográfica parece ser el más adecuado, el de Caño Mánamo ilustra una situación en que puede delimitarse un ecosistema, el delta del Orinoco, que es más pequeño que una cuenca hidrográfica. Sin embargo, probablemente esto es excepcional y normalmente se avanza desde el ecosistema de la cuenca hidrográfica hacia sistemas formados por cuencas múltiples.

/En tres

En tres de los cinco casos analizados fue preciso transferir agua entre cuencas.42/ En el proyecto del Aconcagua se piensa llevar agua para riego a dos valles adyacentes y para abastecimiento urbano a un tercero. (Véase nuevamente el gráfico 7.) En los proyectos San Lorenzo y Chira-Piura, la cantidad de agua transferida desde la cuenca del Chira a la del Piura equivale casi al triple del volumen de descarga anual del Piura. En el proyecto de La Chontalpa sucede lo contrario: las estructuras de prevención de las crecidas han reducido la transferencia natural entre las cuencas del Grijalva y del Tonalá durante la temporada de crecidas.

Resulta axiomático que los límites institucionales son decisivos para el manejo de los recursos hídricos, ya que las entidades públicas y privadas están encargadas de establecer los objetivos de la gestión y de reglamentar las actividades sociales y económicas. Sin embargo, a menudo es difícil identificar tales límites, ya que la mayor parte de las actividades de regulación del agua son realizadas por un conjunto de instituciones jerárquicas que se traslapan y no siempre es fácil determinar cuáles son los límites más importantes en función de la eficacia y del poder de las instituciones y de su situación para adoptar las decisiones que influyen más decisivamente en los campos de interés ambiental.

En el proyecto San Lorenzo no se estableció una autoridad integrada de planificación o administración para la cuenca Chira-Piura, sino que se creó una autoridad semiautónoma para el proyecto dentro del Ministerio de Agricultura, radicándose la principal responsabilidad en la Dirección de Riego. Su jurisdicción se extiende sólo al emplazamiento del embalse San Lorenzo, el canal de desvío y la zona regada de 45 mil hectáreas.

42/ Dentro de todo el estudio en siete de los nueve casos hay transferencia de agua entre cuencas.

/El proyecto

El proyecto La Chontalpa constituye un ejemplo de sistema jerárquico de instituciones bien definido. (Véase nuevamente el gráfico 3.) La propiedad de la tierra y su explotación están organizadas en 22 ejidos y en la actualidad, la administración está entregada al Fideicomiso Plan Chontalpa, cuyo directorio está formado por representantes nombrados por la unión de ejidos, el gobierno estatal de Tabasco y la Comisión Grijalva. De 1961 a 1974 la planificación y desarrollo del proyecto era de la exclusiva responsabilidad de la Comisión del Grijalva, que coordinaba las actividades de varios otros organismos nacionales tales como la Secretaría de Agricultura y la Comisión Federal de Energía. En cambio, la gestión de los proyectos del Guri y de Caño Mánamo depende de una sola institución, la CVG, que tiene plenos poderes y responsabilidad respecto de la planificación, construcción y explotación.

El valle del Aconcagua es un modelo totalmente diferente en que la gestión está en manos de una serie de instituciones que interactúan sin gran cohesión y donde no siempre puede distinguirse claramente entre usuarios y administradores. Pese a que la Dirección General de Aguas está facultada para coordinar el uso y aprovechamiento del agua en la cuenca, de hecho no ejerce mayormente estas facultades. Así, dentro de la cuenca hay una serie de organismos públicos y privados que funcionan de manera relativamente independiente. Una empresa privada de electricidad y la empresa estatal del cobre (CODELCO), utilizan respectivamente la cuenca superior para generar energía y eliminar los desechos. La exploración de las aguas subterráneas se lleva a cabo por la Corporación de Fomento (CORFO). Las nuevas estructuras de riego, como la presa propuesta de Puntilla del Viento, se construyen y administran por la Dirección General de Riego que pertenece al Ministerio de Obras Públicas. La gran mayoría de las obras de riego del valle medio e inferior son de propiedad de cuatro asociaciones de usuarios, que las administran. Además, hay varias autoridades locales que utilizan el río para el abastecimiento doméstico y el transporte de desechos.

/ii) <u>Límites</u>

ii) Límites funcionales: No hay duda que dentro de los límites materiales, las funciones biológicas, sociales y económicas que pueden o no tenerse en cuenta para los fines de planificación y administración, son tan importantes como el aspecto espacial para especificar los límites de un sistema de manejo del agua. En la práctica, el grado en que se incorporen dichos aspectos dependerá del interés de las instituciones y de la capacidad técnica para manejar el comportamiento de los componentes sociales, políticos, económicos y biofísicos dentro de su esfera geográfica de responsabilidad.

Las relaciones entre las distintas clases de límites pueden ilustrarse por los proyectos del San Lorenzo y del Guri.

Proyecto San Lorenzo: El gráfico 5 señala los límites institucionales y del ecosistema más importantes. El gráfico 10 indica algunas de las conexiones entre los límites físicos del sistema y algunos de los componentes funcionales biofísicos y sociales.

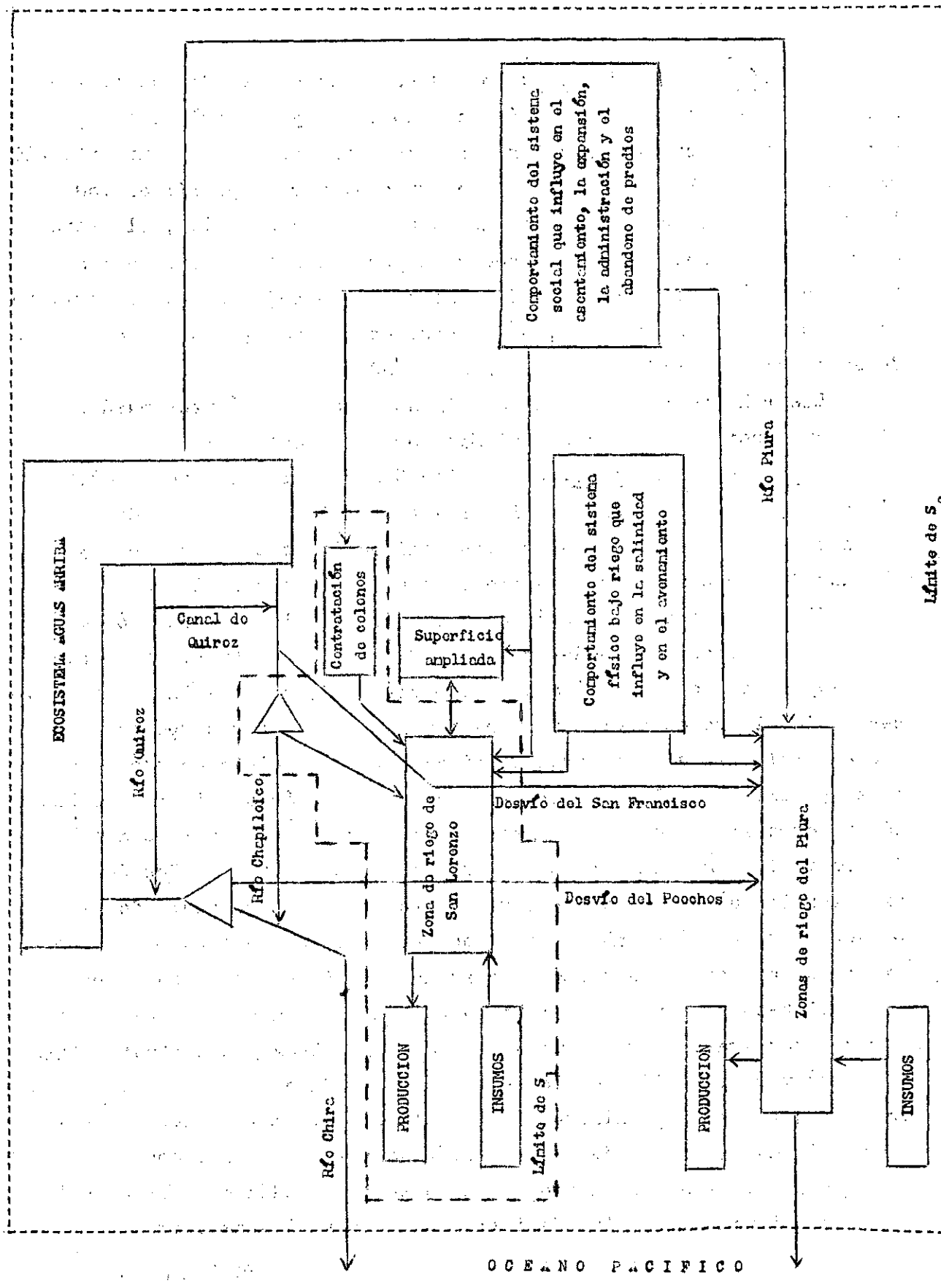
El proyecto se concibió más que nada como la construcción de obras hidráulicas para poder regar 20 000 hectáreas (posteriormente esta superficie se aumentó a 45 000 hectáreas), considerándose elementos necesarios la colonización y la reforma agraria. Los componentes del sistema tal cual se diseñaron originalmente se indican dentro de s_1 en el gráfico 10 y los componentes del sistema más amplio que se han ido incorporando progresivamente a medida que se han manifestado los diversos efectos ambientales, se indican en s_2. Quince años de experiencia sugieren ahora que si el proyecto hubiese abarcado s_2 en vez de s_1 podrían haberse evitado una serie de consecuencias que han resultado costosas tanto en términos económicos como sociales.

El hecho de que no se tuviera presente la naturaleza del sistema físico (topografía, subestratos salinos permeables y subestratos impermeables) y su relación con los cultivos y el manejo del agua de riego se tradujeron en la salinización y en la creciente disminución de la productividad agrícola de 4 000 hectáreas del proyecto mismo y en otras zonas regadas río abajo en las secciones media e inferior del valle del Piura. La falta de información sobre los aspectos

/Gráfico 10

Gráfico 10

DOS INTERPRETACIONES DE LOS LIMITES DE SISTEMA DE SAN LORENZO Y SUS INTERRELACIONES



/hidrológicos de

hidrológicos de los sistemas del Chipillico y del Piura, unida al aumento de demanda de agua como consecuencia de las modalidades de asentamiento y de los cultivos adoptados, se tradujeron en la disminución del caudal del Piura inferior. A raíz de la escasez de agua no se incorporaron a la producción 8 500 hectáreas dotadas de infraestructura de riego. Una inadecuada comprensión del comportamiento social (que influye en la administración del riego, en la explotación del ecosistema río arriba y en las decisiones de ampliar el asentamiento más allá de los límites del proyecto y finalmente en el abandono de los predios), contribuyó a que se produjera: el asentamiento incontrolado y el riego de 26 mil hectáreas no incluidas en el proyecto lo que agravó una situación en que el agua ya era insuficiente para regar la superficie prevista;43/ una administración agrícola que no se adaptó adecuadamente a la situación cambiante en materia de disponibilidad de agua, salinidad y anegamiento; exceso de corte de la vegetación y exceso de apacentamiento en el ecosistema del curso superior por los colonos atraídos a la región por el proyecto; y una elevada tasa de rotación de los colonos y eventual abandono de 4 000 hectáreas del proyecto que se había ampliado espontáneamente.

Pese a que habría sido difícil prever los distintos problemas que surgieron a raíz de esta serie de acontecimientos sucesivos, la experiencia permite preguntar hasta qué punto habría que tratar de ampliar los límites de un sistema al diseñar inicialmente un proyecto. Al mismo tiempo, persiste el problema de si incluso con amplios conocimientos previos se pueden manejar algunos de los componentes tales

---

43/ Ante la expectativa de que aumentara el agua disponible en el período de 20 años comprendido entre 1948 y 1967 aumentó espontáneamente el riego de 15 mil hectáreas en la zona directamente beneficiada por las obras de ingeniería (en torno a la periferia del San Lorenzo y en el Piura medio e inferior). El efecto indirecto fue la expansión de 11 mil hectáreas en el Piura superior debido a la expectativa de poder satisfacer la demanda sobre la base de la transferencia de agua entre cuencas.

/como la

como la ampliación espontánea del riego. En los casos en que haya probabilidades de que se produzcan situaciones difíciles de manejar habría que reevaluar el diseño del proyecto e incluso la conveniencia de llevarlo a cabo.

El proyecto del Guri: Este caso ilustra el mismo conjunto de eventos, pero en un marco totalmente distinto. A diferencia de los proyectos de San Lorenzo, La Chontalpa y Aconcagua en que el mayor uso del agua ha estado destinado principalmente a fines agrícolas y ha tenido lugar en zonas largamente habilitadas, el proyecto del Guri se inició únicamente para generar un gran volumen de energía hidroeléctrica en un ecosistema de bosques tropicales húmedos que estaba prácticamente deshabitado. Como lo indica el gráfico 6, los límites físicos e institucionales pueden definirse fácilmente. Sin embargo, el funcionamiento de los componentes dentro de estos límites sigue siendo una incógnita. La secuencia de acontecimientos en el desarrollo del sistema no se ha revelado lo suficiente como para proporcionar conocimientos sobre el comportamiento de estos componentes. El estudio del caso (véase el Anexo A) aborda las relaciones ecológicas entre la cubierta vegetal, la erosión y la sedimentación y el régimen de caudal de la cuenca receptora del embalse del Guri que pueden influir a largo plazo en la producción de energía eléctrica. Hay otras cuestiones relacionadas con la administración que también influyen a corto y largo plazo en la corriente de productos y servicios y forman parte de la especificación de los límites funcionales del sistema. Estas se relacionan con la conveniencia de permitir cambios importantes en la vegetación de la cuenca, la incertidumbre respecto de las posibles causas de los cambios y las probabilidades de que tales cambios se produzcan realmente, opciones de manejo menos destructivas y posibles efectos río abajo.

El análisis anterior ilustra la importancia de especificar cuidadosamente los límites y componentes del sistema para los efectos de la planificación y del manejo de los recursos hídricos, a fin de incorporar aspectos ambientales.

/b) Efectos

b) Efectos en cadena

La interacción entre los componentes funcionales del sistema, sujeta a las condiciones de límites antes analizadas, constituyen la base de los efectos en cadena que pueden influir de manera significativa en el resultado final de las medidas que se adopten para el aprovechamiento de los recursos hídricos y para incrementar el uso del agua. La búsqueda de este posible eslabonamiento se cuenta entre los elementos decisivos para evaluar los efectos ambientales. (Véase el Anexo A.) Desde el punto de vista conceptual resulta fácil establecer muchas de las vinculaciones directas. Por ejemplo, de las relaciones entre el almacenamiento y los caudales de extracción simulados se obtuvieron estimaciones confiables sobre la distribución de probabilidades en la regulación del curso inferior de estructuras tales como el Guri, Netzahualcóyotl, Puntilla del Viento y San Lorenzo. Sin embargo, la forma en que se producen algunas de las consecuencias del aumento o de la disminución del caudal es a menudo compleja y poco conocida y las predicciones relativas a los efectos son extremadamente inciertas.

La experiencia recogida de los proyectos La Chontalpa y Caño Mánamo ilustran las consecuencias de los cambios en el régimen de aguas en las propiedades físicas y químicas del suelo y en la flora y fauna de los ecosistemas del delta. En ambos casos, cuando bajó el nivel de la capa freática el suelo se endureció y resquebrajó, destruyéndose las raíces. En Caño Mánamo, además, al disminuir la humedad del suelo se produjo un leve hundimiento de éste, lo que permitió la formación de sulfatos ácidos y la consiguiente toxicidad por el contenido de aluminio, de tal manera que en algunas zonas se abandonó la explotación agrícola. Además, en algunas de las zonas de sabana húmeda, apropiadas para la ganadería, el descenso de la capa freática hizo proliferar los matorrales. La disminución del caudal en el caso del Aconcagua, debida al elevado consumo de agua de la agricultura de riego, y en Caño Mánamo, como consecuencia de la desviación, han producido la intrusión de aguas salobres. En Caño Mánamo, ésta se internó hasta una extensión de 50 kilómetros en una

/serie de

serie de brazos efluentes del delta y afectó a la agricultura que utilizaba agua extraída del río para riego en la temporada seca. En el Aconcagua, es posible que con el tiempo esta intrusión en el estuario afecte los acuíferos que se utilizan para el abastecimiento de agua potable. El bajo caudal que se registra en la desembocadura de los ríos, sea ocasionado por medidas de prevención de crecidas (La Chontalpa y Caño Mánamo) o por mayor consumo (Aconcagua) también puede influir en la producción de peces a través de modificaciones del nivel del agua, de los nutrientes del agua, de la flora y fauna acuáticas y de la salinidad, o a través de una menor dilución de los desechos industriales y urbanos. Esto último ocurre en el estuario del Aconcagua donde al parecer la dilución insuficiente de la descarga industrial en el estuario ha hecho mermar las pesquerías costeras en varios kilómetros al norte de la desembocadura del río.

En la cuenca Chira-Piura los efectos en cadena producidos por la modificación del régimen de caudal y el uso del agua se tradujeron en salinidad y anegamiento, tanto en el propio proyecto San Lorenzo como en las zonas regadas del Piura medio e inferior. Otro efecto importante que podría afectar al San Lorenzo es la aparición de plagas y enfermedades debido al riego de nuevos terrenos en zonas áridas y semiáridas relativamente aisladas. Se ha informado que en la región han aumentado los casos de paludismo, lo que tal vez pueda atribuirse al aumento de las zonas pantanosas debido al rebalse ocasionado por el mayor riego. Por otra parte, los microclimas especiales como el del San Lorenzo son propicios para monocultivos tales como el algodón o el arroz, cuya resistencia genética puede ser limitada y que puede llevar riesgos inherentes. Podría ponerse en movimiento una reacción en cadena mediante la cual se estimula el aumento de las plagas por la tendencia a fertilizar adecuadamente un monocultivo. A menudo, la reacción a todo esto es el uso masivo de pesticidas, que a su vez destruyen a los agentes naturales de control y producen resistencia a las enfermedades. En definitiva, pueden producirse pérdidas

/espectaculares en

espectaculares en las cosechas como ocurrió en el valle de Cañete en el Perú.44/ Algo similar podría ocurrir en el valle del Aconcagua donde la aparente estabilidad hidrológica que proporcionaría la presa de Puntilla del Viento podría estimular el monocultivo de la fruta, cuya resistencia al ataque de las pestes podría ser limitada.

El papel que desempeñan los distintos factores en este caso todavía no está muy claro.45/ A menudo, los efectos ecológicos en cadena antes señalados son mayores debido a la reacción individual o institucional a las nuevas condiciones físicas. En Caño Mánamo, los criadores de ganado de la zona de sabana húmeda protegida de las crecidas no estaban adecuadamente preparados a adaptar su administración a la nueva situación. El exceso de apacentamiento se tradujo en la pérdida de las especies forrajeras más apreciadas. Asimismo, la mayor sequedad permitó quemar las praderas naturales que al comienzo proporcionan forraje fresco para el ganado, pero más adelante, las quemas repetidas redujeron aún más las especies preferidas.

Otro efecto en cadena se ilustra por la sucesión de etapas del desarrollo de la cuenca del Caroní después de que se habilitó la zona con la construcción de la presa del Guri. El acceso a la presa por carretera y posteriormente por el embalse permitió explotar la madera de la cuenca superior por empresas que construyeron sus propios caminos. Más adelante avanzaron por estos caminos colonos y personas que se dedicaban a la habilitación de tierras que comenzaron a talar los bosques y quemarlos para la agricultura. Todo indica que las condiciones físicas de gran parte de la zona sólo pueden resistir siembras por un tiempo limitado después del cual no puede rebrotar el bosque. Las personas que proyectaron la presa, no tuvieron presente la posibilidad de que los hechos se dieran de esta manera y la escorrentía y el régimen de caudal se calcularon partiendo de la base de que la cuenca receptora seguiría siendo una zona de bosques.

44/ Véase R.S. Smith, "The New and the Old in Pest Control", Proceedings Accademia Nazionale dei Lincei, Nº 366, 1969, pp. 21-30

45/ Véase R.F. Smith, "The Impact of the Green Revolution on Plant Protection in Tropical and Sub-tropical Areas", Bulletin of American Entomological Society, Nº 18, 1972, pp.7-14.

/Las consecuencias

Las consecuencias económicas de un efecto en cadena quedan bien ilustradas con la experiencia de la presa de Brokopondo en Surinam. La presa se construyó a comienzos de los años sesenta y el embalse de 150 000 hectáreas se llenó en febrero de 1964. Casi de inmediato la superficie del embalse comenzó a cubrirse de jacintos acuáticos, que antes eran escasos en la región; en diciembre de 1964 había 5 000 hectáreas cubiertas, en junio de 1965, 17 900 hectáreas y en abril de 1966, 41 200 hectáreas. En esa época se dio comienzo a un programa de aplicación de herbicidas cuyo costo anual era de 250 000 dólares.46/ No hay estimaciones disponibles acerca de posibles efectos en cadena secundarios emanados del uso de los herbicidas, como ser modificación de los bancos de peces, aparición de otras especies de flora acuática o evapotranspiración.47/ En México ha ocurrido algo similar. En efecto, diez embalses han sido invadidos por jacinto acuático en 5 a 100% de su superficie; el caso más reciente es el del embalse de Angostura, de 30 000 hectáreas.48/

Finalmente existe el problema de los efectos en cadena positivos tales como el desarrollo de pesquerías y el turismo en los embalses o el aumento de productividad en los deltas o estuarios debido al incremento de la corriente de nutrientes que se produce como consecuencia de la erosión.49/ El proyecto San Lorenzo ilustra dos clases

---

46/ Véase P. Leentvaar, "Lake Brokopondo" en Man-made Lakes: Their Problems and Environmental Effects, W.C. Ackermann y otros (Eds.), Willaim Byrd Press, Richmond, 1973, pp. 186-196.

47/ Véase J.P. Milton "The Ecological Effects of Major Engineering Projects", en: The Use of Ecological Guidelines for Development of the American Humid Tropics, Publicaciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos (IUCN), nueva serie, Nº 31, Morges, 1975.

48/ "Plan Nacional Hidráulico 1975", Segunda Parte, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México D.F., 1976, pp. 179-186.

49/ El concepto de efectos ambientales positivos plantea un problema semántico. De un lado, los efectos positivos tales como las pesquerías o recreación pueden incorporarse como objetivos de una presa, conjuntamente con la energía hidroeléctrica o el riego. Del otro, si se adopta el punto de vista antropocéntrico no hay criterios con arreglo a los cuales evaluar los efectos positivos en el medio ambiente.

/diferentes de

diferentes de efectos de esta naturaleza. El primero es la complementación entre la agricultura de riego, en especial el forraje y los subproductos alimenticios que se obtienen del algodón y del arroz, y la ganadería de secano que permitiría utilizar las praderas de manera más eficiente. El segundo es la formación de técnicos y administradores de los recursos a que da lugar el proyecto. En la actualidad prácticamente todos los principales especialistas en riego y colonización del Perú adquirieron su experiencia en el proyecto entre 1954 y 1970.50/

c) Irreversibilidad

Al menos en los casos analizados es difícil probar efectos en cadena de carácter irreversible provenientes de la regulación del agua y del aprovechamiento de los recursos conexos. El análisis que se presenta a continuación se limita a los cambios irreversibles en las características físicas y biológicas del sistema.

Uno de los aspectos del problema es la pérdida deliberada de recursos potencialmente valiosos como consecuencia del proceso de desarrollo, por ejemplo el anegamiento de 425 mil hectáreas de bosques por el embalse del Guri, la destrucción de la vegetación xerofítica en 45 mil hectáreas en el proyecto San Lorenzo, la modificación de la vegetación en Caño Mánamo o la destrucción de 35.000 hectáreas de bosques tropicales vírgenes en el proyecto La Chontalpa. En este caso, la opción es obvia: destruir el recurso o no llevar a cabo el proyecto. Si existen razones para pensar que tales recursos son efectivamente irreemplazables y que constituyen un fondo genético de especies que podrían contribuir de manera sustancial al bienestar humano, a través de una innovación tecnológica futura, no hay duda que hay que reconsiderar la idea del proyecto. En los cuatro casos antes mencionados no parece haber razón para haber rechazado o modificado los proyectos basándose en estos argumentos.

50/ Véase A.O. Hirschman, Development Projects Observed, The Brookings Institution, Washington D.C., 1970, p. 60.

/Otro aspecto

Otro aspecto más fundamental de la irreversibilidad se refiere a la elasticidad del ecosistema, cuando puede estar en peligro la productividad del proyecto mismo. Hay indicaciones de que en algunas zonas del proyecto de Caño Mánamo el avenamiento ha oxidado y acidificado a tal punto los suelos que sería difícil rehabilitarlos para su uso agrícola. La cuenca receptora del Guri es otro ejemplo de posibles cambios irreversibles donde la experiencia indica que la destrucción de la cubierta forestal seguida de tres o cuatro años de cultivo de la tierra puede deteriorar el suelo de manera prácticamente definitiva y hacer imposible que resista cultivos, pastos o bosques.

Aparte de los cambios biológicos definitivos hay cambios físicos que por lo que costaría corregirlos pueden considerarse irreversibles. Por ejemplo, en el proyecto hidroeléctrico de Anchicaya en Colombia, terminado en 1955, se perdió 70% de los cinco millones de metros cúbicos de capacidad de almacenamiento del embalse en los primeros diez años de funcionamiento debido a la sedimentación. Se estima que en 1967 esta disminución de la capacidad había aumentado a 80%. La sedimentación acelerada se ha atribuido más que nada al asentamiento espontáneo que se produjo en la parte superior de la cuenca del Anchicaya después que se construyó la carretera Simón Bolívar que atraviesa la región. La propia carretera también contribuyó a la inestabilidad del suelo y a que se produjeran deslizamientos de tierra. En 1950 una crecida arrastró aproximadamente 200 000 m^3 de material hacia el embalse e inundó la central eléctrica.51/ Desde el punto de vista estrictamente de la ingeniería la pérdida de la capacidad reguladora del caudal y eventualmente de la capacidad generadora no son irreversibles. Como es natural, los sedimentos pueden extraerse

51/ Véase R. Allen, "The Anchicaya Hydroelectric Project in Colombia: Design and Sedimentation Problems", en: M.T. Farvar y J.P. Milton (Eds.), The Careless Technology: Ecology and International Development, Doubleday and Co., Natural History Press, Garden City, 1972.

/mediante bombas,

mediante bombas, pero se plantean problemas prácticos como cuánto costaría hacerlo en términos de dinero y energía, y qué consecuencias tendría ello eventualmente río abajo. Si se descarta el bombeo cabe preguntarse si el proyecto habría podido diseñarse y administrarse de tal manera de reducir los daños ocasionados al sistema biofísico con la consiguiente prolongación de la vida del proyecto y cuáles son los costos y beneficios marginales relacionados con sistemas de administración alternativos para lograr una distribución diferente de los beneficios a través de distintos períodos.

d) Exclusión de opciones

Como consecuencia de los efectos en cadena negativos y de la creación de situaciones irreversibles van descartándose progresivamente las opciones de manejo y el decisor tiene cada vez menos margen para actuar. La secuencia en que se desarrolló la cuenca del Chira-Piura permite conocer una de las formas de excluir opciones. Hasta 1954 el riego de la región se basaba en el aprovechamiento por simple desvío de los caudales naturales del río. La corriente del Piura (675 millones de m^3 al año como promedio) se utilizaba en su totalidad y en cambio el grueso del caudal del Chira (un promedio anual de 3 470 millones de m^3 al año) permanecía sin utilizar. En 1954, al terminarse el canal Quiroz-San Francisco que permitía desviar 600 millones de m^3 al año desde el Chira a la cuenca del Piura era obvio que había aún amplio margen para nuevos desvíos. El agua suministrada por este desvío resultó insuficiente para cumplir con los objetivos fijados, es decir, mejorar el riego en 31 000 hectáreas en el Piura medio y regar 20 000 hectáreas más. De acuerdo con esto, en 1957 se construyó una presa de regulación en el Chipillico, afluente del Chira, que aumentó la capacidad de desvío en 50 m^3 por segundo. Con arreglo a este programa, se aumentó de 20 000 hectáreas a 45 000 hectáreas (proyecto San Lorenzo) la superficie destinada a nuevo riego y en 1959 se completó el sistema de canales. El aumento espontáneo del riego, la salinización y el alto coeficiente de uso hicieron que el agua obtenida en la segunda etapa resultara insuficiente para satisfacer

/la demanda

la demanda y resolver el problema de la salinidad. Por lo tanto, se inició un tercer programa de regulación y desvío entre cuencas, que entrañaba construir una presa de regulación (Poechos, cuya capacidad de almacenamiento es de 1 000 millones de m^3) en el brazo principal del Chira, desviar 1 200 millones de m^3 a la cuenca del Piura, nuevo riego de 36 mil hectáreas, aumentar la capacidad del embalse de San Lorenzo de 254 a 312 millones de m^3, mejorar el avenamiento de 8 000 hectáreas en San Lorenzo y 30 000 hectáreas en Chira y aprovechar las aguas subterráneas de 35 000 hectáreas ya parcialmente regadas del Piura superior.

Estos ajustes sucesivos se han ido realizando a medida que se fueron presentando las variaciones en la demanda. De esta manera, los encargados de administrar el agua han podido reaccionar a una serie de sucesos incontrolables. Afortunadamente al comienzo pudieron hacer modificaciones escalonadas aumentando el desvío entre cuencas. Si no hubiesen tenido esta opción podrían haberse presentado graves problemas ambientales, económicos y sociales. En situaciones como estas, llega el momento en que si siguen produciéndose sucesos incontrolables que distorsionan la relación entre las proyecciones de la demanda y la realidad, la alternativa que queda sólo puede ponerse en práctica con grandes dificultades. Desde el punto de vista técnico, la transferencia de agua entre cuencas siempre es una opción.52/ En el proyecto San Lorenzo la etapa siguiente exigiría trasladar agua desde el río Huancabamba situado en la cuenca del Amazonas. El ejercicio de esta opción puede verse limitado por consideraciones económicas y financieras. Aparte de la viabilidad económica y financiera hay que tener presente la escala y la indivisibilidad de un proyecto tan ambicioso.

El proyecto del Aconcagua indica otras dos maneras en que se pueden excluir opciones o, al menos reducir sustancialmente la flexibilidad. El primero es la tendencia que se nota en el valle

---

52/ El California Water Plan entraña trasladar el agua desde el río Columbia hasta la cuenca del Los Angeles, que distan entre sí más de 1 500 kilómetros.

/a reemplazar

a reemplazar el sistema actual de cultivos múltiples, en que hay una proporción relativamente alta de cultivos anuales - y que fue ideado para hacer frente a las incertidumbres del suministro de agua - por el cultivo de frutas, que es permanente. Tal tendencia se aceleraría por razones económicas, debido a que la regulación que permitiría el embalse de Puntilla del Viento disminuiría el peligro de que se produzca escasez de agua. Aparte del problema de la flexibilidad, ya analizado, el uso en gran escala de cultivos permanentes reduce la posibilidad de reaccionar a la incertidumbre. Asimismo, es posible que las opciones disponibles disminuyan si se resuelve trasladar grandes volúmenes de agua a las cuencas del Maipo, Valparaíso y La Ligua, que probablemente afianzarán ciertas modalidades de desarrollo de estos valles adyacentes, sobre la base de la entrega de agua desde fuera de la cuenca. Pese a que ello no es en sí necesariamente perjudicial, reduciría la capacidad de todo el sistema de hacer frente a la incertidumbre de la oferta y demanda futuras de agua en la cuenca.

Lo anterior plantea el problema de los efectos de escala del aprovechamiento de los recursos hídricos. Cuando no hay mucho que descontar por concepto de riesgos e incertidumbres, el análisis de los proyectos a menudo revela la existencia de economías de escala. Sin embargo, cuando hay incertidumbre respecto del comportamiento del sistema natural alterado y de la reacción del sistema social a los cambios, es posible que los grandes proyectos vayan acompañados de grandes deseconomías en lo que toca a los efectos ambientales. Esto indica la conveniencia de realizar el desarrollo por etapas, como se hizo en los casos de Caño Mánamo o en proyectos experimentales como el de La Chontalpa.

El proyecto de Caño Mánamo es otro ejemplo de exclusión de opciones. La presa de desvío ha aumentado aproximadamente en 10% el caudal en el resto del delta del Orinoco y los niveles hidrológicos promedio han aumentado algunos centímetros, lo suficiente para cambiar la composición de la vegetación en algunas zonas y ahogar algunas

/especies forestales,

especies forestales, la más importante de las cuales desde el punto de vista comercial es la ceiba (Ceiba pentandra). Esta secuencia sólo se conoció después que la presa de desvío había estado en funcionamiento dos o tres años. Corregir esta situación construyendo nuevos diques habría sido extraordinariamente complejo y costoso y lo más probable es que se habrían desencadenado otros efectos negativos. De esta manera, resulta que todas las opciones para hacer frente a esta pérdida parecen cerradas. Lo fundamental es determinar si, en el proceso de aumentar el uso del agua, se pueden mantener abiertas algunas opciones para estar en condiciones de tomar medidas preventivas en vez de tener que hacer costosas modificaciones correctivas para solucionar fenómenos imprevistos.

e) Posibilidad de control

Si hubiera muchas dudas respecto a la forma en que se comportarán los sistemas natural, social e institucional debido a la modificación de un sistema acuático, se plantea el problema de determinar el grado de control que es a la vez conveniente y factible para reducir tal incertidumbre. Por lo general, basta conocer la regulación física del caudal para poder diseñar estructuras que tengan en cuenta la mayor parte de las dudas. Es fácil contemplar un exceso de capacidad como medida de seguridad; así, en el proyecto del Guri el embalse se proyectó con una capacidad dinámica de almacenamiento equivalente a una y media veces el caudal anual promedio del río Caroní, con lo que se garantizó ampliamente la disponibilidad de agua para producir energía. No obstante, la regulación de los efectos en cadena es más débil, pese a que la diferencia es sólo de grado. En lo que toca a la regulación del caudal, pueden obtenerse estimaciones satisfactorias acerca de los aspectos hidrológicos, el diseño de ingeniería es de buena calidad y la mayoría de los organismos son plenamente capaces de construir y poner en funcionamiento estructuras de desvío y embalse. Sin embargo, en materia de colonización, silvicultura, pesquerías o del desarrollo agrícola relacionado con la regulación del caudal, que entrañan el funcionamiento de sistemas naturales,

/sociales e

sociales e institucionales relativos al uso del agua, los conocimientos son escasos y la complejidad de los problemas a menudo supera la capacidad técnica y administrativa de los organismos ejecutores.

Es evidente que sin conocer previamente el funcionamiento del ecosistema bajo un régimen de aguas modificado, no pueden adoptarse medidas de control. De esta manera, dado lo que se sabía sobre los suelos de Caño Mánamo o sobre las características hidrogeológicas de San Lorenzo antes de la ejecución del proyecto no podían haberse adoptado medidas para impedir que se formaran sulfatos ácidos o salinidad, respectivamente. La mayoría de los efectos ecológicos en cadena analizados en la sección anterior no habrían podido prevenirse por falta de conocimientos.

Incluso cuando se conocen previamente las relaciones funcionales del ecosistema, es posible que no puedan imponerse controles debido a lagunas de conocimiento y a la incapacidad de manejar los sistemas sociales e institucionales. Esto se revela mejor en los casos en que la experiencia indica que hay que tomar medidas correctivas que son difíciles de aplicar. Por ejemplo, en el proyecto San Lorenzo una vez que se manifestó la salinidad el tratamiento era obvio, lavar los suelos con grandes volúmenes de agua y cultivar arroz paddy cada tres años para asegurar una adecuada dilución de las sales. El obstáculo era el excesivo tamaño de la zona de riego y, por lo tanto, el hecho de que no pudiera disponerse de suficiente agua a menos que se impusieran severos controles al uso y se disminuyera el riego en las zonas no afectadas por la salinización. Los experimentos realizados en Caño Mánamo indicaron que regulando cuidadosamente el nivel freático se podía impedir la formación de suelos ácidos sulfatados. Sin embargo, el complejo sistema de manejo requerido demostró ser extremadamente difícil de imponer a los colonos de la región.

Aparte de la reacción directa del sistema natural a la alteración del régimen de aguas, hay cuestiones relacionadas con los controles que pueden aplicarse a los componentes sociales e institucionales. Al respecto, el proyecto San Lorenzo ofrece algunas lecciones importantes. La tardanza en llevar a cabo la reforma agraria y la

/colonización se

colonización se tradujo en el aumento espontáneo incontrolado del riego en todos los sectores de la cuenca del Piura, para aprovechar el agua adicional disponible, y también en la periferia del propio proyecto. El proceso se facilitó enormemente por las características topográficas; las tierras llanas y la buena calidad de los suelos permitieron que personas o grupos aumentaran el riego sin la organización y el capital necesarios para efectuar grandes movimientos de tierras. La autoridad del proyecto fue, pues, superada por los acontecimientos y la única solución era traer más agua. Otro elemento de control dependiente de la estructura institucional fueron las dificultades con que tropezó la administración para proporcionar créditos adecuados, asistencia técnica y servicios de comercialización para apoyar el programa agrícola.

Es posible que en el proyecto La Chontalpa los efectos en cadena en el sistema natural al comienzo no se comprendieran tan bien como en el proyecto San Lorenzo; no obstante, el control ejercido sobre los sistemas sociales e institucionales es marcadamente diferente. En efecto, se ejerció un control absoluto sobre cuestiones tales como la reubicación de los colonos originales de la zona del proyecto; la reestructuración de los ejidos con arreglo a pautas colectivas; la creación de ejidos nuevos; la reasignación de los ejidatarios y el asentamiento de cada ejido en un centro urbano; la tala de bosques; la superficie asignada a praderas, especies perennes y cultivos anuales; el manejo de las actividades agrícolas y forestales y la venta del producto; y el funcionamiento y mantención de los sistemas de avenamiento y de riego. De esta manera, se eliminó gran parte de la incertidumbre característica de la experiencia del proyecto San Lorenzo, esto es, acerca del comportammento de los nuevos colonos y de los que ya estaban asentados en la zona y el desempeño de las instituciones que proporcionaban los insumos y servicios.

Otro aspecto del control, ilustrado por la experiencia del proyecto La Chontalpa, es la forma relativamente eficiente con que la Comisión Grijalva coordinó el papel de los demás organismos

/durante la

durante la etapa de desarrollo, lo que permitió superar los vacíos institucionales que afectaron a otros proyectos. El hecho de que en la Chontalpa se haya desintegrado la coordinación cuando la Comisión Grijalva se retiró de la administración del proyecto en 1974, al completarse una etapa de desarrollo que duró ocho años, pone aún más de relieve las dificultades que plantea el control.

Los controles del uso del agua establecidos por la CVG para proteger la cuenca del Caroní constituyen un caso especial de institución dotada de facultades reguladoras extraordinarias. El proyecto del Aconcagua es otro modelo de manejo del agua en que el control es difuso. Una serie de instituciones controla distintos componentes del sistema. (Véase nuevamente el gráfico 8.) La construcción de la presa de Puntilla del Viento se concibe como un medio a través del cual se podría unificar el manejo y control del sistema, ya que lo más probable es que la regulación del caudal para los principales usuarios del agua fusione a los distintos grupos de intereses.

Podría sostenerse que los patrones de comportamiento social e institucional antes descritos de los proyectos San Lorenzo y La Chontalpa son previsibles y por lo tanto no tienen por qué constituir un elemento de incertidumbre. En este caso los aspectos críticos son la incorporación expresa de estos patrones de comportamiento en el proceso de toma de decisiones y la creación de la capacidad institucional para adoptar las medidas de control necesarias. Es evidente que si no se imponen tales controles, la incertidumbre sobre la protección ambiental o el cumplimiento económico será mayor. En lo que toca al control del sistema social hay que sopesar esta menor incertidumbre y costos sociales tales como la coacción que se ejerce en el reasentamiento y los efectos secundarios inesperados tales como el descenso de los niveles de nutrición de los residentes de La Chontalpa.

5. La reacción de la administración ante las cuestiones ambientales

El tema principal del análisis anterior es la necesidad de mejorar la información y examinar mejor tal información en la planificación y diseño del proyecto a fin de hacer frente a la incertidumbre en el manejo de los recursos hídricos. Los aspectos ambientales son la fuente fundamental de esta incertidumbre, puesto que los sucesos no planificados e incontrolados surgidos de componentes ajenos a los sistemas concebidos originalmente, han desorganizado la realización de los proyectos. Además del diseño del proyecto cabe preguntarse cómo habría que organizar la administración a fin de que se proceda de manera flexible en relación con la dinámica de los efectos en cadena y establecer mecanismos de control.

a) El criterio sistemático para abordar la planificación y diseño de los proyectos

Los aspectos metodológicos de la evaluación de las dimensiones ambientales del nexo desarrollo-manejo del agua se examinan en el Anexo C. Aquí el objetivo fundamental es analizar hasta qué punto se han aplicado o pueden aplicarse los principios teóricos a los casos examinados.

i) Información. Una de las principales conclusiones que pueden deducirse del estudio de los casos es que las estructuras de regulación del agua y obras afines se diseñaron sin contar con información suficiente o sin utilizar la información disponible respecto de variables que, según lo demostrado por la experiencia, son altamente pertinentes. Realizar investigaciones y estudios exhaustivos de la flora, la fauna, la hidrología, los suelos, la geología y toda la gama de aspectos socioeconómicos y legales resulta costoso, consume tiempo y exige contar con especialistas idóneos que en la mayoría de los países latinoamericanos son escasos. El imperativo político-social del desarrollo económico acelerado debe conciliarse con el mantenimiento a largo plazo de la capacidad productiva del sistema natural. Confrontados a este dilema, la mayoría de los países opta por actuar de inmediato en la esperanza de que se concebirán acciones

/correctivas antes

correctivas antes de tener que descartar todas las opciones. Esta situación es evidente en los proyectos La Chontalpa, San Lorenzo y Caño Mánamo. En algunos casos se le agrega a los proyectos de desarrollo la denominación de "piloto" con lo que quiere decirse que serán experimentales y que sus resultados se aplicarán eventualmente al desarrollo de zonas mucho más grandes. El proyecto de La Chontalpa se inició originalmente como un esfuerzo experimental, una de siete unidades del desarrollo en etapas de la planicie aluvial Usumacinta-Grijalva. El proyecto Isla Guara (23 000 hectáreas) también se estableció como empresa experimental, en un programa de habilitación de tierras que abarcaba 400 000 hectáreas en el delta del Orinoco. Desde sus comienzos ambos proyectos se vincularon con amplios programas de investigación y capacitación agrícolas.

No es fácil responder a preguntas tales como la cantidad de información que hay que reunir antes de resolver si se construirá o no un proyecto; si la incertidumbre aconseja su postergación, renunciando a los beneficios que se esperan de las primeras etapas de desarrollo, mientras se reúne más información; o si es conveniente emprender proyectos experimentales y, en caso afirmativo, cuál debería ser su escala.

ii) Aspectos interdisciplinarios. Dado lo que se expresa en la Sección D, parecería que en muchos casos habría que considerar mayor variedad de elementos para adoptar las decisiones. Esto plantea la importancia de contar con enfoques interdisciplinarios para abordar los procesos de planificación, diseño del proyecto y vigilancia de éste, que podrían ofrecer pautas a los administradores de los recursos naturales. La experiencia indica que las decisiones sobre la regulación del agua han estado en gran parte dominadas por consideraciones económicas y de ingeniería. Probablemente hay consenso acerca de las demás disciplinas que deben participar en mayor grado tales como la ecología, la geología, la antropología, la agronomía, el derecho, la planificación regional, la administración pública, la sociología y las ciencias políticas. Sin embargo, no hay grandes

/indicaciones de

indicaciones de que estas disciplinas hayan desempeñado un papel importante en el diseño, vigilancia o manejo del proyecto. En Caño Mánamo parece que los especialistas en suelos recibieron informaciones insuficientes para examinar la situación en relación con los sulfatos ácidos o bien se estimó que lo que tal información indicaba carecía de importancia para la decisión definitiva sobre el diseño del proyecto. En La Chontalpa, parece que no se les solicitó a los antropólogos que analizaran los intereses y motivaciones de las 4 800 familias que residían en la zona del proyecto antes de su desarrollo, o que se pasaron por alto sus recomendaciones.

Esto no es necesariamente una crítica a los encargados de tomar las decisiones de los proyectos. Es muy posible que existiera un gran número de informes sobre aspectos ecológicos, flora y fauna, aspectos sociológicos, administración agrícola, etc., no así criterios para evaluar las recomendaciones dentro de un marco uniforme. Si no existe tal marco es fácil que los distintos especialistas adopten un criterio estrecho que no es de gran utilidad para los decisores. Por ejemplo, un estudio detallado sobre la flora y la fauna del ecosistema de La Chontalpa sería de escaso valor a menos que pudiera integrarse a la evaluación de los efectos y de los cambios, en términos económicos, sociales y ambientales, de la aplicación de estrategias de desarrollo optativas.

iii) Construcción de modelos. En ninguno de los cinco casos aquí examinados se aplicaron al análisis de los efectos ambientales, la simulación de ecosistemas, o los modelos de manejo como los descritos en el Anexo C. En los proyectos Guri, la Chontalpa y Caño Mánamo se utilizaron modelos de simulación hidrológica para estimar la distribución del caudal. En los estudios de casos se aplicó una matriz de Leopold a Caño Mánamo y se elaboró un modelo limitado de simulación de ecosistemas para la cuenca del ambalse del Guri. En todos estos casos se calcularon las relaciones costo-beneficio y todas ellas se encontraban dentro del margen aceptable de lo que se consideraba proyectos económicamente viables.

/Si bien

Si bien de manera algo arbitraria los modelos pueden clasificarse en dos clases: modelos descriptivos, que procuran explicar el comportamiento de un sistema, sus componentes individuales o las interrelaciones entre componentes y pueden utilizarse para predecir las consecuencias de introducir una actividad disociadora o de la intervención del sector público destinada a mantener un nivel predeterminado de calidad ambiental; y modelos de manejo, que son modelos de optimación usualmente basados en criterios económicos.53/ La especificación de un modelo de decisión de esta naturaleza exige traducir objetivos de manejo múltiples en una función matemática objetiva y en un conjunto de restricciones. Los modelos de manejo son normativos en el sentido de que la función objetiva se establece de manera exógena y porque utilizan técnicas de programación que producen una solución óptima de valor único sujeta a las restricciones impuestas. En cambio, los modelos descriptivos son predictivos porque no hay una función objetiva y emplean técnicas de simulación para producir resultados sobre la base de antecedentes que pueden incorporar aplicaciones optativas de instrumentos de política. Estas dos clases de modelos pueden combinarse de diversas maneras; por ejemplo, los modelos descriptivos pueden utilizarse para calificar las limitaciones utilizadas en un modelo de manejo; o bien, pueden utilizarse los modelos en forma concatenada en que el producto de uno es el insumo de otro.

La experiencia recogida de los casos analizados indica que cuando se trata de cuestiones ambientales hay que especificar cuidadosamente la aplicación del análisis de costo-beneficios. Por ejemplo, en todos los casos salvo el proyecto Aconcagua, había que modificar de manera relativamente sustancial la vegetación. Si hay que adoptar una decisión acerca de la preservación de especies irreemplazables,

---

53/ Para una aplicación de criterios relacionados con la energía véase G.A. Antonini, ex al, Population and Energy: A Systems Analysis of Resource Utilization in the Dominican Republic, University of Florida Press, Gainsville, 1975.

/las corrientes

las corrientes monetarias descontadas ordinarias sólo pueden ayudar a evaluar el valor actual de una corriente de ingresos netos a los que habría que renunciar para conservar la especie. En el proyecto Guri, el valor neto actual de las corrientes monetarias puede evaluarse a distintas tasas de descuento relacionadas con las estrategias optativas para el manejo de la cuenca del Caroní, así como de acuerdo con el costo o ingreso a que se renuncia al adoptar medidas de conservación gradualmente más severas. En este caso el objetivo es maximizar los beneficios netos (beneficios mensurables menos costos mensurables), o la contribución al producto interno bruto, sujeta a una serie de restricciones impuestas debido a la incapacidad de expresar los efectos ambientales en términos monetarios.54/ Las restricciones ambientales podrían aplicarse al ecosistema natural, al sistema socioeconómico y al sistema sociocultural. En el caso del ecosistema, las restricciones se impondrían fundamentalmente debido al riesgo de tener que excluir futuras opciones de desarrollo determinadas por la incertidumbre acerca de las consecuencias irreversibles que podría tener un determinado curso de acción y la magnitud de los efectos que se suponen irreversibles.55/ Las restricciones impuestas por el sistema socioeconómico podrían incluir la distribución del ingreso, la nutrición, la salud, la recreación y la distribución espacial de la población o de la actividad económica. Las limitaciones socioculturales podrían incluir la estética, la seguridad personal, el grado de opción individual o la estabilidad cultural.

54/ En términos matemáticos estas relaciones se expresan de la siguiente manera: max $\sum_{i=1}^{m} Xi=Z$ sujetas a las limitaciones ambientales $A_{ij} \geqslant \alpha, \ldots n$

55/ Véase A.C. Fisher y J.V. Krutilla, "Valueing Long-run Ecological Consequences and Irreversabilities", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 1, 1974, pp. 96-108.

/El hecho

El hecho de que en los casos analizados no se hayan incorporado efectivamente diversas disciplinas necesarias en el diseño o vigilancia del proyecto hace presumir la necesidad de utilizar un criterio diferente. Tal vez sea innecesario o incluso engañoso elaborar modelos grandes de sistemas naturales, económicos, sociales e institucionales complejos. Sin embargo, para realizar un análisis a largo plazo, interdisciplinario e integral de los objetivos, costo, eficacia y riesgo e incertidumbre relacionados con estrategias de manejo del agua optativas parece que no queda otra alternativa que aplicar las técnicas de los modelos matemáticos, cuando necesariamente hay que establecer comunicación entre las disciplinas.

b) Normas relativas al medio ambiente

Como no hay ningún mecanismo fácilmente disponible para determinar un nivel óptimo de calidad ambiental, la fijación de objetivos en este campo se convierte más que nada en un ejercicio arbitrario e intuitivo para los que administran el agua. Lo difícil es determinar qué restricciones ambientales habría que imponer en un proceso de optimación. A diferencia de la calidad del agua, las normas que se aplican al medio ambiente afectado por el desvío y regulación del agua no pueden cuantificarse fácilmente e incluso si ello se hiciera, la vigilancia y el control presentarían enormes dificultades. En muchos países hay leyes que regulan la conservación y agotamiento de los recursos naturales, pero probablemente pasará algún tiempo antes de que tales leyes hayan sido lo suficientemente probadas como para ofrecer al encargado de administrar el agua un manual de normas que pueda aplicar habitualmente al diseño de proyectos y al funcionamiento de los sistemas de aguas. Entretanto, las medidas de conservación que entrañan la ordenación del uso de la tierra y limitaciones al uso del agua deben adoptarse caso por caso.

La norma más sencilla de fijar y hacer cumplir es la conservación total. Este ha sido el sistema adoptado por la CVG para proteger la cuenca receptora del Caroní. La experiencia adquirida en otras zonas de bosques tropicales de América Latina indica que es prácticamente imposible reglamentar la destrucción de los bosques

/y la

y la degradación del suelo a través de métodos de colonización de tierras para fines agrícolas o ganaderos. Incluso en las zonas templadas tales como las tierras altas y las altiplanicies de México, América Central y los Andes, de Venezuela a Bolivia, que son de fácil acceso y tienen una larga trayectoria de asentamiento, no se ha avanzado mucho en la aplicación de medidas de control de la erosión.

La conservación total rara vez satisfará los requisitos del desarrollo; incluso en el caso de la presa del Guri, 425 000 hectáreas de bosques serán reemplazadas por un lago. Cuando se produce pérdida de bosques, como ha ocurrido en La Chontalpa y el Guri, podría sostenerse que como norma mínima de uso racional de los recursos, debería extraerse a lo menos la madera aserrable. En la práctica estas medidas no pueden imponerse por las limitaciones del mercado y la indivisibilidad del proyecto. Debido a las economías de escala, y en el proyecto del Guri también debido a la demanda de energía para el desarrollo, la construcción de presas y de grandes proyectos de avenamiento no puede escalonarse en períodos de 20 a 30 años, que permitirían la extracción comercial de la madera. Incluso en este caso se plantearía el problema de si los productos de madera podrían competir con los de otras fuentes de oferta ubicadas más favorablemente. Como en estos dos casos la utilización o no utilización de la madera no plantea problemas relacionados con la productividad del ecosistema a largo plazo, puede adoptarse una decisión sobre la base del valor actual neto de las opciones. No hay duda de que en ambos casos las economías de escala inclinarían abrumadoramente al desarrollo acelerado, sea que la madera se extraiga antes o en forma simultánea.

Por otra parte, se estima que como a consecuencias del proyecto San Lorenzo la población de la región aumentó de 2 000 a aproximadamente 40 000 personas. La demanda de combustible de la nueva población ha impuesto considerables exigencias a los recursos de la cuenca Chira-Piura. En 1973 la extracción regulada de leña y carbón de leña llegó a 7 000 m^3 y 550 toneladas respectivamente, en tanto que se estima que la extracción adicional no controlada de estos productos

/llegó a

llegó a 50 000 m^3 y 600 toneladas. Tasas tan altas de extracción impiden lograr el rendimiento sostenido que obtenía la población original. Por otra parte, el permanente agotamiento de la vegetación en las zonas más accesibles y el hecho de que desaparecieran las fuentes de suministro de pastos de las nuevas zonas regadas han obligado a los criadores de cabras de la zona a trasladar los campos de pastoreo a la cuenca superior. Esta es una región de pendientes más pronunciadas y más lluviosa que la pradera anterior y por lo tanto más susceptible de erosión, lo que podría acelerar la sedimentación perjudicando las presas de almacenamiento y los canales de riego.

En un caso como el anterior la norma ambiental puede establecer niveles máximos de extracción de madera y fijar tasas máximas de apacentamiento en la región. Aquí, la alternativa compatible con el desarrollo sería la conservación total. En ambos casos, las autoridades tendrían que ocuparse de proporcionar una fuente alternativa de combustible para la región, de reubicar a los criadores de cabras y de establecer mecanismos de vigilancia y control.

Podrían haberse aplicado también normas relativas al daño ambiental en el caso de las ceibas que quedarán ahogadas como efecto de las obras de desvío de Caño Mánamo. Se estimó que el grado de destrucción de estos árboles era aceptable; sin embargo, si antes de actuar se hubieran tenido suficientes conocimientos sobre el sistema, se habría podido tener presente el valor actual neto de la pérdida para fines del análisis de costos y beneficios, o bien fijar un punto máximo de destrucción de las ceibas como limitación del diseño del proyecto.

Las normas ambientales más obvias que podrían fijarse en el valle del Aconcagua se relacionan con eficiencia del uso del agua de riego y tal vez con la regulación del apacentamiento y el restablecimiento de la vegetación en la parte superior de la cuenca. Se estima que en la actualidad la eficiencia del riego fluctúa entre 35 y 45%; existe la impresión de que podría llegarse a un 70% si se hicieran inversiones para mejorar el sistema de distribución, en instalaciones

/de almacenamiento

de almacenamiento en la granja, nivelación de tierras y para establecer una regulación más cuidadosa de la aplicación del agua. Como es natural, si se duplica la eficiencia del riego mejorará la flexibilidad de las autoridades de administración para hacer frente a los conflictos y a la competencia que inevitablemente han de surgir a medida que el desarrollo aumente las múltiples exigencias impuestas al agua. Es posible que para hacer cumplir estas normas de eficiencia haya que recurrir a medidas tales como aplicar tarifas progresivas al agua, o gravar su uso.

No tiene mucho objeto establecer normas ambientales si no hay forma de hacerlas cumplir. En realidad la posibilidad de cumplimiento debería ser el criterio de las propias normas. En los ejemplos anteriores no se ha prestado mucha atención al problema de la vigilancia y aplicación efectiva de las normas de conservación. Al parecer, por simples razones económicas, habría que prestar cierta atención a este aspecto. Como el uso de los recursos no es susceptible de vigilancia o regulación, tal vez haya que diseñar los proyectos contemplando un margen para un uso excesivo del agua en el valle del Aconcagua, por ejemplo, o bien limitar las actividades, como el caso de la cuenca del Caroní en que se prohibió el aserramiento selectivo, que no ocasionó daños importantes al ecosistema, como único medio de cerrar el acceso a la zona a los habilitadores de tierras y a los colonos.

c) Técnicas optativas

En los cinco casos analizados se han aplicado medidas correctivas de una u otra clase y quizá no sea arriesgado generalizar que ello es la regla más bien que la excepción. En algunos casos podría parecer que las medidas correctivas se adoptan casi con demasiado apresuramiento. Las instituciones que administran los recursos hídricos se muestran naturalmente renuentes a reconocer sus errores y se inclinan de manera igualmente natural a realizar obras. De esta manera, si un proyecto tropieza con dificultades debido a factores ambientales es poco probable que las medidas correctivas sean muy resistidas; resulta

/relativamente sencillo

relativamente sencillo justificar económicamente gastos marginales en obras adicionales si se considera que la inversión inicial es un "costo inmovilizado". Si el concepto y el diseño originales eran erróneos se plantea un problema, en cuyo caso las medidas de mejoramiento tenderán a desorganizar todavía más el sistema.

Las medidas preventivas que indican los casos estudiados y que, de incorporarse a proyectos futuros podrían disminuir la necesidad de medidas correctivas y permitir combinar una mayor viabilidad económica con normas de calidad ambiental aceptables a largo plazo, se dividen en dos grupos - los principios técnicos "fijos" y la tecnología adaptable.

i) Los principios técnicos "fijos". Básicamente, los principios económicos "fijos" son característicos de las medidas correctivas y la única diferencia sería que se incorporarían al diseño del proyecto desde el comienzo y, por lo tanto, seguramente prevendrían los efectos ambientales. En una situación análoga a la del proyecto de San Lorenzo habría que imponer un control más severo al uso de la tierra y del agua y a la tenencia de la tierra para garantizar el suministro de agua adecuado y permitir la rotación de los cultivos incluida la siembra de arroz cada tres años en las zonas en las que de antemano se sabe que podría haber problemas de salinización. El sistema de avenamiento formaría parte del proyecto inicial, igual que un programa para proteger la cuenca e integrar el ganado que apacienta estacionalmente en las praderas, al sistema de producción de la zona regada. En Caño Mánamo se ha aprendido muchísimo en los últimos ocho años sobre cómo deben administrarse los suelos que contienen sulfatos ácidos cuando están protegidos por sistemas de avenamiento y de prevención de crecidas. Una vez más la clave es aplicar tecnologías muy perfeccionadas y ejercer un control severo. Hay que tomar medidas para lavar los suelos en la temporada húmeda y administrar cuidadosamente el nivel freático combinando el avenamiento y el riego, para que aquél permanezca justo sobre el estrato de suelos sulfatados y de está manera evite la oxidación. Cuando estos estratos están demasiado próximos a la

/superficie el

superficie el ácido sulfúrico puede neutralizarse con profusas aplicaciones de cal. Esta delicada operación de manejo se facilita utilizando polders de aproximadamente 1 000 hectáreas cada uno. Los cultivos deberían elegirse de acuerdo con su tolerancia a la acidez y a la toxicidad ocasionada por el aluminio. Tanto el desarrollo como el manejo del sistema son complejos y costosos.

ii) Tecnología adaptable. Aquí, en vez de concentrarse en evaluar el efecto ambiental la planificación y diseño del proyecto se orientan a la selección de un ecosistema y en el marco del conjunto de instituciones que regulan su uso, a la evaluación de opciones para identificar un curso de desarrollo que ofrezca probabilidades aceptables de alcanzar un rendimiento sostenido para la supervivencia a largo plazo; deje margen para reacciones flexibles y permita maximizar la utilidad actual dentro de las limitaciones antes señaladas.56/ El medio ambiente se concibe no como un impedimento imposible de abordar sino más bien como un recurso con atributos positivos que pueden utilizarse, ampliarse y enriquecerse.

Para aplicar este concepto hay que hacer un replanteamiento total de los criterios de desarrollo adoptados. Por ejemplo, en el caso de San Lorenzo cabe preguntarse si no habría sido mejor intensificar el uso del ecosistema sin realizar traslados masivos de agua o si no habría sido más apropiado un grado más bajo de tecnología agrícola de riego. Las respuestas a estas interrogantes dependen en gran parte de la política nacional y de las opciones de desarrollo. Caño Mánamo ofrece pruebas más concretas de tecnología adaptable. Se ha llegado a la conclusión de que la aplicación antes descrita de una tecnología muy perfeccionada sólo podría realizarse en una superficie relativamente limitada del alto delta del Orinoco. Una alternativa, para una zona mucho más amplia del delta tanto superior

56/ G.A. Norton, "Toward a Concept of Strategic Resource Planning", Institutional Journal of Environmental Studies, Nº 4, 1973, pp. 189-199.

/como medio,

como medio, es adaptar plantas, animales y prácticas de manejo al régimen hidráulico sin recurrir al desvío, a la construcción de diques, al avenamiento y a los polders. El desarrollo exige introducir variedades de cultivos y pastos de alto rendimiento y mejorar las razas de ganado (carabaos y carpinchos) que resisten las fluctuaciones estacionales del nivel del agua. La experiencia recogida del proyecto La Chontalpa es aún insuficiente para probar hipótesis sobre la conveniencia de los sistemas de prevención de crecidas; cuyas ventajas han sido puestas en tela de juicio en otros casos y siguen siendo motivo de polémica.57/

57/ Véase G.F. White, "Natural Hazards. Research, Concepts, Methods and Policy Implications", en Natural Hazards: Local, National, Global, G.F. White ed., Oxford University Press, Londres, 1974, pp. 3-16.

Capítulo III

MANEJO DEL AGUA Y PROBLEMAS DE MEDIO AMBIENTE: SISTEMAS REGIDOS POR COMPLEJOS URBANOS

En una región cuya población urbana crece en un 4% anual y debe alcanzar casi 450 millones de habitantes a fines del siglo, los problemas de manejo del agua de los grandes complejos urbanos irán adquiriendo una importancia cada vez mayor. Desde ahora, los problemas de manejo de los principales complejos urbanos latinoamericanos casi no tienen paralelo. Si se mantienen las actuales tendencias, las zonas urbanas más grandes del mundo serán Ciudad de México y São Paulo. Por ello resulta necesario considerar especialmente la fisonomía particular de los problemas de manejo del sistema hídrico urbano.

Se presentarán aquí estudios detallados de las gestiones actuales de manejo del agua en cuatro de los principales centros metropolitanos latinoamericanos: Bogotá (Colombia), Santiago (Chile) y Río de Janeiro y São Paulo (Brasil).58/ Junto con ello, se recurrirá a las experiencias de otras zonas urbanas para tratar puntos específicos.

1. Bogotá 59/

Como la mayor parte de las ciudades grandes en Colombia, Bogotá está ubicada en el interior del país: se encuentra en el valle del río Bogotá, una altiplanicie formada por sedimentación lacustre. En un principio la ciudad se ubicó al pie de las montañas del lado este de la altiplanicie, pero luego se extendió a la sabana de Bogotá. La población de la ciudad se ha duplicado cada diez años y no sorprende

---

58/ Estas presentaciones se basarán en estudios particulares realizados especialmente para este proyecto.

59/ Esta parte del trabajo se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por el consultor Jaime Saldarriaga Sanin, titulado Análisis de la contaminación del río Bogotá y sus soluciones, Bogotá, septiembre de 1976.

/que su

que su desarrollo material haya sido un tanto desordenado. No sólo se extendió por la sabana, sino también por las montañas, triplicando su superficie en los últimos treinta años. (Véase el cuadro 6.) Se estima que la ciudad ocupa actualmente una quinta parte de la superficie de la sabana antes dedicada a la agricultura; a fines del presente siglo, de mantenerse las actuales tendencias, casi toda la superficie agrícola restante estará edificada.

Cuadro 6

BOGOTA: CRECIMIENTO FISICO Y DEMOGRAFICO

	Superficie (kilómetros cuadrados)	Tasas anuales de crecimiento (porcentajes)		Población (en miles)
		Superficie	Población	
1950	42.10			620.4
		5.7	7.4	
1960	73.60			1 271.7
		6.3	7.1	
1970	136.10			2 526.0
		6.5	6.9	
1980	256.76			4 929.8

Fuente: Ligia Herrera y Waldomiro Pecht, Crecimiento Urbano de América Latina, BID-CELADE, Santiago, 1976.

Dado su tamaño, Bogotá es una ciudad que cumple muchas funciones, y las actividades terciarias predominan en su economía. Sin embargo, es además un importante centro industrial, cuya producción alcanza casi a un 30% de la producción manufacturera total de Colombia. En 1970 había en la ciudad 580 instalaciones industriales.

/a) La

a) La ciudad y los recursos hídricos

A diferencia de la mayor parte de las ciudades latinoamericanas, Bogotá no se situó sobre un gran cuerpo de agua. Desde sus orígenes hasta ahora ha estado relativamente lejos del río Bogotá. A pesar de ello, la relación entre la ciudad y el río es importante. El río y sus afluentes proporcionan a la ciudad y a sus habitantes energía, abastecimiento de agua, lugares de recreación y medios de transporte de residuos. A medida que crece la ciudad aumenta también el uso del río; el desarrollo futuro exigirá que el río se transforme en una creación de la ciudad. Dejará de ser un fenómeno natural para transformarse en un fenómeno humano.

Según sus usos, el valle del río puede dividirse en tres partes:

i) La subcuenca alta se extiende desde el nacimiento del río hasta la obra de regulación de El Espino, que controla el nivel del río en Tibitó, lugar de la principal captación para suministro de agua. En esta subcuenca está la mayor parte de las obras de regulación. En El Espino se garantiza un caudal igual al 70% del promedio anual; el uso principal del agua en la parte superior del valle es el suministro municipal de agua. La escasa población de la zona ha disminuido en los últimos años. (*Véase el cuadro 7.*)

Cuadro 7

DISTRIBUCION DE LA POBLACION EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTA, 1973

		Cambio 1964-1973
Subcuenca alta	69 086	-0.2
Subcuenca media	3 098 558	5.7
Subcuenca baja	161 039	-1.9

Fuente: DANE, XIV Censo Nacional de Población y II de Vivienda, resultados provisionales, Bogotá, 1974.

/ii) La

ii) La subcuenca media, entre El Espino y la obra de regulación de Alicachín, en el curso inferior del río, abarca la ciudad de Bogotá y recibe descargas de los diversos afluentes que pasan por la ciudad. En Bogotá la proporción de la población servida por los sistemas de suministro de agua y alcantarillado es relativamente alta, y la mayor parte de la carga de desechos, tanto de sólidos en suspensión como de demanda biológica de oxígeno (DBO), provienen de fuentes domésticas. (Véase el cuadro 8.) 60/

Cuadro 8

ESTIMACION DE LA CARGA CONTAMINANTE DIARIA EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTA, 1970

	Bogotá desechos domésticos	Industria en Bogotá	Total de la cuenca
Volumen de desechos (miles de metros cúbicos)	382	000	403
Sólidos suspendidos (miles de kilos)	152	12	173
DBO_5 (miles de kilos)	132	30	175

Fuente: Estudios de contaminación del río Bogotá, División de Planificación de la CAR, I Seminario sobre calidad de agua y desarrollo de recursos hídricos, 1975.

60/ En 1972, 71.4% de la población tenía conexión entre su hogar y el sistema de abastecimiento público de agua, y un 68% estaba conectada al sistema de alcantarillado. Había 322 295 conexiones al primero y 300 000 al segundo.

/En esta

En esta parte del río la intervención humana debe llegar en sus próximos años a su más alto nivel. Se espera un fuerte crecimiento de la población, en vista del cual el río Bogotá no alcanzará a atender las necesidades de abastecimiento de agua. Chingaza I, un proyecto actualmente en construcción, está destinado a traer agua del río Guatiquía mediante túneles que cruzan la divisoria; se espera que comience a operar durante 1978. Este caudal adicional de 135 m^3 por segundo significará un aporte neto a los caudales de la cuenca del Bogotá. La totalidad de este caudal entrará en el río Bogotá, en forma de descarga de desechos, lo que aumentará aún más el problema de contaminación del curso inferior del río tras su paso por la ciudad.61/

En el tramo vecino a Bogotá, el río y sus afluentes, especialmente el Tunjuelo, presentan crecidas estacionales. Para aminorar la gravedad del problema se ha propuesto enderezar y profundizar el río en este tramo, por cuanto no es posible prevenir las crecidas mediante un embalse aguas arriba.

En el punto más bajo de esta sección media de la cuenca se encuentra el embalse Muña, construido para regular el caudal del río Muña, afluente del Bogotá. Para aumentar la producción de energía de la cadena de estaciones generadoras aguas abajo, se bombea agua del río Bogotá a dicho embalse.

iii) La subcuenca baja comienza con el rápido descenso del río entre Alicachín (más de 2 500 metros sobre el nivel del mar) y Mesitas (menos de 1 000 metros sobre el nivel del mar). Cuando el caudal es escaso, el lecho principal del río suele quedar seco, por cuanto toda el agua es desviada a través del embalse del Muña al sistema de generación hidroeléctrica. El agua transportada a través del sistema de generación hidroeléctricaa vuelve al río en Mesitas. Tres pequeñas poblaciones, Anapima, Tocaima y Apulo, reciben suministro de agua del

---

61/ Aunque este caudal es considerable en relación al caudal medio anual de 26.4 m^3 por segundo en Alicachín, es insignificante si se lo compara a los caudales máximos: la crecida máxima en los últimos diez años fue de 700 m^3 por segundo; en los últimos cincuenta años de 1 000 m^3 por segundo.

/río Bogotá.

río Bogotá. En la confluencia del río Bogotá y el Magdalena se encuentra el pueblo de Girardot, que descarga sus residuos en el Bogotá justo antes de dicha confluencia.

La calidad del agua del río cambia espectacularmente después de las descargas de Bogotá, se recupera algo debido a la retención en Muña y a la caída de 1 800 metros, y vuelve a deteriorarse en la confluencia con el Magdalena debido a las descargas de Girardot. (Véase el mapa 10.) Felizmente, el caudal medio anual del Bogotá sólo alcanza un 3.7% del caudal del Magdalena.

b) El sistema de manejo y la capacidad de respuesta

El sistema de manejo del agua del río Bogotá y de la ciudad de Bogotá está compuesto por tres entidades principales: la Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los valles de Ubaté y Chiquinquirá (CAR), la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá (EEEB). Además de estos tres organismos descentralizados y relativamente autónomos, existen varias otras instituciones gubernamentales centrales y municipales cuyas actividades están relacionadas con el manejo del agua, pero su influencia sobre el proceso decisorio es mucho menor. (Véase el gráfico 11.) 62/

La CAR es un organismo descentralizado cuya jurisdicción incluye atribuciones para planificar y desarrollar los recursos hídricos y para operar y mantener las obras necesarias para dicho desarrollo. Sin embargo, la CAR no tiene jurisdicción sobre la municipalidad de Bogotá y su autoridad no abarca todo el curso del río Bogotá: sólo alcanza a las partes superiores y medias de la cuenca y termina en el salto de Tequendama. (Véase nuevamente el mapa 10.) Recientemente la CAR ha sido designada organismo ejecutivo del nuevo Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente dentro de la región de su jurisdicción.

62/ Estas incluyen el Ministerio de Salud y diversas instituciones conexas, el Ministerio de Agricultura, especialmente el Instituto para el Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT).

/El organismo

El organismo de suministro de agua y de alcantarillado, la EAAB, es una entidad pública autónoma de propiedad del Distrito Especial de Bogotá. Está encargada de la planificación, construcción y operación de todas las obras relacionadas con el suministro de agua, el alcantarillado y las instalaciones de avenamiento de la municipalidad. De acuerdo con la política nacional, la EAAB debe autofinanciarse; todos sus clientes tienen un medidor.

La autoridad energética, la EEEB, es otro organismo público autónomo de propiedad de la municipalidad. Proporciona también energía eléctrica a clientes ajenos a la municipalidad y forma parte del sistema interconectado nacional. Es responsable del funcionamiento de las plantas energéticas del río Bogotá.

De estos tres organismos, sólo la CAR se ocupa de los recursos hídricos como tales. Tanto la EAAB como la EEEB concentran su actividad en servicios relacionados con el agua. El proceso decisorio se ha caracterizado por el uso de los recursos de la cuenca para los efectos de suministro de agua y de generación de energía eléctrica. Al mismo tiempo, el río se ha utilizado para eliminar los desechos de Bogotá, pero la contaminación resultante no causó mayor preocupación hasta ahora último, debido tal vez a la falta de poder de los usuarios del curso inferior y a su completa exclusión del sistema decisorio.

Al parecer, la decisión de traer agua desde fuera del valle para abastecer la ciudad de Bogotá concentró la atención sobre el tema de la contaminación. Sin embargo, no existe una autoridad capaz de encargarse de este tema, por cuanto la CAR está limitada a la sabana y la EAAB al Distrito Especial. En la subcuenca baja, el manejo del agua se realiza mediante organismos gubernamentales centrales, INDERENA y el Ministerio de Salud, cuya influencia local es menor.

En consecuencia, la principal acción legislativa colombiana para el manejo del medio ambiente, el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, puede enfrentar algunas restricciones en su aplicación a la región de Bogotá, debido a la discontinuidad de la responsabilidad institucional.

/Mapa 10

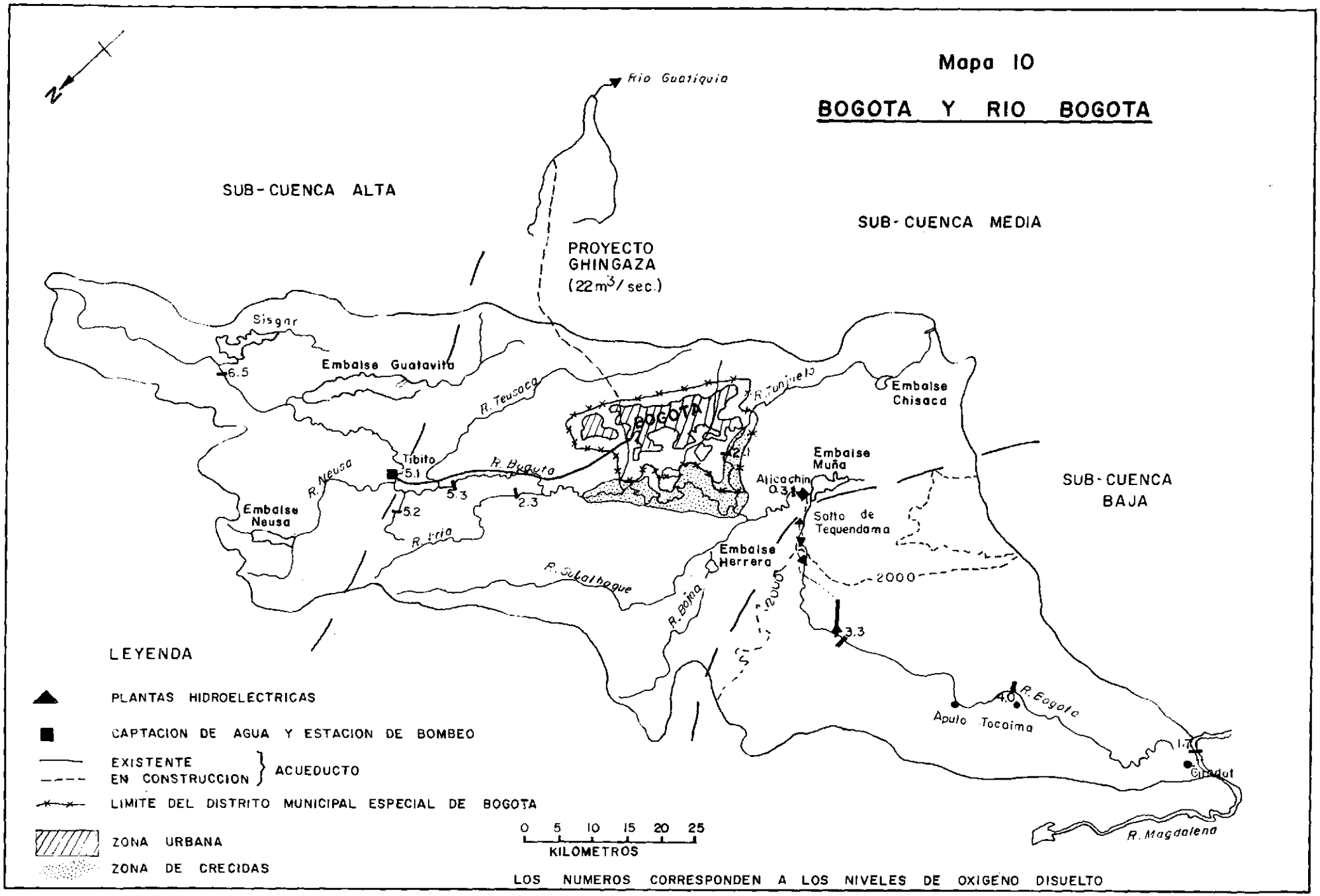
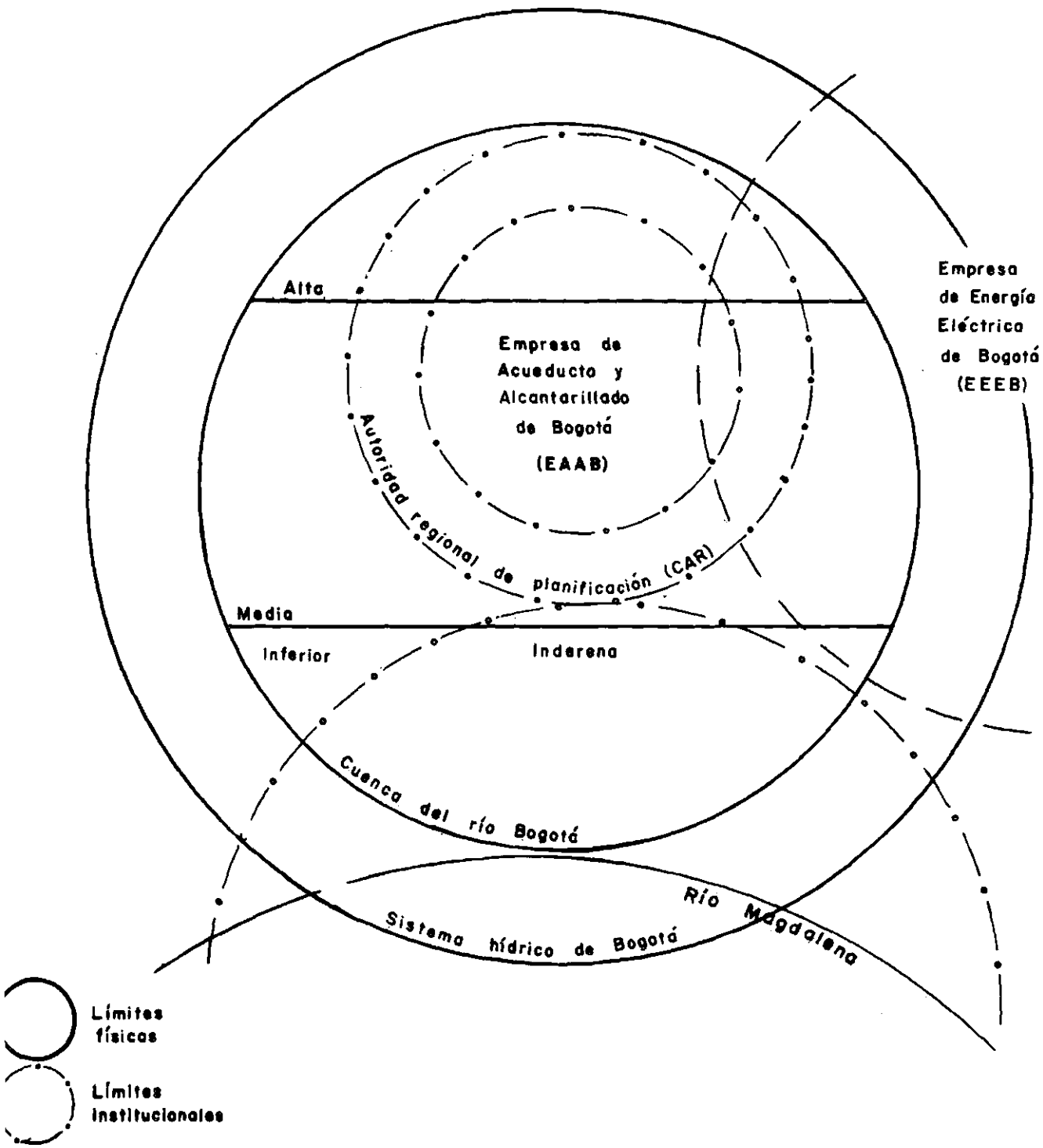

Mapa 10
BOGOTA Y RIO BOGOTA
Rio Guatiquia
SUB-CUENCA ALTA
SUB-CUENCA MEDIA
SUB-CUENCA BAJA
PROYECTO GHINGAZA (22 m3/sec.)
Sisgar
Embalse Guatavita
6.5
R. Teusaca
BOGOTA
R. Tunjuelo
Embalse Chisaca
Tibito
5.1
R. Bogota
2.1
Embalse Muña
Alicachin
0.3
R. Neusa
5.3
2.3
5.2
Embalse Neusa
R. Fria
Salto de Tequendama
Embalse Herrera
R. Subatbaque
R. Bojaca
2000
3.3
R. Bogota
4.0
Apulo
Tocaima
1.7
Girardot
R. Magdalena
LEYENDA
PLANTAS HIDROELECTRICAS
CAPTACION DE AGUA Y ESTACION DE BOMBEO
EXISTENTE
EN CONSTRUCCION
ACUEDUCTO
LIMITE DEL DISTRITO MUNICIPAL ESPECIAL DE BOGOTA
ZONA URBANA
ZONA DE CRECIDAS
0 5 10 15 20 25
KILOMETROS
LOS NUMEROS CORRESPONDEN A LOS NIVELES DE OXIGENO DISUELTO

Gráfico II

BOGOTA Y RIO BOGOTA: LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES



2. Santiago 63/

Santiago está situada en la cuenca superior del río Maipo, sobre un afluente principal, el río Mapocho. La tasa de crecimiento demográfico en Santiago ha sido relativamente lenta, 3.8% anual, si se compara con otros grandes centros metropolitanos latinoamericanos. (Véase el cuadro 9.) Económicamente, Santiago predomina en Chile. Constituye con mucho la concentración más considerable de actividades secundarias y terciarias del país y ha crecido en desmedro de sus más cercanos competidores, especialmente Valparaíso. En 1967, el área metropolitana de Santiago acaparaba un 56% del total del empleo del sector manufacturero.

Cuadro 9

SANTIAGO: CRECIMIENTO FISICO Y DEMOGRAFICO

	Superficie (kilómetros cuadrados)	Tasas anuales de crecimiento		Población (en miles)
		Superficie	Población	
1940	113.40	2.9	3.0	952.1
1952	159.70			1 353.4
		4.6	4.3	
1960	228.80			1 907.4
		2.5	3.8	
1970	194.80			2 779.5
		3.1	3.8	
1980	398.97			4 055.1

Fuente: Ligia Herrera y Waldomiro Pecht, Crecimiento urbano de América Latina, BID-CELADE, Santiago, 1976.

63/ Esta sección se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por los consultores Luis Court Moock, René Gómez y Hernán Baeza, y se titula Utilización del agua en la parte superior de la cuenca del río Maipo, Santiago, octubre de 1976.

/La forma

La forma material de Santiago está determinada por la configuración de la cordillera de los Andes y de la cordillera de la costa. La zona urbana ha crecido en forma de estrella, a lo largo de las carreteras más importantes, en las planicies ubicadas entre las principales cadenas de montañas. La densidad de desarrollo es baja, y en consecuencia la superficie urbanizada es grande: 300 kilómetros cuadrados en 1970. Santiago está rodeado de tierras de riego, que desde sus comienzos han sido objeto de constante invasión: entre 1956 y 1970, 12 254 hectáreas de tierras de riego fueron incorporadas a la zona urbana, y numerosos sistemas de canales fueron absorbidos por la zona urbana. (Véase el mapa 11.) 64/

a) La ciudad y los recursos hídricos

La relación entre Santiago y la cuenca superior del Maipo refleja la complejidad del sistema hidrológico y su importancia para el desarrollo chileno. Las limitaciones de los recursos hídricos en el área metropolitana de Santiago destacan la necesidad de que las decisiones relativas al manejo del agua sean objeto de seria consideración. (Véase el gráfico 12.)

A pesar de que Santiago está situada en el valle del río Mapocho, y que sólo recientemente el desarrollo continuo de la ciudad la ha hecho llegar hasta el curso mismo del Maipo, la relación entre la ciudad y el río Maipo es de antigua data. El Maipo es la fuente de la mayor parte del abastecimiento público de agua, y los canales de regadío que extraen agua del Maipo (en especial el Canal San Carlos) aportan más de la mitad del caudal que tiene el Mapocho en la ciudad. Los caudales medios del Mapocho son demasiado pequeños como para tener importancia en la actual ciudad. Por lo tanto, el Maipo se ha transformado en el río de Santiago.

64/ Para una descripción de este fenómeno, véase Juan Escudero et. al., Región Central de Chile: Perspectivas de desarrollo, CIDU-ODEPLAN, 1971.

/Mapa 11

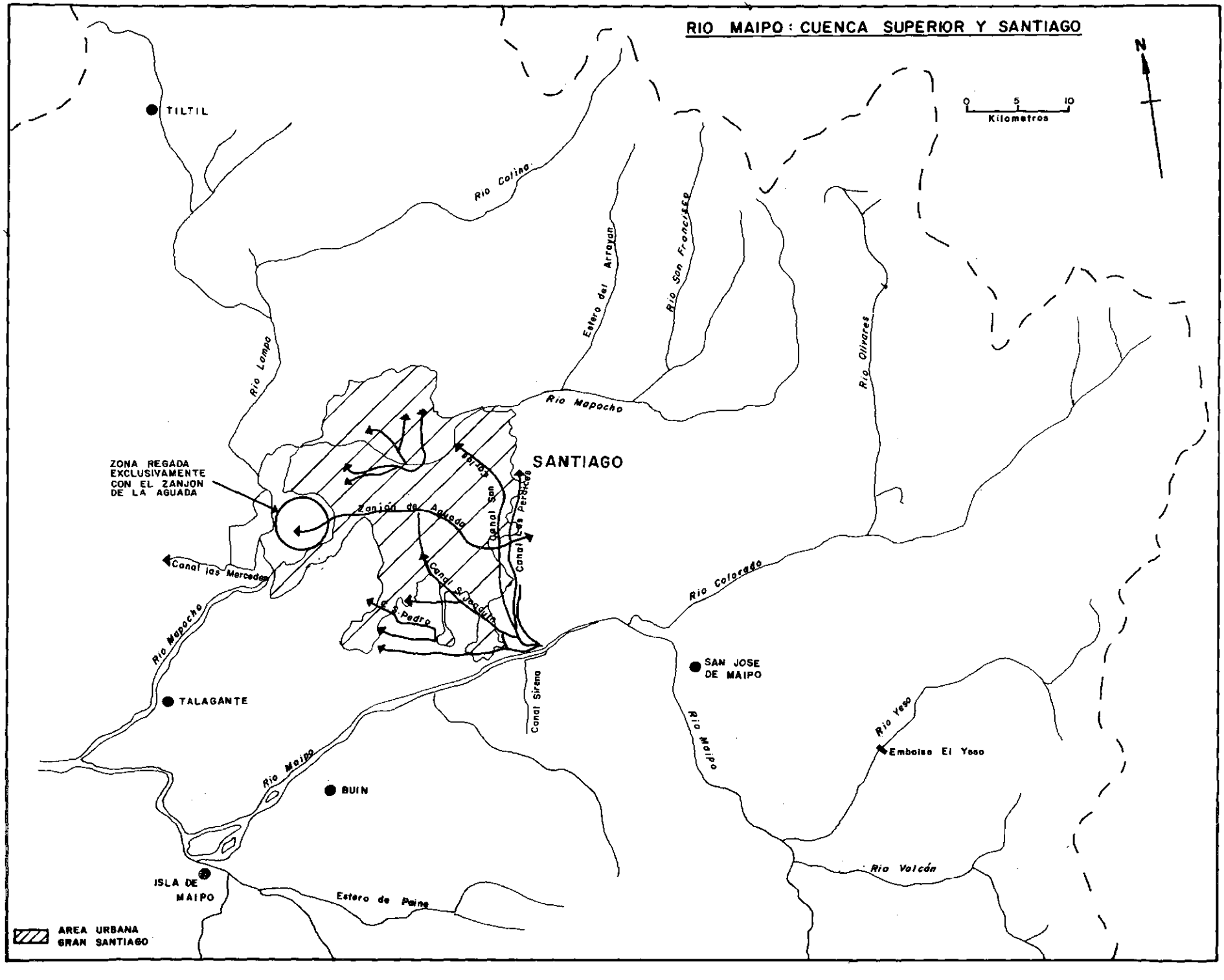
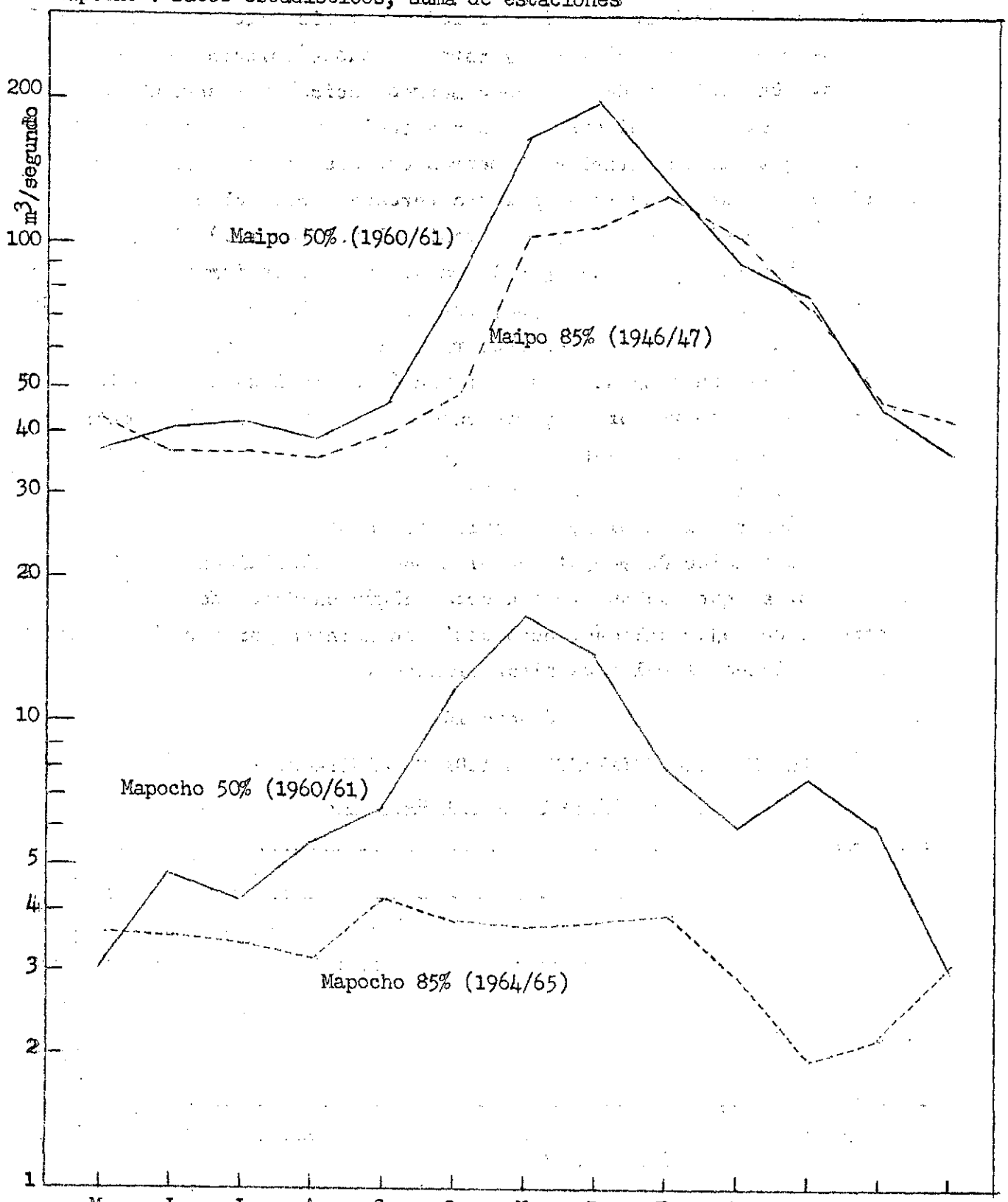

RIO MAIPO : CUENCA SUPERIOR Y SANTIAGO
N
0 5 10
Kilometros
TILTIL
Rio Colina
Rio Lampa
Estero del Arrayan
Rio San Francisco
Rio Olivares
Rio Mapocho
SANTIAGO
ZONA REGADA EXCLUSIVAMENTE CON EL ZANJON DE LA AGUADA
Zanjón de Aguada
Canal San Carlos
Canal Las Perdices
Canal Sirena
Canal las Mercedes
Canal Sirena
Canal San Pedro
Rio Mapocho
Rio Colorado
SAN JOSE DE MAIPO
TALAGANTE
Rio Maipo
Rio Yeso
Embalse El Yeso
BUIN
Rio Maipo
Rio Volcán
ISLA DE MAIPO
Estero de Paine
AREA URBANA GRAN SANTIAGO

Gráfico 12

RIOS MAIPO Y MAPOCHO : CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE AÑOS HIDROLOGICOS CON PROBABILIDADES 50 % Y 85 %

(Series históricas)

Maipo : Medida en La Obra
Mapocho : Datos estadísticos, suma de estaciones



/El agua

El agua del cauce principal del Maipo y de los afluentes superiores, el río Yeso, el río Colorado y el río Volcán, se utiliza en su mayor parte para el riego y para el abastecimiento de agua de Santiago. Un promedio de casi once metros cúbicos por segundo se captan del Maipo para el sistema de abastecimiento de agua, y se estima que esta cantidad aumentará a 24 metros cúbicos por segundo a fines del siglo, lo que equivale a casi una tercera parte del caudal medio anual. (Véase el cuadro 10 y nuevamente el gráfico 12.) La mayor parte del abastecimiento de agua llega al Mapocho en forma de descargas de aguas negras. Estas descargas, estimadas en 12 metros cúbicos por segundo en 1975, se dividen en descargas directas al Mapocho durante su paso por la ciudad y descargas al Zanjón de la Aguada, un afluente del Mapocho que corre por la parte sudoeste más baja del área metropolitana. (Véase nuevamente el mapa 11.) Estas descargas exceden en mucho el caudal promedio del Mapocho. (Véase nuevamente el gráfico 12.) Afortunadamente, el nivel de contaminación disminuye debido a la descarga de canales de regadío en el Mapocho, especialmente el Canal San Carlos, aunque muchos otros aportan algún caudal. Esta agua es en general de mejor calidad, pero está contaminada por derrames urbanos y por conexiones ilegales de alcantarillado.

Cuadro 10

FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE SANTIAGO, 1975-2000
(Metros cúbicos por segundo)

	1975		2000	
	Captación promedio	Captación máxima	Captación promedio	Captación máxima
Río Maipo	10.7	17.0	24.3	37.4
Río Mapocho	0.7	1.0	1.7	2.6
Aguas subterráneas	3.3	5.0	2.9	4.4

Fuente: L. Court y otros: Utilización del agua en la parte superior de la cuenca del río Maipo.

/Fuera de

Fuera de satisfacer la demanda doméstica e industrial del área metropolitana de Santiago, el agua de la cuenca superior del Maipo se emplea principalmente para la agricultura. Desde 1940, las tierras de riego han sido continuamente invadidas por la ciudad. En 1975 había alrededor de 109 500 hectáreas con infraestructura de riego, de las cuales sólo 87 000 efectivamente se regaban. Se estima que las zonas de riego se reducirán a alrededor de 46 000 hectáreas a fines de este siglo, debido al crecimiento urbano directo, que abarcará 10 000 hectáreas y asimismo al uso del agua para el suministro urbano.

Un aspecto particular de la relación entre la ciudad y el regadío consiste en la contaminación del agua de riego que ha pasado por Santiago. El ejemplo más destacado lo constituye una pequeña zona inmediatamente al oeste de la zona urbana, que se riega con aguas del Zanjón de la Aguada. (Véase nuevamente el mapa 11.) Esta agua es de muy mala calidad, y se sospecha que su utilización para el riego de las verduras destinadas a Santiago da origen a gran parte de las enfermedades relacionadas con el agua que se producen en la ciudad.65/

La interacción ciudad-riego también incluye la existencia de numerosos canales de regadío en el área urbana, algunos están abandonados, pero otros siguen en uso. Se ha estimado que existen alrededor de 280 kilómetros de canales de diversos tipos, los cuales deberán rellenarse para eliminar las inundaciones y los problemas sanitarios que actualmente producen.

En resumen, la cuenca superior del Maipo presenta un caso clásico de usos de agua cambiantes y contrapuestos. Un sistema hídrico que en un principio desarrolló fuertemente el regadío se ha visto dedicado predominantemente a los usos urbanos: el suministro de agua

---

65/ Se estima que en 1975 hubo 4 500 casos de tifoidea, con 67 muertes; 60 000 casos de diarrea infantil, con 1 500 muertes; 1 800 casos de hepatitis viral, con 36 muertes, y 700 000 casos de parasitosis. Véase L. Accatino et. al., Contaminación Fecal de la Ciudad de Santiago.

/para usuarios

para usuarios domésticos e industriales y la eliminación de desechos. En una situación de relativa escasez, esos usos resultan incompatibles, y esa incompatibilidad se prolonga hacia la cuenca inferior a medida que aumenta la descarga de desechos de Santiago.

b) El sistema de manejo y la capacidad de respuesta

A primera vista, el sistema de manejo del agua en Santiago y en la cuenca superior del Maipo parece claro. De acuerdo con la legislación chilena, la utilización de los recursos hídricos está controlada por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. En realidad, la separación de funciones entre la Dirección General y otros organismos del sector público no está bien definida, lo que ha llevado a la superposición de actividades y a una insuficiente atención al recurso mismo. (Véase el gráfico 13.)

El conflicto entre el regadío y los usos urbanos está lejos de haber sido resuelto. Ni siquiera ha sido posible suprimir la utilización de la alcantarilla abierta del Zanjón de la Aguada para regadío.66/ Aparece insuficiente hasta ahora la labor de coordinación entre la acción de diversas instituciones, que ejerce la Dirección de Aguas. La situación que muestra el gráfico 13 en realidad simplifica el problema, por cuanto muchas de las instituciones vinculadas al manejo del agua no aparecen (entre ellas la CORFO, el Ministerio de Salud, otras dependencias de Obras Públicas, el Ministerio de Agricultura y varias de sus empresas autónomas).

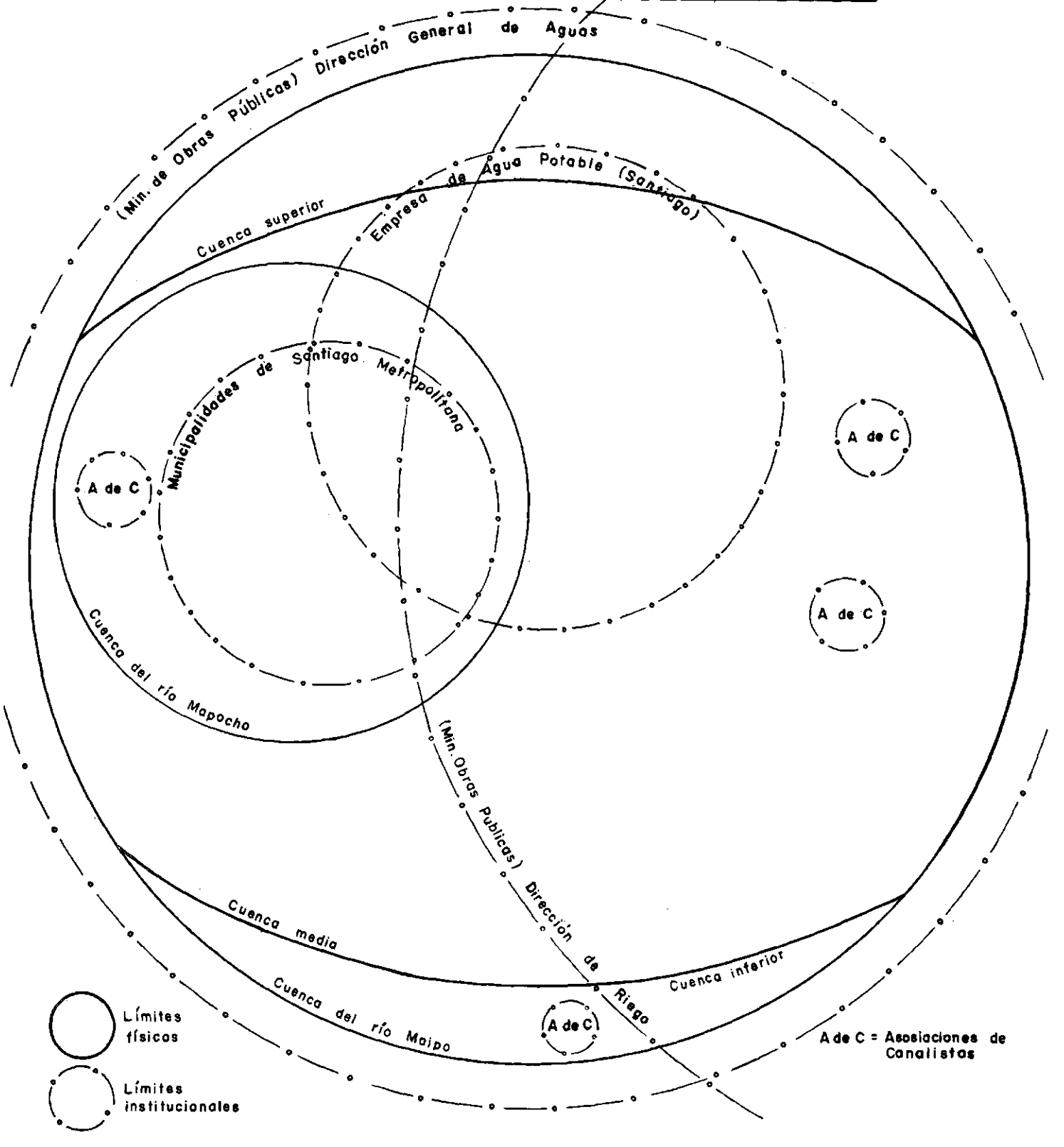
Debido a esta situación, no sorprende que la respuesta haya consistido en intentar la eliminación del conflicto en vez de su solución. Se propone, a largo plazo, un aumento del suministro de agua por transvase desde el río Cachapoal, que es el río principal

66/ Más que la inversión, la coordinación institucional inteligente parece ser el elemento más importante para la solución del problema.

/Gráfico 13

Gráfico 13

SANTIAGO Y RIO MAIPO : LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES



más cercano a Santiago en dirección sur.67/ Dicho desvío permitiría abastecer las necesidades del área metropolitana, mantener y hasta aumentar la zona regada y diluir más las descargas de desechos. Sin embargo, no contribuiría en forma importante a solucionar el problema de contaminación.

3. Río de Janeiro 68/

Río de Janeiro fue la ciudad rectora del Brasil. Recientemente São Paulo la ha sobrepasado como la ciudad más populosa del país, pero sigue siendo un centro metropolitano como pocos. Sólo São Paulo la supera como centro industrial, a pesar de que su correspondiente tasa de crecimiento sectorial ha sido más lenta en este último tiempo. En cuanto a actividades terciarias, Río sigue dominando la economía brasileña no sólo por el comercio, sino como uno de los principales puertos y el mayor centro turístico de América del Sur.

Río está situado en la Bahía de Guanabara, un magnífico puerto natural de 381 kilómetros cuadrados de extensión. En sus comienzos la zona urbana estuvo situada en la bahía misma, relativamente cerca de su entrada; desde entonces ha crecido hasta la costa del Atlántico atravesando y rodeando la bahía, y también hacia el interior por el valle del Iguaçu y otros afluentes. (Véase el mapa 12.) La tasa de crecimiento demográfico disminuyó durante los años sesenta hasta un 3.1% anual; sin embargo, en términos absolutos la población aumenta en un cuarto de millón de habitantes cada año. (Véase el cuadro 11.) La zona urbanizada excede los 850 kilómetros cuadrados.

67/ El río Cachapoal es el afluente más importante del curso superior del río Rapel. Este último se utiliza para la generación de energía hidroeléctrica y también para riego. Es posible que cualquier desvío del Cachapoal exija reemplazar ese caudal, lo que daría lugar a una reacción en cadena de grandes proporciones, exigiendo el desvío hacia el norte del agua de diversos ríos del sur.

68/ Esta parte del trabajo se basa en un informe preparado para el proyecto CEPAL/PNUMA por los consultores Víctor Monteiro Barbosa Coelho y María Regina Monteiro de Barros da Fonseca, titulado Estudio do caso de poluiçao das águas da Baía de Guanabara, Fundaçao Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Río de Janeiro, octubre 1976.

/Cuadro 11

Cuadro 11

POBLACION DEL AREA METROPOLITANA DE RIO DE JANEIRO

	1940	1950	1960	1970
Suburbios del norte	225 637	469 394	1 272 750	1 836 100
Río de Janeiro	1 764 141	2 377 451	3 307 163	4 315 746
Niteroi y São Gonçalo	231 935	313 585	496 754	754 517
Total	2 221 713	3 160 430	5 076 667	6 906 363

Fuente: Víctor Monteiro Barbosa Coelho y María Regina Monteiro de Barros da Fonseca, Estudo do caso de poluiçao das águas de Baía de Guanabara, Fundaçao Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, Río de Janeiro, octubre de 1976.

a) La ciudad y los recursos hídricos

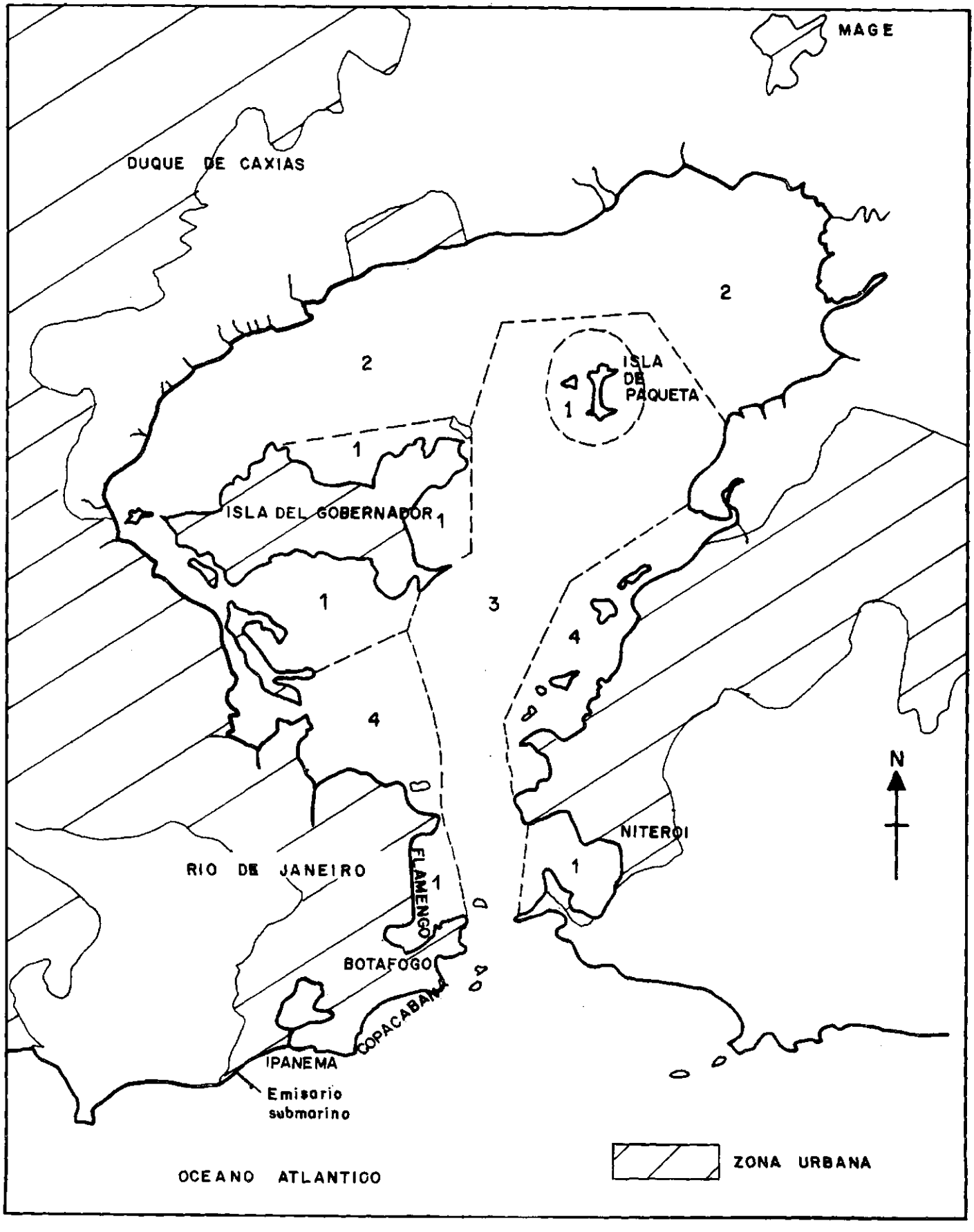
La relación entre Río de Janeiro y la Bahía de Guanabara es compleja. En primer lugar, la Bahía es uno de los elementos fundamentales de la magnífica situación geográfica de la ciudad. Es además un lugar para recreación de todos los tipos, un puerto de importancia, un lugar tradicionalmente utilizado para la pesca y el sitio donde se descargan la mayor parte de los residuos domésticos e industriales de la región metropolitana.

Debido al continuo crecimiento de la zona metropolitana, la bahía sufre una contaminación cada vez mayor ocasionada por descargas domésticas e industriales, por el vaciamiento de desechos sólidos, por el petróleo de barcos y de la costa, y por el escurrimiento urbano general. Al menos en ciertas zonas de la bahía, la contaminación ha llegado a un nivel tal que limita otros usos del agua. Los múltiples usos de la bahía se encuentran cada vez más amenazados, lo cual puede redundar en un deterioro de la posición de Río de Janeiro como centro turístico para algunos deportes acuáticos y perturbar asimismo la muy especial "cultura carioca".

/Mapa 12

Mapa 12

RIO DE JANEIRO Y BAHIA DE GUANABARA



Actualmente, los desechos domésticos se vacian en la Bahía de Guanabara y también directamente al océano Atlántico mediante un emisario submarino ubicado frente a la playa de Ipanema.69/ Esta última descarga equivale solamente a un 7.1% de la demanda biológica de oxígeno (DBO) proveniente de la zona metropolitana de Río de Janeiro. (Véase el cuadro 12.) La descarga en la bahía puede dividirse entre la que proviene del sistema de alcantarillado y la que se vacia directamente en la misma bahía o, lo que es más común, en una corriente afluente.70/

Cuadro 12

DESCARGAS DE DESECHOS: DESTINO Y VIAS

(Demanda biológica de oxígeno (DBO), en kilogramos por día)

	Porcentaje del total	Kilogramos por día
Bahía de Guanabara	92.9	384 116
A través del sistema de alcantarillado	20.5	82 937
A través de corrientes afluentes	71.3	297 690
Directas	1.1	3 489
Océano Atlántico	7.1	32 189
A través del sistema de alcantarillado	7.1	32 189

Fuente: FEEMA.

69/ Una pequeña proporción de estos desechos son sometidos a tratamiento antes de ser vaciados: tal vez unos dos metros cúbicos por segundo, de un total diez veces mayor.

70/ Se ha estimado que alrededor de 2.5 millones de habitantes de la zona metropolitana tienen viviendas sin alcantarillado; un millón más vive en lugares conectados a las redes de evacuación de agua de lluvia.

/Estas descargas

Estas descargas pueden dificultar la utilización de las playas de la bahía para deportes acuáticos. (Véase nuevamente el mapa 12.) El promedio mensual de usuarios de dichas playas es de un millón. La creciente contaminación ha reducido apreciablemente la industria pesquera en la bahía, limitándola a peces de baja calidad.

El suministro público de agua es la parte más importante del sistema de recursos hídricos de Río de Janeiro que no está afectada por la contaminación de la Bahía de Guanabara. Dicho sistema obtiene agua de varias fuentes, pero la mayor parte de ella proviene del río Guandú, el cual desemboca en la bahía de Sepetiba, al oeste de la ciudad. El Guandú recibe en último término el agua del río Paraiba do Sul, desviada en Barna do Piraí y destinada originalmente a la generación de energía hidroeléctrica.

b) El sistema de manejo y la capacidad de respuesta

El manejo de la calidad del medio ambiente en el estado de Río de Janeiro se reorganizó en 1975, cuando se estableció un sistema relativamente centralizado y compacto. (Véase el gráfico 14.) El organismo principal es la Comisión de Control Ambiental (CECA), la cual dentro del estado es responsable del cumplimiento de las normas ambientales, de los criterios de calidad y de su respectiva reglamentación. Dicha autoridad abarca el otorgamiento de permisos para todas las actividades que podrían producir contaminación. Además de la CECA, existen tres organismos operativos estatales:

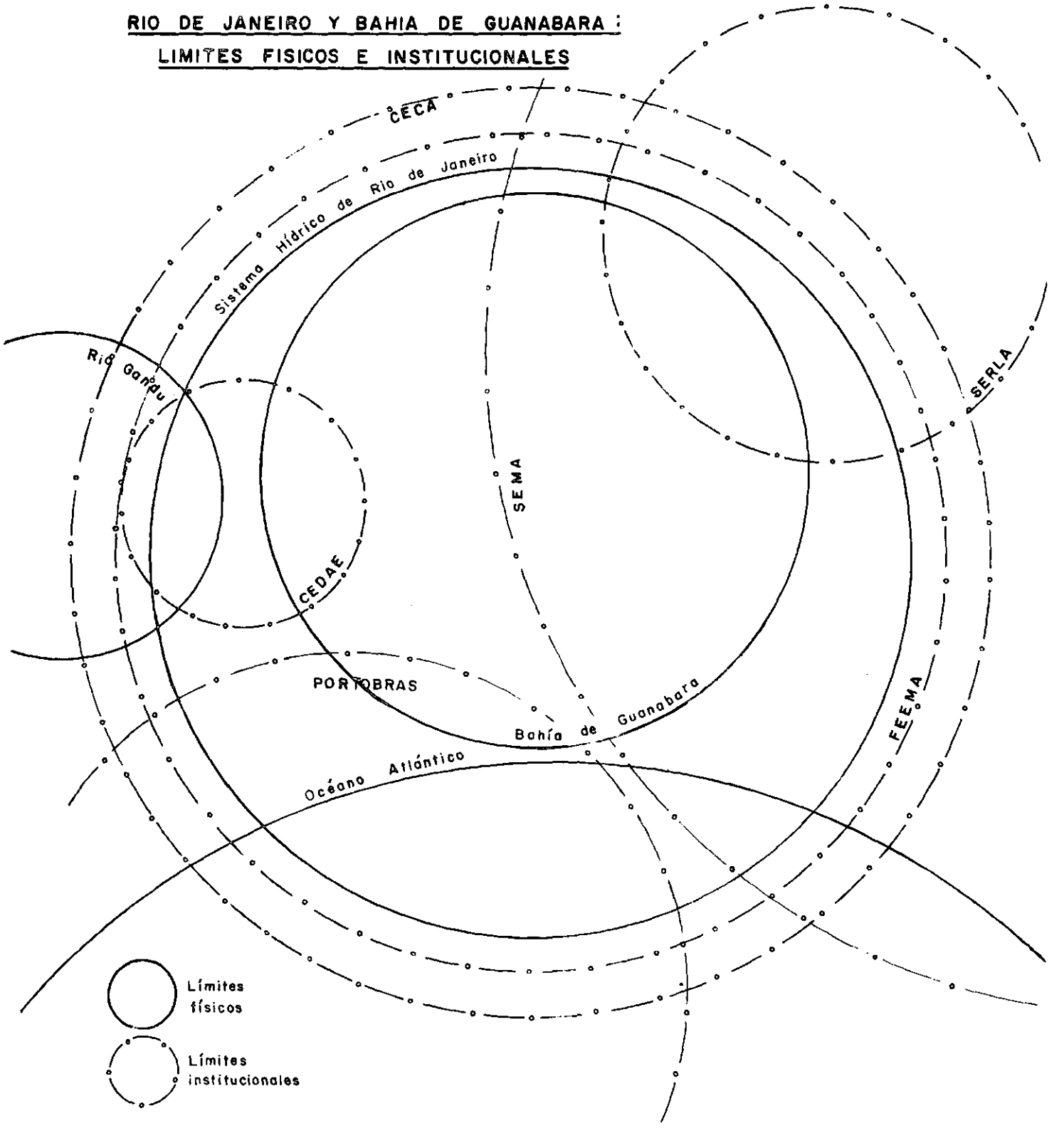
i) la Fundación Estadual de Ingeniería del Medio Ambiente (FEEMA);
ii) la Superintendencia Estadual de Ríos y Lagos (SERLA), y
iii) la Compañía Estadual de Aguas y Alcantarillados (CEDAE).

La FEEMA es el organismo ejecutivo de la CECA, y se encarga además de la investigación aplicada a los problemas ambientales y de la elaboración de normas y medios de control. La SERLA es el organismo hidrológico estadístico, y es responsable de obras relacionadas con la regulación de caudales. Finalmente la CEDAE maneja los sistemas de suministro de agua y de alcantarillado.

/Gráfico 14

Gráfico 14

RIO DE JANEIRO Y BAHIA DE GUANABARA : LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES



El gobierno federal tiene un papel mínimo en el manejo de calidad del medio ambiente en la bahía. La Secretaría Especial del Medio Ambiente (SEMA), del Ministerio del Interior, establece criterios de calidad para aguas costeras, los cuales se aplican en la Bahía de Guanabara. Hay dos organismos federales que son usuarios de la bahía y tienen agluna importancia en su manejo, PORTOBRAS y la Marina. Ambos se ocupan del control de la contaminación proveniente de barcos, especialmente las descargas de petróleo.

El sistema de manejo ha otorgado una prioridad relativamente alta a la consideración del posible mejoramiento de la situación de la calidad ambiental en Guanabara. En particular, se busca controlar mejor el uso de las aguas de la bahía como receptoras de residuos.

Para comprender el efecto de la descarga de desechos en la bahía, la FEEMA ha desarrollado modelos de simulación del comportamiento de la bahía en cuanto a salinidad, bacterias coliformes y oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno.71/ Basándose en dichos modelos, puede simularse la reacción de la bahía ante descargas en diversos puntos. Se ha descubierto que una cuidadosa selección del lugar de descarga, junto con el tratamiento de las aguas servidas, hace posible utilizar la bahía como receptora de residuos y mantener al mismo tiempo un nivel de calidad de agua suficientemente bueno para los demás usos.

El problema que se plantea es la determinación del nivel óptimo de la calidad del agua. Dados los actuales usos de la bahía, se han establecido varias alternativas posibles de calidad del agua. Son las siguientes: i) un nivel de calidad suficiente para garantizar la continuación de todos los usos: recreación, navegación, pesca comercial, uso industrial y uso estético en todos los lugares de

---

71/ Véase una descripción de dichos modelos en Víctor Monteiro Barbosa Coelho y María Regina Monteiro de Barros da Fonseca, Modelos Bidimensionais de Qualidade de Agua e Economicos para a Baía de Guanabara, Río de Janeiro, 8º Congreso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Seçao do Estado de Río de Janeiro, Río de Janeiro, 14 a 19 de diciembre de 1976.

/la bahía;

la bahía; ii) la división de la bahía en zonas de uso y establecimiento de normas de calidad que permitan diversas combinaciones de usos, tales como: recreación (deportes acuáticos) en la zona 1, uso estético de la zona 3, navegación en zonas 4 y 2; pesca comercial en la zona 2, uso estético de las zonas 1 y 3 y navegación en la zona 4; uso estético de las zonas 1 y 3, navegación en las zonas 2 y 4; o bien sólo navegación en toda la bahía. (Véase el mapa 12.)

El modelo demuestra que la primera alternativa puede llevarse a la práctica solamente si la bahía deja de utilizarse como receptora de descargas de desechos domésticos y si se controlan todas las otras fuentes de contaminación. Más aún, en términos técnicos, dicha opción es barata en comparación con otras alternativas, por cuanto sólo exige la construcción de un emisario submarino y el consiguiente sistema de alcantarillado y desagüe para apoyarlo, a fin de permitir la descarga de todos los desechos, sin tratamiento, en el océano Atlántico. El valor actual estimado del costo total, capital, operación y mantenimiento hasta el año 2029, alcanza a mil quinientos millones de cruceiros (105 millones de dólares). En cambio, la alternativa de mejorar la calidad del agua manteniendo descargas en la bahía exigiría una inversión de aproximadamente el doble. La FEEMA estima que la primera alternativa se vería limitada por la necesidad de construir todas las obras al mismo tiempo. La alternativa de mantener las descargas en la bahía, dándoles tratamiento secundario, resulta más cara, pero permite que la construcción, y por ende la inversión, se realice en etapas, durante un período de tiempo mucho más largo. El control de las descargas domésticas iría unido al control de las descargas industriales y de la contaminación proveniente de los terminales de petróleo.

4. São Paulo 72/

El área metropolitana de São Paulo es el centro industrial y urbano más grande del Brasil. La población en 1970 alcanzaba a 8 137 000 habitantes, y la superficie urbanizada a alrededor de 7 950 km2. Además de su tamaño y de la correspondiente magnitud del uso del agua, la característica hidrológica más sobresaliente de São Paulo es el complejo sistema hidráulico desarrollado para generar energía hidroeléctrica.

a) La ciudad y los recursos hídricos

São Paulo está situado en la cuenca superior del Tietê, afluente del Paraná, que es uno de los principales ríos del sistema de La Plata. La ciudad de São Paulo está muy próxima a la costa atlántica y se encuentra a unos 700 metros sobre el nivel del mar. En los años cuarenta y cincuenta se aprovechó esta situación privilegiada para invertir la dirección en que fluía el curso superior del Tietê y desviarlo hacia el océano Atlántico. Dicha inversión se realizó mediante la construcción de un complejo sistema de represas, embalses, estaciones de bombeo y canales. El sistema permite el desvío de 84 metros cúbicos de agua por segundo para la generación de energía en la planicie costera del Atlántico; sólo tres metros cúbicos por segundo siguen corriendo aguas abajo por el Tietê. (Véase el mapa 13.)

La estructura del sistema es la siguiente: un embalse en Pirapora, sobre el Tietê, controla el caudal del Tietê y del Juqueri, un afluente que se une al Tietê en este lugar. El embalse de Pirapora está a 648 metros sobre el nivel del mar. Desde él el agua es elevada por la estación de bombeo Edgar de Souza y devuelta al curso superior del Tietê, hacia el Canal Pinheiros, formado por la canalización de un antiguo afluente. Esta agua es elevada nuevamente por otras dos estaciones de bombeo, en Traiçao y Pedreira, hasta el embalse Billings,

---

72/ Esta sección se basa en el informe del consultor Roberto Max Hermann, "Recursos hídricos da area da Grande São Paulo determinacao dos padrões otimos de qualidade d'agua", São Paulo, septiembre de 1976, preparado para CEPAL/PNUMA como parte de esta investigación.

/746.5 metros

746.5 metros sobre el nivel del mar. Dicho embalse se encuentra en la parte más alta de la división de las aguas entre la costa y el interior. Del embalse Billings, el agua corre por gravedad hacia el océano Atlántico. En esta parte del sistema se ubica la planta de generación hidroeléctrica de Cubatao, con una capacidad instalada de 860 MW. Alrededor de un 20% (es decir 18.7 metros cúbicos por segundo) del caudal desviado a través del sistema Pinheiros-Billings se utiliza para el abastecimiento de agua de São Paulo. (Véase el cuadro 13.)

Cuadro 13

SAO PAULO: FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

	Porcentaje
Río Claro	12.8
Río Grande	11.3
Embalse Guarapiringa	56.2
Embalse Cotia	6.4
Cartareira	11.2
Otras	2.1
Total	18.7 metros cúbicos por segundo

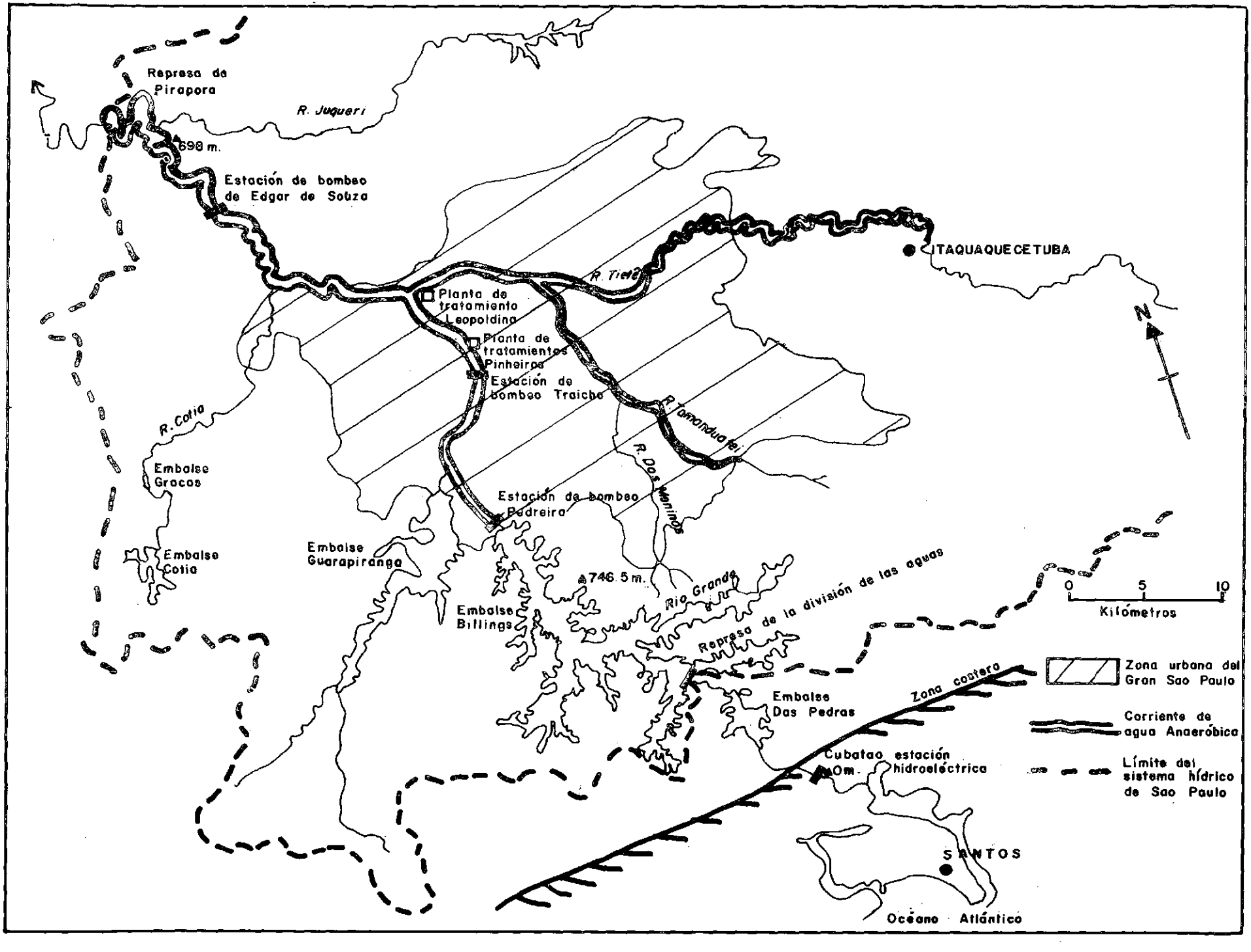
Fuente: SABESP.

Se estima que actualmente las descargas de desechos de São Paulo alcanzan a unos 20 metros cúbicos por segundo. De dicha cantidad sólo alrededor de 0.8 metros cúbicos por segundo recibe tratamiento en la planta de depuración de aguas negras de Pinheiros. La otra planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad, Leopoldinha, no ha funcionado desde 1967. Si se subsanaran las deficiencias en el suministro de agua y en la captación de aguas servidas, se estima que aumentaría inmediatamente el caudal de desechos, hasta llegar a 23 metros cúbicos por segundo. Se ha calculado asimismo que sólo

/Mapa 13

Mapa 13

SISTEMA HIDRICO DE SAO PAULO



una tercera parte de la carga de DBO llega al sistema del Tietê a través del alcantarillado.73/ Está en curso una gran ampliación del sistema de suministro de agua; sin embargo, la extensión del sistema de captación de aguas servidas, que actualmente abarca sólo un 35% de la población, demorará mucho más tiempo. Aún así, se espera que en el año 2000 los caudales de aguas servidas alcanzarán casi 100 metros cúbicos por segundo, lo que excede considerablemente las disponibilidades naturales en la cuenca superior del Tietê.

Como era de esperarse, todos los cuerpos de agua en el área del gran São Paulo presentan fuerte contaminación, excepto el embalse protegido de Guarapironga y los últimos seis kilómetros del embalse Billings. Durante la estación seca, todo el sistema es anaeróbico, desde la municipalidad de Itaquaquetuba hasta la represa de Pirapora y al revés, siguiendo el agua bombeada por el curso del Canal Pinheiros hasta el embalse de Billings, e incluyendo todos los afluentes urbanos del Tietê ubicados aguas abajo de Itaquaquetuba. En la estación lluviosa, algunas partes alcanzan niveles de oxígeno disuelto que equivalen a la tercera parte del nivel de saturación. El agua que vacia el embalse Billings por el Río das Pedras es, en cambio, de relativamente buena calidad, con una demanda biológica de oxígeno (DBO) de 1 a 2 miligramos por litro y un nivel de oxígeno disuelto de 5.5 miligramos por litro.

Por lo tanto, el embalse Billings actúa como un gran estanque de oxidación y como sumidero de los contaminantes del área metropolitana.

73/ En 1972, 160 toneladas diarias de DBO llegaban al río a través del sistema de alcantarillado, y 303 toneladas a través de desechos dispersos.

b) El sistema de manejo y la capacidad de respuesta

Como era de esperar, existen grandes semejanzas entre los sistemas de manejo de São Paulo y Río de Janeiro. La organización institucional del manejo de calidad del medio ambiente en el estado de São Paulo fue reexaminada recientemente, a fin de crear un sistema centralizado.74/

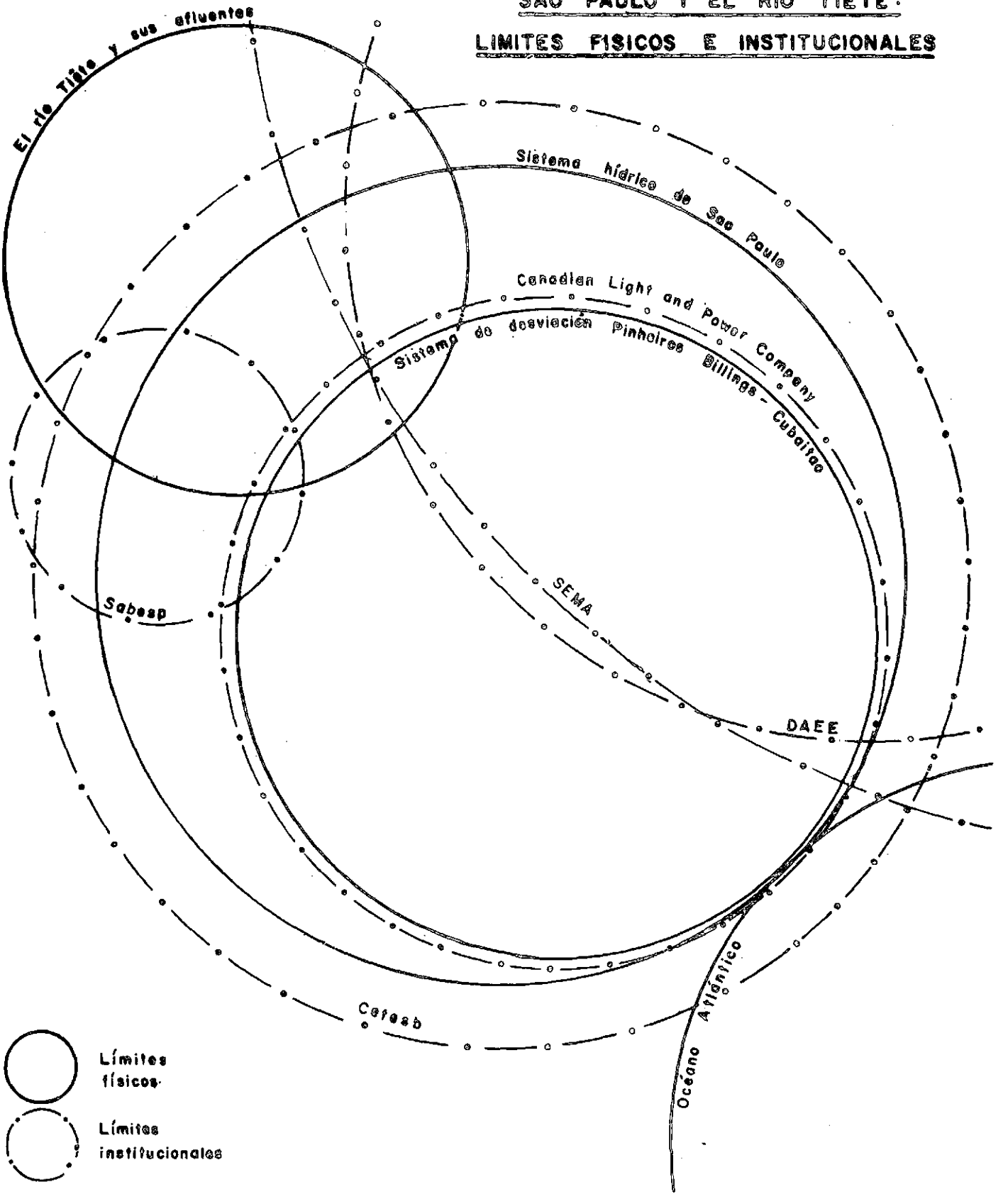
El eje del sistema revisado es la CETESB, Compañía Estadual de Tecnología de Saniamiento Básico. CETESB tiene autoridad para controlar todas las actividades que podrían producir contaminación, para vigilar la calidad del medio ambiente, inclusive la del agua, para diseñar y evaluar técnicas de control de la contaminación y para capacitar los respectivos especialistas. Es una empresa autónoma de la Secretaría Estadual de Obras y Medio Ambiente (SOMA). Sus actividades incluyen la evaluación de todas las proposiciones para eliminación de desechos en el gran São Paulo. Sin embargo, CETESB no está encargada de la construcción ni de la operación de obras. Estas últimas se dividen entre dos organismos, SABESP, Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo, responsable de los sistemas de agua y alcantarillado, y la Dirección de Agua y Energía Eléctrica (DAEE), encargada de todas las otras construcciones relacionadas con el agua. Asimismo forman parte del sistema sus principales usuarios, incluso la Compañía que maneja la planta de energía hidroeléctrica de Cubatao (Canadian Light and Power Company). Al igual que en Río de Janeiro, los organismos federales, encabezados por la SEMA, tienen ingerencia en el problema. También la tiene - aunque en forma menos directa - el Banco Nacional de la Vivienda. (Véase el gráfico 15.)

74/ Estas reformas del sistema estadual de manejo del medio ambiente se debieron en gran parte a la presión del Banco Nacional de Habitación (BNH) a través del programa nacional de suministro de agua y alcantarillado (PLANASA).

/Gráfico 15

Grafico 15

SAO PAULO Y EL RIO TIÊTE: LIMITES FISICOS E INSTITUCIONALES



En la metrópolis de São Paulo, la situación actual del sistema hídrico tiene los siguientes elementos:

i) Gran contaminación y desagradable aspecto de las corrientes de agua, así como peligro para la salud por causa de las crecidas de dichas corrientes y del acceso a ellas;

ii) Contaminación creciente del embalse Billings, que constituye una fuente de suministro de agua y un lugar de recreación para los habitantes de la región;

iii) Necesidad de subsanar las deficiencias existentes en el suministro de agua y en el servicio de alcantarillado, las cuales agravarán el problema de contaminación en general y especialmente las contrapuestas presiones sobre el embalse Billings.

Ante estos hechos, la respuesta básica ha sido aceptar la necesidad de subsanar las deficiencias en el suministro de agua y de alcantarillado, y en controlar la contaminación separando los caudales de aguas servidas de los destinados al sistema de generación de energía hidroeléctrica. Los objetivos del manejo se han definido como sigue:

i) La necesidad de proporcionar abastecimiento de agua y conexión al sistema de alcantarillado para el 95% de la población antes del año 2000;

ii) La racionalización de los sistemas de desagües sanitarios y de aguas pluviales, mediante la construcción de interceptores sanitarios a lo largo de todas las principales corrientes de agua;

iii) La necesidad de someter a tratamiento los desechos sanitarios recolectados en los interceptores antes de descargarlos en el caudal destinado a la generación hidroeléctrica.

Las proposiciones para alcanzar dichos objetivos pueden dividirse en dos grupos: primero, un conjunto de estudios previos que propone descargar los desechos en el embalse Billings y cerrar algunos de sus brazos para utilizarlos como estanques de decantación; y segundo, estudios posteriores que sugieren descargar los desechos en el Tietê, en Pirapora. Esta última proposición constituye actualmente la solución oficial, y fue propuesta en 1974 por el organismo estatal encargado del abastecimiento del agua y del alcantarillado, SABESP.

/Las primeras

Las primeras soluciones proponían bombear las aguas servidas recolectadas nuevamente al embalse Billings desde puntos de recolección ubicados en la confluencia del Pinheiros y el Tietê. Estas aguas servidas serían sometidas a una depuración primaria en Pedreira y se vertirían en los brazos occidentales del embalse Billings.

La propuesta de la SABESP incluye la construcción de un túnel entre la planta de depuración de aguas servidas de Leopoldina y el río Juqueri, y la utilización del último tramo del Juqueri como estanque de decantación (véase nuevamente el mapa 13). Al mismo tiempo, los brazos del embalse Billings serían separados de su parte principal y protegidos, para destinarlos al abastecimiento de agua y a usos recreativos. El agua proveniente del estanque de decantación de Juqueri volvería al sistema Tietê-Pinheiros a través del embalse Pirapora.

Para la más reciente proposición de SABESP se señalan las siguientes ventajas: menor costo, utilización de métodos más conocidos en vez de tecnología no convencional de redes de alcantarillado de alta presión, posibilidad de construcción relativamente rápida y conformidad con los planes y programas existentes de desarrollo regional y utilización de los terrenos. En particular, la proposición sacaría las aguas servidas de la zona urbanizada para llevarlas al aislado valle del bajo Juqueri, y por lo tanto reduciría la proyectada carga de DBO del embalse Billings, de las 1 000 toneladas o más al día de las primeras proposiciones, a 282 toneladas diarias.

5. La experiencia común

De la anterior visión sobre la situación de cuatro de los principales centros metropolitanos latinoamericanos deberían desprenderse las características comunes del desarrollo urbano, del uso de los recursos hídricos que sigue a tal desarrollo y de la relación entre estos fenómenos y la calidad del medio ambiente. Las semejanzas entre las situaciones de los diversos centros metropolitanos se mantienen a pesar de las diferentes características de la ubicación geográfica y del sistema institucional. Esta uniformidad de la relación entre

/el desarrollo

el desarrollo urbano, el uso del agua y la calidad del medio ambiente va más allá de las cuatro ciudades analizadas detalladamente en este estudio: se extiende, sin excepción, a todos los mayores aglomerados urbanos de la región. En general la situación puede resumirse en que el abastecimiento público de agua, el alcantarillado y los desagües son insuficientes, la descarga de aguas servidas domésticas e industriales deteriora seriamente la calidad de los recursos hídricos cerca de la zona urbana, y la mayor superficie urbana, junto con su permanente aumento, ha tenido en muchos casos efectos nocivos sobre el régimen hidrológico.

Con algunas excepciones importantes, puede afirmarse también que el sistema de manejo ha respondido en forma vacilante ante los conflictos materiales que se han suscitado. Los sistemas institucionales y administrativos de los recursos hídricos apenas comienzan a adaptarse al surgimiento de la zona metropolitana como principal usuario del agua, y a las repercusiones de este hecho sobre la calidad del medio ambiente. Sólo cuando la respuesta ha sido más firme se ha podido llegar a considerar las consecuencias sociales de los conflictos materiales relativos al uso del agua.

a) El conflicto material y su extensión espacial

Los cuatro casos estudiados ponen de manifiesto que el conflicto material más evidente proviene del uso creciente de los recursos hídricos como medio para eliminar desechos. En Bogotá, el deterioro de la calidad del agua entró en conflicto con el uso del curso inferior del río para esparcimiento y suministro de agua; en Santiago, con el riego; en São Paulo también con la recreación y el suministro de agua, y en Río de Janeiro con la recreación. Cada uno de los estudios muestra que existen conflictos cuya gravedad va en aumento. Fundamentalmente, dichos conflictos se relacionan con la contaminación biológica en estado bruto, la cual puede controlarse mediante el tratamiento de desechos. Otros problemas de la eliminación masiva de desechos, cuya existencia en otros lugares es bien conocida, no se reflejan en los estudios de casos; tales son, por ejemplo, la

/eutroficación y

eutroficación y la contaminación por metales pesados o por hidrocarburos de cadena larga. Esta situación, sin embargo, no se debe a la inexistencia de dichos problemas, sino a la falta de información sobre ellos. Se sospecha, por ejemplo, que en partes de la Bahía de Guanabara habría eutroficación si disminuyera la contaminación biológica en estado bruto.

La característica principal del conflicto entre la eliminación de desechos y los otros usos del agua consiste en la limitación espacial de sus efectos. El desarrollo urbano latinoamericano es de tal naturaleza que los grandes centros metropolitanos son sociedades aisladas y autosuficientes, en gran medida separadas de las áreas que los rodean.75/ Para los recursos hídricos y su manejo, esto significa que los efectos nocivos o los costos externos del conflicto recaen casi completamente sobre el área metropolitana inmediata; los efectos producidos aguas abajo, en cambio, normalmente son de escasa importancia. Las gastroenteritis en Santiago constituyen tal vez un caso clásico, y los efectos son casi siempre instantáneos. Por ejemplo, Buenos Aires, aunque está situado aguas arriba respecto de Montevideo, parece no contaminar las playas de Montevideo. Estas son contaminadas por los desechos del propio Montevideo, al igual que sucede con las playas bonaerenses. Esto se debe sólo en parte al tamaño del estuario del Plata.

El conflicto entre las zonas situadas aguas arriba y las ubicadas aguas abajo se refleja apenas en los casos estudiados. Como fenómeno general, el choque entre los intereses de unas y otras no se ha presentado aún, aunque en dichos casos se manifiestan incipientes signos de él. Por ejemplo, el riego en la parte inferior del valle del Maipo y del valle del Mapocho peligra debido al crecimiento de la demanda de agua en la zona metropolitana de Santiago. En el caso de Bogotá, la demanda de oxígeno de los desechos bogotanos no se hace

---

75/ Sólo en el sudeste del Brasil existe una región urbanizada de la magnitud de las europeas o norteamericanas. Véase, por ejemplo, el análisis de P.O. Pedersen, Urban-Regional Development in South America, UNRISD, Mouton, La Haya, 1975, especialmente el capítulo 5, y también el de Rubén D. Utria, Hacia un enfoque más integrado de los problemas y las políticas de desarrollo regional en América Latina, Siglo XXI, México, 1974, pp. 301-320.

/sentir actualmente

sentir actualmente en el río Magdalena, aunque se reconoce que no hay información respecto de metales pesados, hidrocarburos de cadena larga y otras formas potencialmente tóxicas de contaminación.76/ Incluso el sistema de uso del agua de São Paulo, a pesar de su magnitud, es en gran parte "cerrado" en la actualidad. Las descargas de desechos del área metropolitana contaminan las aguas de los ríos y canales de la zona urbanizada, el embalse de Billings y las playas de Santos. La contaminación afectaría a los usuarios ajenos al área metropolitana, sólo en caso de cambiarse el actual sistema hídrico y terminarse con la inversión del Tietê en el curso inferior de él.

Este análisis no ha tenido la intención de sugerir que la relación entre el uso del agua y el medio ambiente se restringe solamente a la contaminación y a la calidad del agua. Hay otros conflictos muy diversos. En Santiago, la lucha por el agua de riego no se limita al uso de agua insalubre; existen también restricciones de abastecimiento y pugnas por terrenos. Bogotá presenta un conflicto entre los regímenes naturales del río, cuyos altos caudales máximos producen inundaciones en la sabana, y la posibilidad de dedicar estos terrenos a usos urbanos. Estos ejemplos, sin embargo, muestran también deseconomías que se ciñen a la región metropolitana. La agricultura de riego en torno a Santiago produce para el mercado santiaguino, y el problema de las inundaciones de la sabana de Bogotá ocurre dentro de la región metropolitana. Esta situación se presenta principalmente debido a la naturaleza de la distribución de la actividad económica y de la población, y no porque carezcan de importancia los intereses de los sectores ubicados aguas abajo.

76/ Sobre este tipo de contaminación hay poca vigilancia en toda América Latina, a excepción de la relacionada con el control de calidad del suministro público de agua. Este hecho refleja que dicha vigilancia no ha sido necesaria en el pasado, y que en muchos lugares aún no lo es.

/Queda en

Queda en claro por lo tanto que en términos físicos los efectos externos se mantienen dentro de los límites de las regiones metropolitanas, aunque en la mayoría de los casos, no son tomados en cuenta en el proceso de decisiones. Los estudios de casos muestran que una sola unidad económica abarca todos los beneficios y costos o consecuencias de las decisiones relativas al manejo urbano del agua. Esta situación material, sin embargo, no se refleja en la comprensión administrativa de estas dificultades ni en la respectiva respuesta a ellas del sistema de manejo.

b) Cuestiones relacionadas con el manejo del agua

La demanda urbana de agua ya no entra en competencia con la demanda de otros usuarios, sino que está monopolizando el recurso; los usuarios no urbanos sólo pueden aprovechar lo que queda una vez que la ciudad se satisface. Estos conflictos materiales en cuanto al uso del agua no son el único aspecto de las consecuencias ambientales del manejo del agua en los grandes aglomerados urbanos de la región. Se ha dicho frecuentemente que los mayores problemas de la calidad del medio ambiente, en la región como en otras zonas en desarrollo, no consisten en la relación entre el hombre y su medio ambiente físico, sino en el medio ambiente social de los asentamientos humanos.77/

77/ En el cuarto párrafo de la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano se afirma lo siguiente: "En los países en desarrollo, la mayoría de los problemas ambientales están motivados por el subdesarrollo. Millones de personas siguen viviendo muy por debajo de los niveles mínimos necesarios para una existencia humana decorosa, privadas de alimentación y de vestido, de vivienda y educación, de sanidad e higiene adecuadas".

Se han hecho muchas veces referencias específicas a la importancia de un adecuado suministro de agua y de alcantarillado en América Latina. Véanse, por ejemplo, las resoluciones adoptadas en la Reunión Regional Preparatoria para América Latina y el Caribe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, E/CEPAL/1020, octubre de 1976.

En un estudio chileno reciente, la falta de suministro de agua y de conexiones de alcantarillado en las viviendas fue considerada índice de pobreza. Véase ODEPLAN - Instituto de Economía, Universidad Católica, Mapa de Extrema Pobreza, Santiago, 1975.

/Son muy

Son muy pocas las ciudades grandes que no presentan fuertes déficit en el suministro de agua potable a la población, y déficit aún mayores en cuanto a los sistemas de alcantarillado y de desagüe. Esta situación queda claramente de manifiesto en los casos estudiados. Normalmente, está más extendido el suministro de agua potable desde la red pública que la conexión a un sistema sanitario de alcantarillado. Aun así, puede estimarse que la tercera parte de la población de una ciudad cualquiera no cuenta con dicho suministro; en el caso del servicio público de alcantarillado, tal proporción tiende a invertirse. Naturalmente, los sectores más pobres de la población son los que carecen de servicios, y esta carencia forma parte del síndrome total de la pobreza. Implícitamente al menos, existe un conflicto entre la asignación de recursos para extender y mejorar las redes de suministro de agua y de alcantarillado y el tratamiento de las descargas residuales de los sistemas públicos, el control del vaciamiento de residuos industriales en cuerpos de agua o la vigilancia, análisis y control de los efectos de la expansión urbana sobre el régimen hidrológico.

Los medios para resolver este conflicto y la asignación óptima de recursos entre dichas actividades no se han examinado en este trabajo. En muchos centros metropolitanos (y también en los estudiados) los recursos disponibles para manejo de agua son limitados. Además, no suelen encontrarse sistemas institucionales que permitan estudiar en forma adecuada la asignación de recursos; aun cuando el estudio abarcara tales problemas, su planteamiento mismo habría resultado difícil. Sin embargo, existe la necesidad de proporcionar cierta idea de la magnitud probable de la inversión que exigirían el suministro de agua, el alcantarillado y el control de calidad del agua en América Latina. Sin tal cálculo de los recursos necesarios para obtener al menos un control mínimo de la relación entre el uso del agua y la calidad del medio ambiente, se hará sentir la falta de una referencia importante para el análisis que sigue.

/No es

No es posible calcular con precisión los costos futuros totales en términos tan amplios. De acuerdo con los diversos cálculos realizados, la inversión necesaria para alcanzar los objetivos del suministro de agua y de alcantarillado fijados para 1980 por los ministros de salud estaría entre los siete mil y los diez mil millones de dólares.78/ Es imposible calcular los costos totales de la mantención de la calidad del agua mediante tratamiento de desechos domésticos y otros tipos de control. La depuración de las aguas servidas puede ser onerosa, si se considera la inversión inicial y los costos de mantención y operación, pero tiene muchísimas alternativas, y las estimaciones actualmente existentes no permiten formarse una idea clara al respecto.79/ Sin embargo, no debe suponerse que la protección de la calidad de las aguas receptras de desechos tendrá un costo tan grande como los servicios de agua y de alcantarillado. En Bogotá, por ejemplo, de la inversión total estimada para el sistema de suministro de agua, desagüe y alcantarillado entre 1976 y 2000 (casi 1 400 millones de dólares), se necesitará sólo el equivalente de 92 millones para la depuración de aguas servidas.80/ El costo total de la protección de la calidad del agua sería mayor, puesto que dichos cálculos sólo se refieren a la inversión pública en instalaciones. En São Paulo, la inversión en depuración de aguas servidas se calcula en el equivalente de 36 millones de dólares, mientras que

---

78/ Los objetivos son los siguientes: en las zonas urbanas, un 80% de la población con conexión de suministro de agua y un 70% con conexión a un sistema de alcantarillado; en zonas rurales, 50% de la población con una fuente controlada de agua y un sistema sanitario de eliminación de desechos. Los detalles pueden consultarse en Pan American Health Organization, Ten Year Health Plan for the Americas, Washington, 1973, p. 50.

79/ Los costos de depuración varían según el tipo de la misma, el cual a su vez depende del nivel y tipo de contaminación, las normas vigentes en cuanto a calidad del agua, etc.

80/ Jaime Saldarriaga, op. cit.

/la inversión

la inversión total estimada en el sistema sanitario de eliminación de desechos y en el sistema de evacuación de aguas de lluvia hasta fines del siglo alcanza a mil doscientos millones.81/

De acuerdo con la información disponible, puede suponerse que las inversiones destinadas a mejorar la calidad del medio ambiente no entrarán en pugna con los servicios de agua en cuanto a la asignación de recursos. Es más probable que se susciten conflictos entre prioridades de los servicios de agua y las otorgadas a otras inversiones similares en infraestructura social. En los casos estudiados no parecen justificarse los temores comunes acerca del alto costo de la protección de la calidad del medio ambiente; sin embargo, tampoco se muestran datos suficientes como para desautorizarlos.

La conciencia de la naturaleza del problema de la expansión de los centros metropolitanos es en sí misma un tema fundamental para los que manejan el agua. Los cambios de escala o de magnitud del uso del agua, que marchan a la par con el desarrollo, y los consiguientes efectos sobre el medio ambiente, constituyen un aspecto particular del efecto general de cambios de escala en los problemas de efectividad institucional. El resultado de este fracaso del manejo urbano suele ser el caos material y la confusión institucional.82/ Afortunadamente,

---

81/ Companhia de Saneamiento Básico do Estado de São Paulo, Plan Diretor de Esgotos da Grande São Paulo, Soluçao Integrada, São Paulo, 1974.

82/ Un estudio reciente del CELADE distingue entre "grandes ciudades" y "ciudades grandes". Aunque el tema está presentado en términos de sus consecuencias materiales, siempre existe un elemento de falla institucional y de manejo que se vincula a las deficiencias materiales. "Con una carencia casi absoluta de servicios urbanos para grandes porciones de la superficie que ocupan; con grandes cantidades de habitantes viviendo en casas inadecuadas y en áreas donde campean la pobreza y la carencia de medios de educación formal mínima; ocupando un territorio desmesuradamente extenso para la población que lo habita con la consecuencia de innumerables problemas de todo tipo, las ciudades latinoamericanas son cada vez más ciudades grandes, pero no grandes ciudades." Ligia Herrera y Waldomiro Pecht, Crecimiento Urbano de América Latina, BID/CELADE, Santiago, 1976, p. 19.

/el manejo

el manejo de los recursos hídricos parece haber sido capaz de realizar relativamente bien la adaptación necesaria, hay evidentes ejemplos de deficiencias en dicho proceso.

Una de estas deficiencias consiste precisamente en que los procesos decisorios no toman en cuenta los efectos ambientales. Tal como lo muestran los casos estudiados, la forma que toma esta deficiencia institucional puede variar mucho. Por ejemplo, el problema de la coincidencia o falta de coincidencia de los límites surge incluso cuando el sistema de manejo contiene formalmente todos los mecanismos administrativos básicos, como sucede en los casos analizados. Esta cuestión aparece además de la ausencia de la institucionalización, y aparte de ella; sin embargo, ambos problemas están relacionados entre sí, por lo cual no siempre es fácil separarlos. Más que una ineficiencia del sistema institucional, la superposición de límites institucionales en el manejo de la parte superior del valle del Maipo parece reflejar una falta de reconocimiento de cómo ha cambiado la situación relacionada con el manejo del agua. En cambio, en Bogotá la falta de coincidencia entre límites físicos y límites institucionales, y en particular la relativa autonomía de la ciudad frente a la CAR, perjudica evidentemente al proceso decisorio.

En Brasil, tanto en Río de Janeiro como en São Paulo, una mayor coincidencia de límites institucionales y físicos, junto con una mejor comprensión de la naturaleza del problema, parecen haber contribuido a una más minuciosa consideración de los aspectos ambientales del uso del agua. Una etapa fundamental de este proceso en el Brasil fue el desarrollo del plan nacional de sanidad (Plano Nacional de Saneamiento - PLANASA), que ha llevado a una revisión general y completa del sistema administrativo de suministro de agua y de servicios de alcantarillado, así como a la concentración de los necesarios recursos financieros y humanos.83/

83/ Para una descripción de dicho plan, véase José Roberto de A.P. do Rego Monteiro, Water Supply at the National Level, a Permanent Solution, Oficina de Informaciones del Banco Nacional de Habitaçao, Río de Janeiro, 1972, y otras publicaciones del BNH, así como un número especial reciente de Ingeniería Sanitaria, Publicación trimestral de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria, Vol. XXIX, Nºs 1 al 4, Río de Janeiro, julio 1975-junio 1976.

/La internalización

La internalización de las deseconomías externas del uso del agua en la región metropolitana, que se debe a la limitación espacial de los conflictos materiales en cuestión, no significa que sus efectos recaigan igualmente sobre toda la población. Normalmente significa que los sectores más pobres de la población cargan más con dichos costos. La baja en la calidad de los recursos hídricos tiende a hacer más pesada la carga que constituye la falta de servicios urbanos. Desde el punto de vista de la equidad, sin embargo, el problema no consiste en asignar recursos al tratamiento de desechos o bien a la extensión de los servicios básicos; debe plantearse como una adaptación de todo el sistema social, destinada a repartir igualitariamente los costos de las deseconomías producidas por la expansión urbana y el crecimiento industrial. Las playas ubicadas en la Bahía de Guanabara son las contaminadas por descargas de desechos de Río de Janeiro. Estas playas son más frecuentadas por familias de ingresos bajos o medianos, mientras que los habitantes más acomodados prefieren Copacabana e Ipanema, en la costa atlántica. En la región metropolitana, los distritos en que viven los pobres suelen ser los que carecen de suministro de agua y de instalaciones de desagüe. Por lo tanto, la asignación de recursos para resolver conflictos materiales surgidos de la relación entre el centro urbano y los recursos hídricos presenta problemas de equidad; sin embargo, estos tal vez no sean los previstos. Dichos problemas no tienen que ver con la alternativa de asignar recursos para controlar la calidad del medio ambiente o para otras inversiones posiblemente más beneficiosas para grupos de menores ingresos. La baja en la calidad de los recursos hídricos cerca de la ciudad afecta más a los pobres que a los más acomodados. Esto podría sugerir una vez más que es necesario reconsiderar la tesis según la cual la calidad del medio ambiente es una preocupación de los ricos.

Finalmente, una vez adaptados los sistemas a un nuevo concepto del problema del manejo, una vez adecuados los límites institucionales a los físicos, y una vez aceptado que la calidad del medio ambiente

/no sólo

no sólo es preocupación de los más pudientes, se mantiene el problema de qué debe hacerse. ¿Cuál ha de ser la respuesta a tales problemas? ¿Puede aplicarse sin mayores modificaciones la experiencia de otras sociedades? ¿O es que debe haber un criterio claramente latinoamericano frente a lo que constituye una variante particular del problema de cómo incorporar consideraciones ambientales al proceso de manejo del agua?

c) La respuesta del sistema de manejo

Esta breve revisión de los problemas da pie para presentar un análisis de la respuesta del sistema de manejo observada en cada uno de los casos estudiados, y tal vez para preguntarse si dichas respuestas han sido apropiadas. Al comparar los cuatro casos estudiados, pueden apreciarse grandes diferencias, las cuales probablemente corresponden a la gama de respuestas existentes en la región. Al comenzar este análisis debe señalarse que en ninguno de los cuatro casos ha habido una total falta de acción. El sistema de manejo ha tomado una decisión positiva en todos ellos. Esto, por supuesto, no significa que dicha decisión haya sido adecuada, apropiada o del mismo tipo para cada situación.

En ninguno de los casos la acción emprendida ha significado una solución completa de las dificultades de manejo. En general, no se ha llegado a la etapa de iniciar acciones en gran escala para proteger la calidad del medio ambiente. Las acciones emprendidas pueden corresponder, a grandes rasgos, a una o a ambas de las fórmulas siguientes: i) adaptación administrativa destinada a permitir una mejor percepción de la naturaleza de la dificultad; es decir, adaptación de los límites institucionales a los cambios en la naturaleza del sistema físico que debe manejarse; ii) iniciación de investigaciones acerca de la naturaleza del efecto material de la expansión urbana sobre el ecosistema acuático.

De los cuatro casos estudiados, sólo en Río de Janeiro y São Paulo la acción de los sistemas de manejo ha abarcado aspectos de ambas formulaciones. Se han adaptado los límites administrativos a fin de reflejar la nueva percepción del sistema físico e incorporarla

/a la

a la centralización en CETESB y FEEMA de las actividades de regulación y de vigilancia de la calidad del medio ambiente. En Bogotá la acción ha sido más limitada, aunque se emprendieron estudios destinados a establecer la naturaleza del problema físico y su posible solución. En el plan local, el sistema administrativo es fragmentario, sin que haya coincidencia entre límites físicos e institucionales; la CAR está limitada a las partes superior y media de la cuenca del río Bogotá, y carece de ingerencia sobre la zona de la ciudad de Bogotá. En el plano nacional, la adaptación de la legislación ha tomado cuerpo en Colombia a través del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente, puesto en vigor recientemente, aun cuando los reglamentos correspondientes no se han dictado todavía. En Santiago no existe problema de límites desde un punto de vista formal e institucional, por cuanto los límites institucionales coinciden con los usos físicos; sin embargo, el sistema de hecho no opera de acuerdo con la situación legal. Para el organismo de manejo de los recursos hídricos, la Dirección de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, ha resultado difícil coordinar o controlar las actividades de los principales usuarios, algunos de los cuales son también instituciones del sector público. Ante el sector privado su gestión no ha sido mucho más exitosa y su influencia aparece insuficiente, salvo sobre los usuarios directos del agua. En cuanto a la acción del sistema de manejo, éste se ha limitado en Santiago a una pequeña investigación del problema de la calidad del agua, aunque otros aspectos del manejo del agua que son bien entendidos. Todavía no se ha estudiado a fondo la repercusión ambiental del crecimiento urbano o del mayor uso de agua sobre los recursos hídricos.

Desde el punto de vista de la comprensión de la relación entre el crecimiento urbano e industrial y los recursos hídricos, no puede negarse que Río de Janeiro ha respondido más integralmente. Sólo esta ciudad basó la investigación del problema sobre el desarrollo de

/modelos de

modelos de calidad del agua.84/ Técnicamente, se destacó la necesidad de conocer bien la relación entre las descargas de desechos y la distribución y naturaleza de la calidad del agua en el cuerpo receptor.

Los modelos permiten simular las diversas reacciones de la bahía ante los cambios en la distribución y el nivel de las descargas de desechos. Permiten también calcular la relación entre las descargas y el establecimiento de normas de calidad ambiente del agua; en términos financieros y económicos dicha relación se traducirá con el tiempo en las diversas inversiones necesarias para mantener tales normas.

En São Paulo y Bogotá, tales relaciones no se han investigado exhaustivamente todavía ni constituyen el núcleo del conocimiento técnico de la dificultad de manejo existente. Sin embargo, se ha comenzado a reunir la información necesaria, y, en el caso de São Paulo, se conocen bien las reacciones de algunas de las aguas receptoras ante las variaciones en la descarga de desechos. Así sucede, por ejemplo, con el embalse de Billings. En Santiago, no parece haberse realizado una labor sistemática para reunir la información indispensable.

d) Comentario final

La adaptación del sistema institucional de manejo de agua y la iniciación de refinados estudios técnicos son condiciones necesarias para incorporar felizmente las consideraciones ambientales al proceso de decisiones del manejo del agua; sin embargo, por sí mismas no son suficientes para alcanzar este objetivo. Hay muchos otros factores de importancia crucial, algunos de los cuales no fueron abarcados por los estudios de casos.

84/ No se pretende sugerir que los modelos de calidad o de cantidad de agua son siempre un elemento necesario para una respuesta adecuada. Sin embargo, tales modelos exigen una completa vigilancia del sistema físico. En Río de Janeiro, la FEEMA está extendiendo sus actividades de confección de modelos para abarcar los aspectos económicos de la relación entre el uso del agua y la calidad de la misma.

/Uno de

Uno de estos factores ya se señaló en este análisis: se trata de la transferencia de tecnología en forma de investigación y control de la calidad ambiental del agua y de sus recursos conexos. Esta materia no fue abordada explícitamente en los casos estudiados, pero la experiencia que ellos encierran parece sugerir que la transferencia tecnológica presenta pocas dificultades técnicas. Los modelos desarrollados en otros lugares pueden aplicarse en América Latina, las técnicas de tratamiento o depuración necesarias no presentan diferencias, las normas existentes de calidad del agua son aplicables casi universalmente, y la adaptación social no se hace difícil en este campo.

Dicha adaptación se dificulta, sin embargo, en el campo de los sistemas institucionales, en la regulación legal de las prácticas de uso del agua y en todas las formas de introducción y operación de un sistema de manejo del agua. La construcción de dicho sistema y su desarrollo deben acomodarse a las circunstancias propias de cada caso, y dependen de la asignación de recursos suficientes - tanto humanos como financieros - al sistema de investigación y manejo; por lo consiguiente, dependen del establecimiento de un sistema de vigilancia que reúne la información necesaria.85/ Si no hay suficientes recursos, la perfección del diseño formal de sistemas de administración no alcanzará ningún éxito. No puede aplicarse la tecnología si no existen los medios para aplicarla; la capacitación y asignación de los recursos humanos necesarios es el elemento clave de todo el proceso. Lamentablemente esta situación no ha sido analizada en los estudios de casos. La experiencia en la construcción y operación de instalaciones de depuración de aguas servidas, sin embargo, no es muy alentadora, a pesar de que la depuración es quizás el mecanismo de control de la calidad ambiental que resulta más fácil introducir y mantener.

85/ En Río de Janeiro, la FEEMA ha gastado veinte millones de cruceiros (dos millones de dólares) desde 1973 en las actividades de investigación y vigilancia necesarias para permitir el desarrollo de los modelos de calidad del agua de la Bahía de Guanabara.

/Capítulo IV

Capítulo IV

CONCLUSIONES

Este estudio sostiene, en primer lugar, que el manejo del agua en América Latina puede mejorar si se otorga mayor consideración a la calidad ambiental, y que si esto no se hace las generaciones actuales y las futuras soportarán un peso socioeconómico innecesario. En segundo lugar, afirma que los progresos en este campo provendrán, probablemente, de la aplicación de un criterio más sistemáticamente interdisciplinario a los procesos iterativos de investigación, planificación, factibilidad y diseño de proyectos y manejo de agua.

Durante el estudio, el tema del agua, el desarrollo y el medio ambiente provocó muy diversas reacciones entre las personas dedicadas a la investigación, la planificación y el manejo de recursos hídricos en la región. Algunos de ellos expresaron incertidumbre respecto de la naturaleza de los aspectos ambientales. Otros consideraron que el tema es "conservacionista" y que no corresponde a las necesidades reales del desarrollo. Una tercera posición afirmó que "medio ambiente" no es sino un término que exagera la importancia de aspectos que un buen manejo del agua y de sus recursos conexos debe normalmente tomar en cuenta. Aunque en general se reconoció que tales aspectos no siempre se habían considerado, se sostuvo que la especial jerarquía que establece el término "medio ambiente" ha dado como resultado una hipertrofia de la idea que representa, lo que distorsiona el proceso decisorio. Las opiniones expuestas hasta aquí revelan poca simpatía a que el manejo del agua tome en cuenta explícitamente la calidad del medio ambiente y a los posibles nuevos enfoques de la planificación, el diseño de proyectos y la operación de sistemas hídricos que esto puede suponer. Otras opiniones fueron totalmente favorables; solían provenir de instituciones relacionadas mediatamente con el manejo efectivo del agua, como por ejemplo oficinas de planificación, organismos nacionales de protección del medio ambiente o instituciones públicas responsables de la investigación o de la vigilancia de la calidad del agua.

/Dadas estas

Dadas estas diferencias de opinión, este capítulo comienza exponiendo nuevamente los principales conceptos subyacentes en este estudio, a fin de preparar el terreno para agrupar los principales temas y conclusiones del informe. Las conclusiones específicas sobre aspectos particulares se encuentran en los capítulos II y III; se intentará destacar aquí los resultados de carácter más amplio. Las generalizaciones siguientes van, en algunos casos, más allá de la información disponible, y deben por lo tanto considerarse más como sugerencias que como conclusiones. Lo anterior se aplica especialmente a ciertas experiencias de los estudios de casos, que sirven para examinar la validez de conceptos generalmente aceptados acerca de planificación y manejo de los recursos hídricos.

1. Nueva exposición de perspectivas

El permanente crecimiento de la población y de la actividad económica en América Latina han producido un aumento del número de sistemas hidráulicos utilizados, junto con un uso más intensivo de los aprovechados tradicionalmente. La mayor presión del hombre sobre su medio ambiente se manifiesta en obras de ingeniería cada vez mayores y más numerosas, destinadas a la desviación y regulación de las corrientes de agua; mediante niveles más altos de desechos materiales, subproductos de la concentración urbana y de la producción industrial, y mediante cambios en el uso del terreno, de los recursos forestales y de los recursos ictiológicos. Este aumento del uso del agua y de sus recursos conexos ha tenido y seguirá teniendo en el futuro cercano un efecto considerable sobre el medio ambiente. Una de las premisas básicas de este estudio es que el cambio en las relaciones entre el uso de los recursos hídricos, el desarrollo y el medio ambiente exige a su vez un cambio en los conceptos y criterios de planificación y manejo del agua. La cuestión fundamental consiste en cómo enfrentar el mayor efecto del desarrollo hídrico sobre el medio ambiente, y cómo manejar las demandas aparentemente desbocadas de los complejos urbano-industriales en expansión.

/En todos

En todos los niveles de desarrollo, la sociedad extrae del medio ambiente ciertos bienes y servicios que se combinan con el trabajo y el capital en el proceso de producción, consumo e inversión. El efecto del hombre sobre su medio ambiente toma dos formas: en primer lugar, competencia directa con otros miembros del ecosistema mediante captación de materiales o de servicios; en segundo lugar, descarga de residuos. En cualquier situación específica, la naturaleza de la relación entre sociedad y medio ambiente dependerá de las características socioeconómicas y culturales de la primera, y de las características biofísicas del segundo. Una generalización al respecto sólo puede llegar a afirmar que el aumento en el consumo total y en la productividad vinculada al mayor consumo por habitante trae consigo un aumento de efectos potencialmente negativos para el medio ambiente. En estas circunstancias o se tolera el daño ambiental, o bien la sociedad deja de lado el consumo, ya sea captando menos recursos del medio ambiente y descargando en él menos residuos, o bien asignando recursos a la protección del medio ambiente.

Por lo tanto, el tema clave es cómo manejar la calidad del medio ambiente para servir mejor a la sociedad. Hay dos objetivos - el mayor consumo y la conservación del medio ambiente - que tienden a entrar en pugna en el corto plazo. A largo plazo, la conservación del medio ambiente debe concordar con los objetivos globales de consumo de la sociedad. En el caso de los recursos hídricos, el problema de su manejo consiste en buscar medios para intensificar el uso del agua, atendiendo así las necesidades de una creciente población que aspira a un mayor consumo por habitante, y evitar al mismo tiempo daños innecesarios al medio ambiente. Además, quienes manejan el medio ambiente deben fijar el umbral de daño ambiental inaceptable para la sociedad, sean cuales fueren los beneficios de corto plazo. El manejo de la calidad del medio ambiente exige decisiones a través de todo el espectro de las instituciones sociales. En el plano nacional debe haber acuerdo sobre los objetivos de producción y consumo total, distribución espacial de la población y de la actividad económica, distribución del ingreso, empleo y distribución intergeneracional de recursos, considerando las consecuencias de esta última

/para la

para la conservación. También en este plano deben elegirse las medidas políticas, sociales y económicas que se utilizarán para cumplir con dichos objetivos. Los objetivos e instrumentos de política nacional constituyen el marco dentro del cual debe planificarse y manejarse el uso del agua. Uno de los principales rubros que deben considerar los encargados del manejo del agua es el de la eficiencia en la asignación de recursos y en la resolución de los conflictos del proceso; dicha eficiencia puede medirse mediante una o más relaciones entre los objetivos alcanzados y los diversos costos económicos y sociales, utilizando aquellos medios de logros objetivos y de costos que sean socialmente aceptables. En este caso, el manejo del recurso no sólo exige conocer las características hidráulicas, económicas y de ingeniería del agua, sino también el comportamiento de los sistemas sociales, institucionales y naturales dentro de los cuales se desarrollan los recursos hídricos.

El estudio no se refirió a una posible reorganización estructural de la sociedad destinada a proteger el medio ambiente. En cambio, se concentró en los instrumentos técnicos, económicos, legales e institucionales de que actualmente disponen los encargados del manejo del agua, y en las posibilidades de utilizarlos o modificarlos a fin de incorporar progresivamente aspectos ambientales a los procesos de decisión.

2. Incorporación de aspectos ambientales en la planificación y el manejo del agua

a) Alcance y limitaciones

Las nuevas orientaciones de planificación y manejo de los recursos hídricos dependerán de la capacidad organizativa y profesional que tengan los respectivos organismos para afrontar complejas y dinámicas interrelaciones entre sistemas naturales, sociales e institucionales. Tres temas aparecen una y otra vez en el informe: i) la necesidad de comprender claramente los asuntos en los cuales se manifiestan explícitamente objetivos múltiples, adaptación a sistemas naturales y existencia de elementos de incertidumbre; ii) la necesidad

/de adoptar

de adoptar un criterio amplio, que tome en cuenta el comportamiento de los sistemas naturales, sociales e institucionales; y iii la necesidad de integrar las diversas instituciones públicas y privadas que fijan los objetivos de desarrollo y conservación y que intervienen posteriormente en el manejo del agua y sus recursos conexos, atendiendo especialmente a la forma de dar un mayor poder decisorio a los beneficiarios.

La capacidad del sistema de manejo para responder a estas necesidades depende de las fuentes de poder financiero y decisorio, que a su vez determinan la voluntad política para fijar objetivos explícitos y garantizar el diseño y ejecución de las respectivas estrategias; depende asimismo de la capacidad técnica y administrativa para emprender actividades de investigación, planificación, vigilancia, evaluación y operación, y de los mecanismos de descentralización y de coordinación entre organismos. En los casos del Maipo, del Aconcagua y del Bogotá, la primera fuente de poder financiero y decisorio está en los organismos que utilizan el agua; las instituciones de manejo del agua tienen atribuciones limitadas en el campo técnico, administrativo y de coordinación. En São Paulo y Río de Janeiro, en cambio, los organismos de manejo tienen un poder considerable. En Caño Mánamo, La Chontalpa y San Lorenzo los beneficiarios (usuarios) de la regulación del agua intervinieron sólo en forma marginal en los procesos decisorios. En estas tres situaciones diferentes, puede esperarse una respuesta muy diversa de los sistemas de manejo, a las cuestiones ambientales.

La presión para actuar sobre la calidad del medio ambiente depende en gran medida de factores políticos. Es difícil que se realicen mayores cambios si los perjudicados por la más baja calidad ambiental tienen poca presencia política, si los procedimientos de manejo lesivos para el medio ambiente significan beneficios para los sectores políticamente más poderosos, o bien si estos últimos no muestran interés por el tema. El caso de la Bahía de Guanabara muestra una situación en la cual la intensificación ilimitada del uso de las aguas de la bahía creó presiones políticas destinadas a buscar una

/solución sistemática

solución sistemática para los conflictos entre diversos usos; en 1974 esto llevó a crear la FEEMA. Acrecentar estas presiones políticas y formar opinión favorable al manejo de la calidad del medio ambiente es una labor que corresponde al ámbito de los cambios estructurales fundamentales y de la "concientización", el cual rebasa los límites de este estudio.

La inclusión de cuestiones ambientales en las decisiones sobre el desarrollo y el uso del agua tiene diversos aspectos; los de planificación y manejo de los sistemas integrados más vastos parecen ser los más complejos y difíciles de abordar. Las estructuras organizativas, las jerarquías del mando, el alcance de las decisiones en los diversos niveles y las políticas de personal afectan conjuntamente la determinación de objetivos institucionales, el interés y la capacidad para planificar y diseñar proyectos y las posibilidades de integración. Además, los que deben manejar el agua operan en un medio que les impone restricciones en las cuales poco o nada pueden influir. Tales restricciones son, por ejemplo, las prioridades nacionales y regionales de desarrollo, las asignaciones presupuestarias, la tenencia de la tierra y las prácticas sobre mercedes de agua, las políticas fiscales y de precios, la población urbana y el crecimiento industrial, y el ambiente político general. Los cambios en cualquiera de estos aspectos pueden afectar negativa o positivamente la acción de los sistemas de manejo. Tales restricciones limitan en diversa medida las actividades de manejo del agua; sin embargo, en general dejan alguna amplitud para decidir acerca del tipo de acción que debe emprenderse.

b) Capacidad de planificación y de diseño de proyectos

Pocos países tienen planes nacionales de desarrollo, aunque varios de ellos hacen programaciones de sectores tales como energía, agricultura y transporte y en México y Venezuela, la planificación del sector hídrico ha evolucionado satisfactoriamente. Muchas veces los proyectos se revisan y seleccionan en la esfera sectorial; en general, sin embargo, las normas de calidad ambiental no están suficientemente especificadas como para influir en el diseño de proyectos

/y en

y en la operación de sistemas hídricos. Las posiciones "desarrollistas" y "conservacionistas" no siempre están claramente definidas. En lugares en que el problema consiste en dominar una situación en la cual todos los usos del agua y del terreno se subordinan a la demanda de una ciudad en rápida expansión, el manejo del agua no depende del diseño de proyectos aplicables a una represa, por ejemplo. Una vez más, se aprecia que las instituciones nacionales y regionales sólo comienzan a enfrentarse a los respectivos aspectos de calidad de medio ambiente. La FEEMA y la CETESB constituyen ejemplos de organismos de manejo del agua que han desarrollado una fuerte capacidad de investigación y de planificación a fin de enfrentar dichos problemas a escala regional.

En los cinco casos con sistemas de regulación hídrica estudiados, el diseño de proyectos o el manejo del agua no presentan limitaciones atribuibles a instrucciones sobre medio ambiente impartidas por organismos de planificación. En estas circunstancias, para incorporar al proyecto la consideración de factores ambientales habría sido necesaria la acción del organismo encargado directamente del proyecto. Dada la orientación "desarrollista" de la mayor parte de dichas instituciones a la fecha de la iniciación de los proyectos, no resulta sorprendende comprobar que se haya otorgado escasa importancia a la conservación de la calidad ambiental en el largo plazo.

Casi todas las instituciones de manejo y uso del agua son capaces de enfrentar los aspectos de ingeniería del diseño, de la construcción y de la operación. También han demostrado su capacidad para reconocer las deficiencias de su acción, principalmente atribuibles a una incertidumbre inicial respecto del comportamiento de los sistemas sociales y naturales y asimismo para proyectar y adoptar las correspondientes medidas correctivas. Han tendido a optar por soluciones de ingeniería, tales como nuevas obras de regulación o desviación de agua entre cuencas en Aconcagua, San Lorenzo y Caño Mánamo, o tratamiento secundario y terciario de las aguas servidas en Santiago y Bogotá; esta se ha considerado la forma más simple de dominar la

/situación. A

situación. A pesar de su evidente capacidad administrativa y técnica, muchas instituciones no están en condiciones de emprender una planificación que tome en cuenta una más amplia gama de alternativas de manejo. Una de tales alternativas podría ser concentrarse menos en las grandes obras de este tipo y destacar más la adaptación del manejo a la situación física y social existente: por ejemplo, en Santiago optar por la reglamentación del uso del terreno en las zonas regadas con aguas contaminadas, como alternativa al tratamiento de aguas servidas; en La Chontalpa o Caño Mánamo, cambiar las modalidades de cultivo, en vez de utilizar sistemas cada vez más complejos de avenamiento, riego y manejo de las capas freáticas. Consideradas superficialmente, tales alternativas pueden tener escaso atractivo económico; sin embargo, si se toma debidamente en cuenta la incertidumbre del cumplimiento de objetivos de largo plazo, pueden transformarse en alternativas viables de un programa de desarrollo.

Los casos estudiados ponen de manifiesto vacíos de información que evidencian la necesidad de una recopilación más sistemática del conocimiento, dentro de un marco cuidadosamente diseñado para identificar las materias claves. Dada la complejidad de las cuestiones relativas al funcionamiento de los sistemas naturales, sociales e institucionales, en muchos casos puede resultar difícil demorar la acción del sistema del manejo hasta que los científicos creen y pongan a prueba una serie de hipótesis sobre comportamiento de sistemas basados en la recopilación de gran cantidad de información. Sin embargo, sin investigación y retroalimentación a través de una continuada vigilancia y evaluación, la experiencia continuará siendo fragmentaria, la acción no llevará a comprender mejor las relaciones consideradas críticas, y la información obtenida seguirá manteniéndose en los archivos de las instituciones de manejo del agua.

Una "visión amplia sobre la base de sistemas" parece ser prácticamente indispensable para que los problemas hídricos de manejo del medio ambiente sean abordados efectiva y coordinadamente con el concurso de las diversas disciplinas necesarias. Tal criterio exige

/que planificadores

que planificadores y ejecutores entren en relación con los equipos de investigación. Para señalar los problemas claves, y debido a la complejidad del tema, los encargados de la investigación y la evaluación deben hacer esfuerzos máximos para aprovechar la experiencia operativa. La realización de una investigación verdaderamente interdisciplinaria, que permita con los que manejan el agua un intercambio y una acumulación de conocimientos provenientes de diversos tipos de proyectos debe basarse en técnicas de modelos (no forzosamente matemáticos) tales como los aplicados por la FEEMA, en los cuales se integren necesariamente las diversas disciplinas.

Para tal planificación es vital abordar en forma integrada los múltiples usos y objetivos del manejo del agua. Entre los factores que favorecen semejante criterio están los siguientes: la presencia de planificadores, cualquiera sea su especialidad, que tengan amplitud de miras y evalúen sistemáticamente los méritos comparativos, las limitaciones y la factibilidad de las alternativas para alcanzar los objetivos fijados; la ausencia de presiones institucionales que ciñan la planificación a límites disciplinarios y jurisdiccionales y a la preparación rápida de proyectos destinados a la acción inmediata; entre los decisores, la tolerancia de una planificación que considere las consecuencias de largo plazo y los posibles obstáculos de realización y tome debidamente en cuenta los factores de incertidumbre, la retroalimentación y la reorientación durante la ejecución; y la existencia de un espíritu de cooperación entre los equipos de planificación y las autoridades de los organismos públicos y privados relacionados con el uso del agua.

Es muy posible que estas condiciones sean utópicas. Sin embargo, si les sirven de modelo a los encargados de la planificación y el diseño de los programas y proyectos de uso del agua, puede producirse un progreso por etapas. El avance tiene que ser escaso si las actividades se planifican sobre la base de cada proyecto y están determinadas solamente por el personal interno, el presupuesto, el equipo y el calendario de actividades de una institución en particular;

/hasta ahora

hasta ahora esta ha sido la base del manejo del agua en la mayor parte de los casos estudiados. Dicho criterio no deja lugar a la definición clara de objetivos que tomen en cuenta el marco socioeconómico y el ecosistema del desarrollo, ni tampoco permite establecer las necesarias relaciones con las otras actividades vinculadas al desarrollo y al uso de un mismo cuerpo de agua.

En consecuencia, algunos campos en que se vislumbran posibles progresos son los siguientes: i) mayor integración de las instituciones, a fin de permitir la aplicación de procedimientos mejorados de diseños de proyectos y de planificación y su retroalimentación hacia la investigación y ii) la capacitación de personal con especialidades más amplias, apto para aplicar tales procedimientos.

c) Hacia una mejor integración

La experiencia de los casos estudiados parece sugerir, por razones de eficiencia económica y de calidad ambiental, la necesidad de una mayor unificación de la planificación y el manejo de los recursos hídricos. En primer lugar, deben extenderse los límites geográficos de los organismos de manejo, a fin de abarcar la cuenca receptora superior y los intereses afectados aguas abajo por las obras de regulación o por la contaminación del agua. En segundo lugar, debe ampliarse el ámbito funcional de las actividades, las cuales deberían incluir no sólo la construcción y el manejo de obras de ingeniería, sino también los factores socioeconómicos y del ecosistema. En tercer lugar, es necesario lograr mayor control sobre el uso del ecosistema, a fin de evitar un deterioro ambiental innecesario. Algunas de las condiciones básicas de una operación efectiva parecen ser: cierto grado de descentralización de las decisiones públicas, mayor participación en las decisiones de aquellos a quienes más afecta el desarrollo del agua, y la coordinación de los grupos privados interesados y de los organismos públicos correspondientes.

La palabra "coordinación" no significa consolidación de funciones en una sola organización; significa, más bien, la vinculación de componentes análogos de tal manera que sus realizaciones colectivas

/sean mayores

sean mayores que las que obtendrían actuando separadamente. Tanto en ivestigación como en operación, la parcelación de los esfuerzos ha constituido en varias ocasiones un grave inconveniente para la solución de cuestiones ambientales. En vista de que es necesario tener una visión amplia del sistema que se manejará, deberán intervenir diversas instituciones. Puede resultar favorable el hecho de que numerosos organismos públicos y privados estén dedicados a actividades de intensificación del uso del agua, o bien a actividades ajenas a dicho uso pero que afectan la calidad o la cantidad del agua. En este sentido conviene distinguir entre instituciones de manejo del agua y de uso del agua. En el río Bogotá o en el Aconcagua, por ejemplo, la CAR y la Dirección Nacional de Aguas son organismos de manejo del agua, mientras que la EAAB, EEEB, las municipalidad y las asociaciones de regantes son organismos de uso. Los organismos tienen conocimientos especializados de manejo y una variedad de ideas y de criterios. Sin embargo, en el marco de un sistema hídrico, especialmente de una cuenca hidrográfica, las diversas piezas que representan las distintas organizaciones no han llegado a formar un todo coherente, particularmente en los casos de los ríos Maipo, Aconcagua y Bogotá. A fin de lograr una visión común y más amplia del todo, deben crearse mecanismos de integración capaces de poner de manifiesto las desventajas de la acción particular y los beneficios mutuos de una más estrecha colaboración.

Los organismos encargados de las obras de regulación del agua - hidroelectricidad, riego y prevención de crecidas - gozan de una considerable autonomía. En términos de producción física sus objetivos son claros, y es relativamente fácil establecer la viabilidad económica y financiera de los proyectos. Por estas razones, tienden a mantenerse ajenos a las presiones destinadas a colocar sus actividades dentro de un marco de decisiones más amplio. La situación de las instituciones urbanas de uso del recurso hídrico - abastecimiento de agua, alcantarillado y desagüe - es similar. Aunque sus servicios no alcanzan a todos, como las instituciones

/cobran por

cobran por ellos, tienen un alto grado de autonomía financiera. El interés por la integración proviene muchas veces de los ministerios de salud o de los organismos de protección ambiental tales como la Subsecretaría de Medio Ambiente del Ministerio de Salud Pública en México, que se preocupa especialmente de la contaminación del agua proveniente de descargas industriales y domésticas. Sin embargo, el financiamiento y la autoridad de tales organismos han sido limitados, con las excepciones notables de la FEEMA y la CETESB.

En los nueve casos estudiados, la organización del manejo del agua presenta una amplia variedad, sin que ningún caso particular sea inherentemente superior a otro. En un extremo se encuentra el valle del Aconcagua, cuyo manejo está fuertemente dividido de acuerdo con el uso que se da al agua, y donde la coordinación se realiza en gran medida en torno a problemas específicos, salvo en años de grave sequía, cuando la Dirección Nacional de Aguas impone cierto grado de integración en el manejo. A pesar de que dicha institución tiene los medios legales para controlar el uso de los recursos hídricos, no ha contado con el apoyo financiero y técnico necesario para ejercer plenamente sus facultades. Los temas ambientales en el valle suelen suscitarse debido a la pugna por el uso de recursos hídricos y de terrenos que afectan la planificación del control de la erosión y la sedimentación; a la regulación del río para generar hidroelectricidad; al riego y la disolución de los desechos agrícolas, industriales, urbanos y mineros; al aumento del riego (incluso su transferencia hacia otras cuencas); a la atención de la creciente demanda urbana e industrial, y al control de la contaminación del agua. Aunque cada organismo en particular puede tener conciencia de los aspectos ambientales, a un solo organismo no le resulta factible - ni probablemente tampoco provechoso a corto plazo - planificar unilateralmente una acción preventiva o correctiva. No ha comenzado aún la planificación destinada a considerar las posibles consecuencias de una gran intensificación del uso del agua dentro del valle.

/El caso

El caso del Guri presenta un contraste muy marcado. La CVG es responsable del desarrollo de una amplia área geográfica que abarca la cuenca del Caroní, y por lo tanto es capaz de alcanzar el grado de integración que estime conveniente.

Río de Janeiro es tal vez el mejor ejemplo de la complejidad del manejo integrado en un lugar cuyo uso del sistema hídrico está prácticamente monopolizado por una ciudad. Además, la Bahía de Guanabara constituye un interesante modelo de integración institucional para protección del medio ambiente, bajo la autoridad de la Comisión de Control Ambiental. La FEEMA actúa como organismo ejecutivo de la Comisión, y opera en relación con los organismos estatales encargados del control de ríos y lagos, del alcantarillado y abastecimiento de agua, en todo lo relativo a la planificación, la fijación de normas, las licencias para actividades contaminantes y la vigilancia de la calidad del agua. Sin duda son las dos autoridades regionales, la CVG y la Comisión del Grijalva, las que han podido ejercer mayor control sobre el uso de los recursos. Por otra parte, posiblemente el valle de Aconcagua sea el caso agrícola en que existe más participación de los agricultores en las decisiones relativas al manejo de agua.

Se ha dicho con insistencia que los programas de desarrollo hídrico tienden a basarse en una visión demasiado limitada de los objetivos y del "sistema" hídrico que debe manejarse, y que dicha visión no ha considerado las posibles consecuencias ambientales. Una vez más es importante en este sentido distinguir entre las instituciones de uso del agua (que, por definición, tienen objetivos limitados) y las instituciones de manejo del agua, que están encargadas de adoptar un criterio más amplio. En algunos casos, la estrechez de miras es afianzada por la separación burocrática de las actividades que influyen sobre el uso del agua, y la limitada visión del uso que tienen los responsables de la planificación y del diseño de proyectos. Uno de los problemas consiste en que pocos organismos responsables de algún aspecto del manejo del agua cuentan con los recursos humanos necesarios para adoptar un criterio más amplio.

/Cuando cada

Cuando cada uno de los organismos se propone contar con una amplia dotación de especialidades, se produce automáticamente la duplicación y el despilfarro de los escasos recursos profesionales y financieros. En algunos casos, ciertas instituciones han intentado soslayar proyectos hídricos de objetivos múltiples debido a la dificultad para negociar y ejecutar los acuerdos entre organismos. Hay casos de coordinación escasa o nula entre los programas de extensión de riego y los organismos de reforma agraria. En uno de los casos, tres ministerios al mismo tiempo emprendieron diversos proyectos de recuperación de tierras en la misma región: cada uno de ellos contaba con su propia planificación, su propio diseño de proyectos y su propia capacidad de construcción e investigación. Si pudieran superarse los celos profesionales y los obstáculos burocráticos, habría amplia oportunidad de extender progresivamente el manejo del agua hasta los aspectos ambientales, utilizando las instalaciones y las capacidades humanas ya existentes.

Este trabajo se ha referido repetidamente a la necesidad de integrar mejor las actividades de los organismos relacionados con el uso del agua y de tener criterios más amplios en cuanto a las disciplinas y los plazos que deben considerarse. En muchos casos, simplemente no existen las corrientes de información, los mecanismos de evaluación y las medidas de coordinación necesarias para el manejo integrado de un sistema hídrico. A pesar de que las divisiones burocráticas de las responsabilidades han agravado la situación, la principal causa de ésta no ha sido la escasez de recursos o el desacuerdo institucional, sino la falta de un concepto intelectual unificador con una visión capaz de abarcar todos los aspectos de la finalidad del manejo de los recursos hídricos, así como de la investigación, la planificación y la acción necesarias para cumplir con dicha finalidad.

Cambiar un criterio fragmentario por uno más unificado depende de un cambio en actitudes institucionales y en formas de comportamiento ya firmemente establecidas, y que no se limitan al manejo

/de los

de los sistemas hídricos. La pregunta clave es la siguiente: ¿cuáles son las condiciones necesarias para iniciar un movimiento hacia una mejor integración? Algunos son partidarios de la descentralización, otros de la mayor participación de los beneficiarios y otros más de los grupos de coordinación. No existe una fórmula única. Las poderosas autoridades regionales o de cuenca hidrográfica, como la CVG, la Comisión del Grijalva o la Corporación del Valle del Cauca, tienen su función propia; también pueden desempeñar un papel importante organismos como la FEEMA y la CETESB, capaces de exponer los problemas y evaluar las acciones alternativas. Los comités de coordinación entre organismos difícilmente mejorarán la situación si los organismos respectivos no están convencidos de que es necesario crear un criterio integrado y compartir un amplio concepto del sistema en cuestión. Si pueden hacerse progresos en este sentido, se hace más factible reunir a todos los interesados, a fin de que participen en las decisiones.

d) Descentralización

La resistencia universal de los gobiernos a la descentralización parece ser una de las más graves limitaciones que enfrenta el manejo de agua en relación con la calidad del medio ambiente. Para poder funcionar, las grandes burocracias gubernamentales deben necesariamente aplicar procedimientos normalizados muy rígidos, que entran en conflicto con cualquier criterio que signifique flexibilidad, adaptación de grandes programas a las necesidades locales y obtención de apoyo local. Sin embargo, son precisamente estas últimas características las que contribuyen, según se cree, al manejo eficiente de la calidad del medio ambiente. La descentralización no es en modo alguno un problema simple. Puede no otorgar participación alguna a los beneficiarios, y puede incluso, en aquellos casos en que la distribución del ingreso constituye un problema, empeorar la situación existente entregando más poder e influencia a los oligarcas locales.

/En el

En el caso de la regulación del agua, suele considerarse que la cuenca hidrográfica o la autoridad regional son los mejores medios para conseguir la descentralización. Los países latinoamericanos han puesto a prueba diversas formas de dichas entidades durante muchos años. La experiencia de la CVG en este sentido es atípica, por cuanto en la región existían pocos intereses creados de otras empresas, y los grupos de intereses locales eran prácticamente inexistentes. En tales condiciones, la coordinación es una labor técnica más que política. Más representativo resulta tal vez como modelo la Comisión del Grijalva, la cual debió ciertamente enfrentarse a grupos locales de intereses y a instituciones federales y estaduales vinculadas al desarrollo de la región. A pesar de que la Comisión tiene amplios poderes sobre el desarrollo hídrico y del uso de la tierra, no ha entrado a fondo en el manejo de la cuenca hidrográfica. En el caso de la Chontalpa ha actuado como autoridad responsable del proyecto, y la relación entre el proyecto y el desarrollo general de la cuenca no se aprecia a primera vista.

En cuanto a los sistemas hídricos regidos por los grandes complejos urbanos, la situación es muy diferente. En ellos el principal problema de manejo reside en las causas y consecuencias del cambio en la calidad del agua. En tales casos, la responsabilidad recae generalmente en las autoridades municipales (como la FEEMA y la CAR) y en organismos del gobierno central, como la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México o la SEMA y el PLANASA en Brasil, que operan a través de tales autoridades.

Es evidente que son las consideraciones políticas las que determinan el grado de autonomía de los gobiernos locales, de las autoridades de cuenca hidrográfica o de las oficinas regionales y de proyectos de ciertos ministerios gubernamentales centrales, así como la medida en que se pueda delegar autoridad y responsabilidad en los organismos que trabajan en el terreno. La descentralización del manejo del agua plantea un dilema, y por lo tanto debe ser resuelta mediante transacciones.

/e) Participación

e) Participación de los beneficiarios

Deben buscarse los medios para que los grupos interesados (beneficiarios) tengan mayor y más efectiva presencia en el proceso decisorio. En este sentido se procedió en La Chontalpa mediante la formación de un fideicomiso de administración del proyecto, que cuenta con amplia representación de los beneficiarios de las obras de avenamiento y riego, así como de los organismos estaduales y federales. Tanto en los medios rurales como en los urbanos hay buenas razones para promover una mayor intervención local en la planificación y en las decisiones sobre uso del agua. A veces los usuarios conocen mejor las particularidades del sistema natural. Además, su participación en las decisiones hace más probable que tiendan a autorregularse los efectos ambientales provenientes del sistema social, o aquellos que afectan negativamente al sistema social; las adaptaciones necesarias pueden hacerse así en forma más rápida.

El problema de la prticipación de los beneficiarios es extraordinariamente complejo. En los casos de Caño Mánamo, San Lorenzo y La Chontalpa, inicialmente no se creó ningún mecanismo efectivo para hacer participar a los beneficiarios en el proceso decisorio; posiblemente una efectiva participación habría podido atenuar ciertos deterioros ambientales producidos posteriormente. La Chontalpa presenta el mejor ejemplo del problema. Probablemente habría sido imposible hacer ver a los residentes del proyecto cual era el completo cambio propuesto para el ecosistema agrícola-forestal y para la organización social, dándoles de ese modo una base sólida para sus decisiones y recomendaciones. Sin una imagen del futuro, ¿cómo habrían podido los beneficiarios evaluar racionalmente las proposiciones? La urgencia normal en la ejecución de proyectos hizo imposible todo intento de contestar tales preguntas, y los grupos locales no estuvieron en situación de aconsejar acerca de las avanzadas técnicas de desarrollo adoptadas. Esto dio como resultado un sistema social y productivo de escaso interés para los beneficiarios, que tenían muy poca capacidad para manejarlo.

/La presión

La presión de los mismos beneficiarios es fundamental para que puedan organizarse a fin de promover sus intereses. A su vez, dicha presión depende de cómo ven la utilidad de dicha organización dentro del medio institucional en el cual deberá funcionar. En un marco urbano, la creación de la FEEMA respondió a la preocupación de los "usuarios" por el deterioro de la calidad de la Bahía de Guanabara y sus alrededores. En cambio, en La Chontalpa casi toda la iniciativa de organización provino de la Comisión del Grijalva. Los 22 nuevos ejidos colectivos se impusieron fundamentalmente durante los primeros años del proyecto, y la unión de ejidos se creó y promovió a fin de que representara a los ejidos en las cuestiones legales de sus tratos con los organismos públicos, y para que proporcionara servicios de comercialización y de compra.

En el caso del manejo del agua, el concepto de beneficiario debe ampliarse para abarcar no sólo los que aprovechan un programa particular de manejo, sino todos aquellos que podrían sufrir pérdidas debidas al mismo proceso. En ninguno de los casos hubo un mecanismo formal mediante el cual pudieran estar representados en la resolución del conflicto tanto los beneficiarios (usuarios ubicados aguas arriba) como los perjudicados (usuarios ubicados aguas abajo). En estas circunstancias, parece haber lugar para poner a prueba la aplicabilidad de la ley del interés público. La nueva ley de protección en Colombia parece dar ocasión para tales actividades; de hecho, las municipalidades ubicadas en la parte inferior del río Chicamocha han presentado una queja en contra de la Empresa de Acero Paz del Río, acusándola de contaminación fluvial.

f) Repercusiones relativas al personal y a su capacitación

Respecto de las calificaciones del personal de las instituciones vinculadas al uso del agua y su relaciones ambientales, se suscitan las seis preguntas siguientes: i) ¿están bien claras para la institución qué preguntas deben hacerse sobre sus operaciones para identificar los temas de interés y conflictos ambientales producidos por una intensificación del uso del agua? ii) ¿están claros para

/la institución

la institución qué profesionales necesitaría y cómo los utilizaría, para plantear y resolver los problemas pertinentes? iii) Suponiendo una respuesta afirmativa a la pregunta i), ¿está dispuesta la institución a contratar el tipo de profesionales necesarios en todas las disciplinas indispensables para que, en unión con otros organismos, pueda planificar, diseñar y poner en práctica programas integrados de uso del agua? iv) ¿puede la institución ofrecer remuneraciones y oportunidades profesionales suficientes como para atraer y conservar profesionales de la calidad requerida? v) ¿están disponibles dichos profesionales? vi) Si no lo están, ¿qué tipo de capacitación y de perfeccionamiento del personal sería más adecuado?

Las respuestas a estas preguntas dependen principalmente de la estructura del manejo del agua y de la competencia, temple y amplia visión de sus autoridades. Ya que aparentemente en la mayor parte de los países los sistemas de manejo no se encuentran actualmente en situación de considerar o de enfrentar los problemas ambientales, se podría preguntar por qué un organismo habría de tomar la iniciativa de interesarse en contratar profesionales para examinar ciertos componentes del sistema que tradicionalmente se pasan por alto. La respuesta depende en parte de consideraciones similares a las ya analizadas, como la voluntad política así como la planificación y política nacionales. Para tomar cualquier medida destinada a incorporar aspectos ambientales más amplios en las decisiones relativas al uso del agua mediante la modificación e integración de funciones institucionales, la presencia en los organismos correspondientes de un núcleo mínimo de personal capaz de aplicar nuevos criterios constituye un requisito previo. Además, no está claro del todo que la iniciativa de crear nuevos criterios radique exclusivamente en las máximas autoridades. Puede postularse que las ideas que surgen en las categorías profesionales pueden ascender hasta la administración. Poner a prueba esta hipótesis tendría importantes consecuencias para la capacitación.

/Un aspecto

Un aspecto clave en cuanto al personal constituyen las particularidades de los sistemas de personal de cada organismo y las estructuras salariales y sistemas de promoción del servicio público. De todos los casos examinados, siete eran manejados por organismos nacionales y dos por organismos estaduales. Varios organismos especializados - la comisión del Grijalva, la CVG, la FEEMA y la CETESB - gozan de especial autonomía y ofrecen oportunidades profesionales y remuneraciones mucho más atractivas que las de actividades regidas por normas de servicio público impuestas a ministerios de agricultura, obras públicas, salud e industria y comercio, vinculados también, en diversa medida a los casos estudiados. En casi todos los servicios públicos, las normas de promoción vertical atentan contra la descentralización de las decisiones y de las iniciativas. Los puestos principales están generalmente en la capital; por ello, los funcionarios emprendedores que trabajan en el terreno deben aspirar al traslado. El obstáculo consiste en que la promoción de funcionarios locales competentes sin el correspondiente traslado exige automáticamente que se les dé mayor autoridad y responsabilidad, las cuales tendrían que restarse a la oficina principal. En los casos de la Comisión del Grijalva y de la CVG, en cambio, personas altamente calificadas han seguido trabajando en el terreno, y el avance profesional del personal no se ve perjudicado en modo alguno por el hecho de trabajar en un plano local. Además, se ofrecen incentivos financieros para compensar la diferencia en las condiciones de vida. Una situación similar existe en algunas instituciones brasileñas.

Producir innovaciones importantes en el sistema de servicio público de cualquier país es tarea extremadamente difícil. Por razones prácticas parece que cualquier modificación destinada a establecer un enfoque más creativo en la planificación y manejo del agua deberá realizarse dentro de las normas vigentes respecto del personal.

Es difícil calcular la falta de personal calificado en cada país. El agua no es, como la agricultura, un sector en el cual puede delinearse una secuencia completa de capacitación de personal

/a través

a través de todos los niveles de educación sistemática y no sistemática vinculada a la investigación y a la extensión. En tal situación se podría visualizar una estructura unificada de desarrollo de personal. Podría recomendarse que los establecimientos de educación media y las universidades creen cursos de ecología, antropología, análisis de sistemas, etc.; sin embargo, el saber si las personas así capacitadas terminarían por incorporarse al manejo del agua es otro problema completamente distinto. Además, el sistema educativo de un país debe considerar una amplia gama de elementos al establecer sus prioridades, y no sólo aquellos destinados a aumentar el número y a extender el ámbito disciplinario de las personas calificadas que podrían ofrecerse a los organismos gubernamentales de manejo del agua.

Debido a esta situación, resulta improcedente una evaluación rigurosa de las necesidades de capacitación del manejo del agua. Los problemas centrales se refieren en general al tipo de preparación universitaria más apropiada para crear profesionales en el campo del manejo de recursos, y en particular al tipo de formación dentro del empleo que podría ofrecerse al personal de las instituciones de planificación y manejo de agua. En relación con la formación universitaria, cualquier recomendación debería basarse en una cuidadosa revisión de los programas universitarios latinoamericanos en todas las disciplinas pertinentes para el manejo de la calidad del medio ambiente. Existen en la región varias instituciones que ofrecen cursos especializados sobre medio ambiente, como la Universidad Javeriana de Colombia, el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) en Venezuela y la Universidad Metropolitana en México. En otros lugares, el campo del manejo de recursos compete a los departamentos de ecología y economía agraria (economía de recursos). Si se toma en cuenta la amplitud de dicho campo y la falta de adecuada docencia y programas de investigación universitaria en la región, podría

/pensarse en

pensarse en promover un solo centro de excelencia en cada país, el cual proporcionaría un complemento interdisciplinario al campo de especialización. Incluso se podría considerar una especialización internacional de postgrado.

La formación dentro del empleo no presenta esa complejidad. En cada país, su clientela puede identificarse con facilidad. A diferencia de un programa universitario, la formación dentro del empleo puede crearse y organizarse para capacitar grandes números de alumnos en un tiempo relativamente corto, y puede ser reducida o desmontada sin mayores alteraciones una vez atendida la máxima demanda. De antemano se puede defender vigorosamente la creación de dicha actividad, tanto en el plano nacional como en el internacional.

g) El papel de la colaboración internacional

Al considerar los intercambios internacionales de conocimientos y experiencias vinculados al manejo de recursos, se plantea el problema de si los criterios analíticos y de planificación, el diseño de la ingeniería o los procedimientos de manejo pueden (o deben) ser: i) transferidos de otros países (de la región o de fuera) y aplicados directamente; ii) transferidos y adaptados antes de su aplicación, o bien, iii) desarrollados totalmente dentro del país o de la región. El papel de la colaboración internacional tiene que basarse en la premisa de que las técnicas pueden ser transferidas o adaptadas. Aunque desarrollar tecnologías autóctonas puede ser necesario, no puede negarse la utilidad de aprovechar gran parte de la experiencia de países dentro y fuera de la región, en cuanto a manejo de agua e incorporación de aspectos ambientales.

En América Latina, ciertas instituciones han reunido un conjunto de experiencias y de conocimientos que serían de gran valor para ampliar y afianzar criterios relativos al manejo de agua en otros países de la región. Para referirse solamente a los casos estudiados en esta investigación, puede decirse que la FEEMA y la CETESB han desarrollado una amplia capacidad de análisis de problemas de calidad

/de agua.

de agua. Ofrecen interesantes modelos de transferencia y aplicación de técnicas foráneas y de la creación en cada institución de un equipo muy calificado, capaz de modificar técnicas extranjeras o de desarrollar técnicas nuevas para responder a situaciones locales cuyos valores culturales, estructura institucional, objetivos políticos o disponibilidad de información son muy diferentes. La CVG, con el apoyo de varias instituciones académicas venezolanas (el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), y la Universidad Central Venezolana (UCV)), ha recogido amplia información acerca del manejo de cuencas hidrográficas y los problemas del manejo de suelos ácidos sulfatados con avenamiento. Un conocimiento similar sobre el manejo del agua y sus efectos ambientales han reunido la CAR, la Corporación del Valle del Cauca, la Comisión del Grijalva y la Dirección de Aguas en Perú.

Hay además un gran número de organismos internacionales que realizan actividades en este campo: la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en riego, ciencia forestal, pesquerías en aguas interiores y erosión de los suelos en zonas agrícolas; la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en precipitación y control meteorológico; la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en hidrología y en el Programa sobre el Hombre y la Biosfera; la Organización Mundial de la Salud (OMS) en calidad del agua y salud humana; el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en cuanto a las grandes consecuencias ambientales de cambios en la cantidad de agua (caudales) y en su calidad; y la Organización de Estados Americanos (OEA) en el desarrollo de recursos regionales y naturales. Se han realizado varios estudios particulares de cuencas hidrográficas, financiados por gobiernos nacionales, por el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) o por la OEA. Sin embargo, no se ha conseguido que dichos estudios tengan un efecto acumulativo sobre la investigación, la planificación, la evaluación de proyectos, la formación dentro del empleo y la capacitación universitaria ni tampoco que lleven a preparar sistemáticamente un conjunto de

/profesionales capaces

profesionales capaces de señalar los problemas del manejo de recursos (especialmente los que implican el manejo del medio ambiente biológico) y de realizar investigación y evaluación progresiva de la acción a fin de mejorar las decisiones relativas al desarrollo.

Existe una clara necesidad de institucionalizar y de difundir el conocimiento existente. Las organizaciones multilaterales y bilaterales se encuentran en una situación privilegiada para emprender actividades útiles sobre una base multinacional, cosa que no puede hacer por su cuenta cada país en particular. Esta labor abarcaría la investigación comparativa, la reunión y distribución de información pertinente, ciertos tipos avanzados de capacitación y seminarios para personas de diversos países con problemas comunes, a fin de aprovechar la experiencia adquirida.

Los proyectos experimentales pueden considerarse, con gran fundamento, uno de los campos más promisorios de cooperación internacional. Ellos pueden crear foros en los cuales los que se dedican a la investigación, la planificación y el manejo de los recursos hídricos latinoamericanos intercambien ideas y experiencias. Estos proyectos, aplicados al inventario de recursos, a la colonización, a la educación, etc. se han realizado hasta ahora suponiendo que se afianzarían y se transformarían en bases para programas nacionales. Esto en muchos casos no ha sucedido, debido a razones diversas, entre las cuales se cuentan la falta de una evaluación previa de su viabilidad en el largo plazo y la falta de un compromiso político permanente. A la luz de esta enseñanza, los proyectos experimentales deberían derivarse de actividades nacionales ya en realización que cuenten con impulso y con seguridades de amplio apoyo. En esta circunstancia podrían iniciarse proyectos para desarrollar, poner a prueba y vigilar alternativas de manejo que tomen en cuenta los acpectos ambientales.

El eje de todo programa de cooperación internacional debe ser el desarrollo en cada país de recursos humanos capaces de formular y evaluar los problemas de manejo del agua, y de determinar cuándo

/y cómo

y cómo transferir, adaptar o desarrollar técnicas apropiadas para dicha labor. Al enfrentarse a los aspectos operacionales de este problema, deben plantearse dos preguntas: i) ¿cuáles son las ventajas comparativas de la creación de instituciones internacionales de capacitación especializada en el manejo de recursos hídricos y de calidad ambiental en relación con crear una capacidad similar en un número limitado de instituciones nacionales? ii) ¿qué criterios podrían utilizarse para elegir entre los candidatos a capacitación: la capacidad profesional y la experiencia, o las necesidades relativas del país de origen de un candidato? Ninguna de estas dos preguntas es fácil de responder. La forma más fácil de salir del paso consiste en decir que i) ambos tipos de capacitación deben desarrollarse paralelamente y ii) que debe haber dos vías, una abierta a todos los países y otra, menos avanzada, abierta solamente a aquellos candidatos cuyos países de origen presentan grave escasez de personal capacitado en planificación y manejo del agua.

Parece muy recomendable desarrollar algunos programas interdisciplinarios de postgrado a muy alto nivel acerca del manejo de recursos en la región, aunque no es probable que más de uno o dos de ellos se especialicen en el agua. Al mismo tiempo, es prácticamente indudable la necesidad de cursos interdisciplinarios de formación en el empleo, basados en un enfoque de sistemas, y de un curso centrado en el estudio de un caso o en un seminario basado en un proyecto experimental. Tales cursos podrían tener una duración de entre uno y cinco meses, con unos 15 o 30 participantes. En ambos casos su realización depende: en primer lugar, de la disponibilidad de fondos para un equipo interdisciplinario compuesto de entre cuatro y seis profesionales que no sólo deberían enseñar, sino también investigar; en segundo lugar, del financiamiento de becas que hicieran posible la participación de personas de toda la región (en el supuesto de que sería contraproducente - y probablemente irrealizable en términos financieros y técnicos - emprender en esta etapa actividades de capacitación en cada país); y, en tercer lugar,

/de la

de la disponibilidad de estudios de casos o de proyectos experimentales en que se manifieste un progresivo desarrollo y manejo de los recursos hídricos, los cuales servirían de basa para la investigación, la evaluación y los seminarios.

Una red regional que se base en un número limitado de proyectos experimentales y que haga posible la capacitación, la investigación, la evaluación y el intercambio de experiencias entre los que manejan el agua, los planificadores y los investigadores, parece muy conveniente. Este es un objetivo de colaboración internacional que exige una aproximación por etapas.

3. Asuntos pendientes

La conclusión fundamental de este estudio es que deben cambiar los criterios de manejo de los recursos hídricos en América Latina. Esto exige replantear la manera de enfrentarse a los sistemas naturales y sociales, a fin de evitar el innecesario deterioro del medio ambiente y las deficiencias en la acción económica que se manifiestan a través de toda la región. Si no existe una reorientación, es probable que aumente exponencialmente el efecto negativo ambiental por la mayor presión sobre los recursos hídricos, debido a la mayor población y a las necesidades del desarrollo. Debe darse mucho más importancia a la especificación de objetivos económicos y sociales y a la necesidad de mantener la productividad de largo plazo de los ecosistemas naturales. Esto implica un mayor conocimiento de cuestiones claves relativas al funcionamiento, al comportamiento y a las interrelaciones de los sistemas físicos, sociales e institucionales que rigen el uso del agua y sus consiguientes efectos sobre el medio ambiente.

Las modificaciones no se producirán con facilidad. Las estructuras organizativas, las de personal y la capacidad de coordinación entre organismos deben sufrir una adaptación. Las autoridades de manejo deben convencerse de que los cambios propuestos son valiosos en la práctica. Antes de que esto suceda, deberán plantearse muchas

/preguntas todavía

preguntas todavía sin respuesta. Se ha dicho poco acerca de los aspectos legales, institucionales y políticos de añadir una dimensión ambiental a la planificación y el manejo del agua en la región. Se trata de problemas complejos y difíciles. ¿De dónde provienen los lineamientos para la formulación de las decisiones de política y manejo del agua, y cómo se transmiten? ¿Dónde surgen las nuevas ideas, y cuál es su mecanismo de incorporación a las decisiones de los organismos de manejo de agua? ¿Qué pasos habría que dar para buscar nuevos medios de alcanzar la coordinación institucional o la descentralización? Además de estos aspectos institucionales, existen cuestiones relativas a las técnicas analíticas y a la disponibilidad de información fidedigna que de origen a proyecciones convincentes de las probabilidades de los diversos resultados correspondientes a vías optativas de acción. Es necesario volver a evaluar las relaciones entre beneficios y costos y las matrices que expresan los efectos ambientales, en cuanto estos sirven de base para decisiones. ¿Cómo se identifican las cuestiones ecológicas, sociales y económicas claves dentro del vasto conjunto de variables que afectan las decisiones relativas al manejo de recursos en el largo plazo? Además de los aspectos institucionales, técnicos y de información, es necesario investigar más a fondo el tema de cómo infundir en los organismos de manejo de agua, una demanda de profesionales capaces de formular y analizar asuntos del medio ambiente, y cómo atender tal demanda. ¿Cuál es la capacidad actual de las universidades o de los institutos de capacitación de la región para ofrecer cursos especializados e interdisciplinarios, sean estos cursos breves de formación en el empleo, de pregrado o de postgrado? ¿Debería dividirse el campo o existir especialización entre tales instituciones? ¿Cuál debería ser el contenido de los cursos y cuáles las áreas prioritarias de especialización y de cursos ofrecidos?

/Para abordar

Para abordar estos temas, que están vinculados entre sí, parece haber buenas razones para considerar seriamente un criterio que una la investigación, la capacitación y la evaluación interdisciplinarias con ciertos proyectos específicos de desarrollo del agua o con ciertas situaciones de manejo de la misma cuya acción ya se realiza en diversos países. Esto daría una oportunidad de poner a prueba hipótesis acerca de los nuevos criterios, de afinar la metodología y de valorar mejor el tipo de capacitación necesaria.

/Anexo A

Anexo A

RESUMEN DE ALGUNOS ESTUDIOS DE CASOS PREPARADOS
PARA EL PROYECTO ADEMA *

* Estos estudios fueron preparados por consultores nacionales.

Introducción

En el presente anexo se exponen en forma resumida cuatro de los seis estudios de casos preparados para el proyecto ADEMA. Se eligieron dos estudios de casos urbanos (Río de Janeiro y Bogotá) y dos estudios de regulación de las aguas (ríos San Lorenzo y Guri) que se consideraron representativos de los problemas examinados en este informe preliminar.1/

Los estudios de casos que abarcan un amplio campo tanto en lo que se refiere a los problemas estudiados como a la metodología empleada en cada uno de los ánalisis, sirven de base a una parte importante del análisis y conclusiones del proyecto.

A. ANALISIS DE LA CONTAMINACION DEL RIO BOGOTA Y SUS SOLUCIONES 2/

1. Descripción general del sistema estudiado

La hoya del río Bogotá está localizada en la parte central de Colombia y es tributaria del río Magdalena. En ella se encuentra localizada la ciudad de Bogotá con una población de 3.5 millones de habitantes que crece a una tasa de 6% anual. La hoya está situada a una altura de 2 600 mt teniendo una caída formidable - de más de 2 000 mt - en los últimos 150 km antes de desembocar en el río Magdalena.

a) El sistema actual

La hoya puede dividirse en tres subcuencas. (Véase el gráfico 1.)

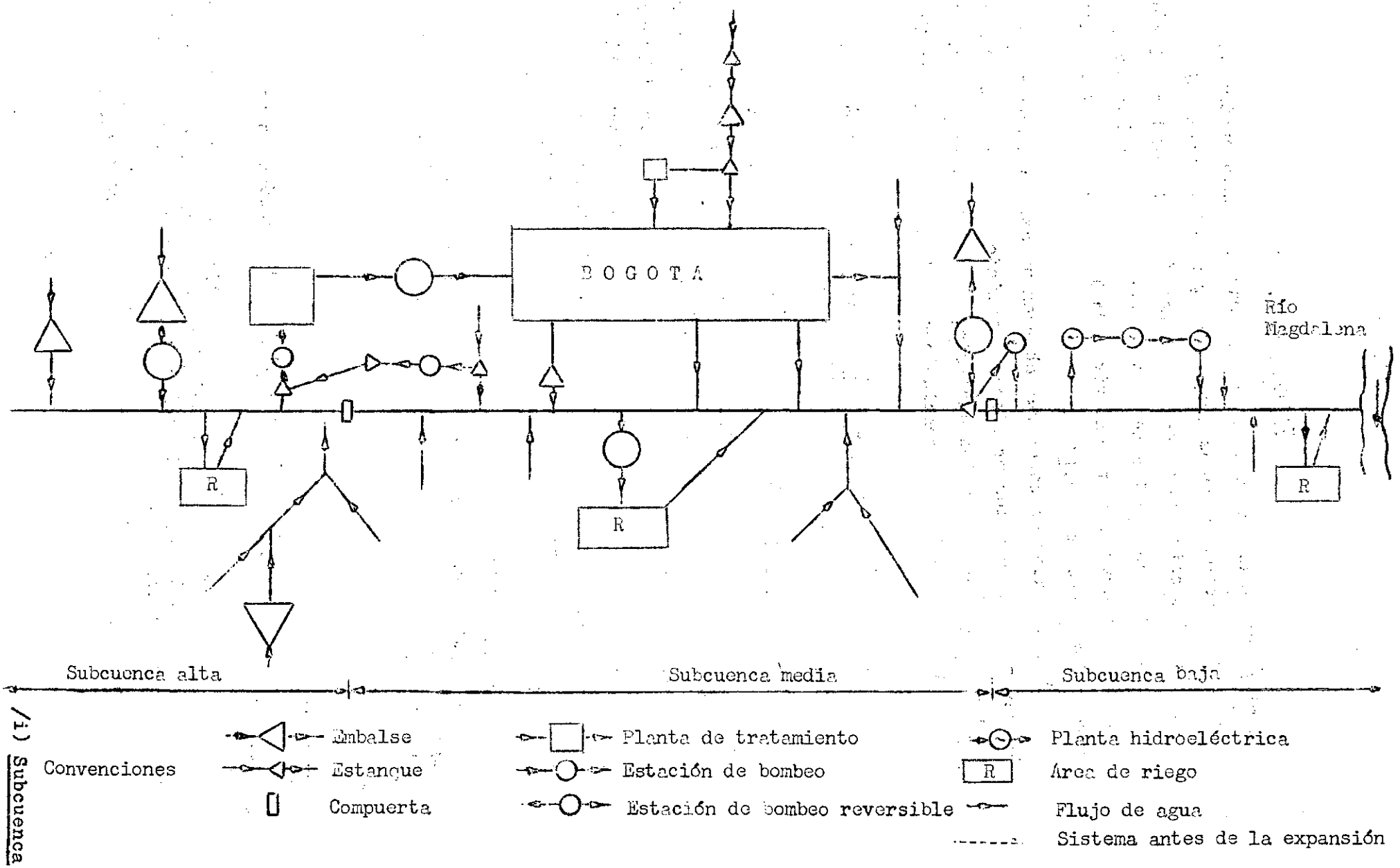
1/ En la versión revisada se incluirán los resúmenes de la totalidad de los casos.

2/ Este resumen se basa en el estudio titulado: "Análisis de la contaminación del río Bogotá y sus soluciones", preparado por el consultor Jaime Saldarriaga y el asesor Sr. Germán García Durán.

/Gráfico 1

Gráfico 1

DIAGRAMA FISICO DEL SISTEMA HIDRICO ACTUAL



/i) Subcuenca

i) Subcuenca alta. Corresponde a la zona de drenaje aguas arriba de las compuertas de El Espino que controlan el nivel del agua para su captación con destino a Bogotá. Abarca una superficie de 1 809 km^2, con un rendimiento hídrico superficial promedio de 14.2 m^3/s y tiene una población total de 69 000 habitantes, registrando una tasa anual promedia de disminución de 0.2% durante los últimos años.

En esta subcuenca está localizada la mayor parte de la capacidad de almacenaje de todo el sistema, representada por tres embalses cuya finalidad es regular el río Bogotá para aumentar el caudal mínimo confiable para el acueducto de Bogotá y para la generación de hidroelectricidad en la subcuenca baja. Estos embalses sirven asimismo para prevenir las crecidas del río Bogotá, y por consiguiente para mejorar el drenaje de sus afluentes. El cuadro 1 muestra la capacidad de almacenaje útil de estos embalses, y sus respectivos aportes hídricos promedio.

Cuadro 1

CARACTERISTICAS DE LOS EMBALSES DE LA SUBCUENCA ALTA

Embalse	(1) Capacidad de almacenaje útil (millones de m^3)	(2) Aporte hídrico medio $\frac{10^6 m^3}{año}$	(3) Aporte hídrico medio m^3/seg	$\frac{(1)}{(2)}$ relación entre el escurrimiento y el volumen anual embalsado
Tominé	690	126	4.00	5.48
Neusa	100	61	1.93	1.24
Sisga	96	89	2.82	1.08
Total	886	276	8.75	3.22

Existe además una estación de bombeo reversible instalada aguas abajo del embalse de Tominé, con una capacidad de 8 m^3/s, para enviar agua desde el río Bogotá hacia el embalse y generar energía hidroeléctrica. La capacidad de almacenaje en los embalses y la estación de bombeo permiten regular bastante bien el caudal del río Bogotá en las compuertas de El Espino, pudiéndose obtener en este sitio un caudal confiable del orden de 70% de la escorrentía media anual.

/ii) Subcuenca

ii) Subcuenca media. Es el área de drenaje comprendida entre El Espino y las compuertas de Alicachín que controlan el nivel del agua para su captación con destino a las plantas hidroeléctricas. Comprende una superficie de 2 472 km^2, con un rendimiento hídrico superficial promedio de 15.9 m^3/s y una población actual de 3.7 millones de habitantes que crece a una tasa promedio anual de 5.7%.

La ciudad de Bogotá está situada en la parte izquierda de la subcuenca y se ha extendido sobre las áreas de drenaje de los ríos Juan Amarillo y Fucha y sobre la parte baja del Tunjuelo, continuando su prolongación hacia el río Soacha. La capital se abastece principalmente de la planta de Tibitó, que proporciona actualmente 7.5 m^3/s para su distribución en la ciudad. También se abastece la ciudad, aunque marginalmente, de la planta de Vitelma cuya capacidad es de 1.5 m^3/s. Aproximadamente un 15% del agua utilizada en Bogotá se consume y el resto se transforma en aguas residuales que deben ser evacuadas de la ciudad.

El sistema de alcantarillado de Bogotá es mixto; en algunas zonas, generalmente las más antiguas, es combinado, y recoge las aguas llovedizas y las aguas negras, mientras que en las más recientes éstas se recogen por separado.

En el distrito de Bogotá existen unas 23 400 hectáreas dedicadas a la agricultura, no todas ellas bajo riego, muchas de las cuales utilizan menos agua de la necesaria para lograr resultados óptimos. Existen fuera del distrito unas 118 000 ha dedicadas a la agricultura, de las cuales se riegan aproximadamente 30 000 ha, aunque su utilización es muy inferior a la óptima. En las partes bajas existen unas 100 000 ha regables. El consumo potencial óptimo de toda la superficie regable es de unos 15 m^3/s, pero se satisface en una proporción mucho menor. En algunas poblaciones se utilizan las aguas residuales para el riego de cultivos en lugar de descargarlas directamente al sistema fluvial, reduciéndose en esta forma el problema de la contaminación del agua en la subcuenca.

/En la

En la parte más baja de la subcuenca está localizado el embalse del Muña I (con una capacidad de 42 millones de m^3) cuya finalidad es regular el caudal del río del mismo nombre y almacenar agua bombeada desde el río Bogotá para mejorar la regulación de su caudal. La capacidad actual de las bombas es de 12 m^3/s con una unidad de bombeo reversible de 8 m^3/s.

iii) Subcuenca baja. Comprende el resto de la cuenca y tiene una pendiente muy pronunciada, de características extraordinariamente favorables para el aprovechamiento hidroeléctrico, la pendiente disminuye en el tramo final antes de su desembocadura en el río Magdalena en la ciudad de Girardot. Tiene un área de 1 740 km^2, un rendimiento hídrico promedio de esta área de 17.6 m^3/s y una población actual de 160 000 habitantes que ha venido disminuyendo a una tasa anual promedio de 1.9%. El uso de agua en esta zona para fines domésticos es sólo de 0.2 m^3/s.

Existen en la subcuenca unas 10 000 ha planas dedicadas a la actividad agropecuaria, algunas de las cuales son regadas.

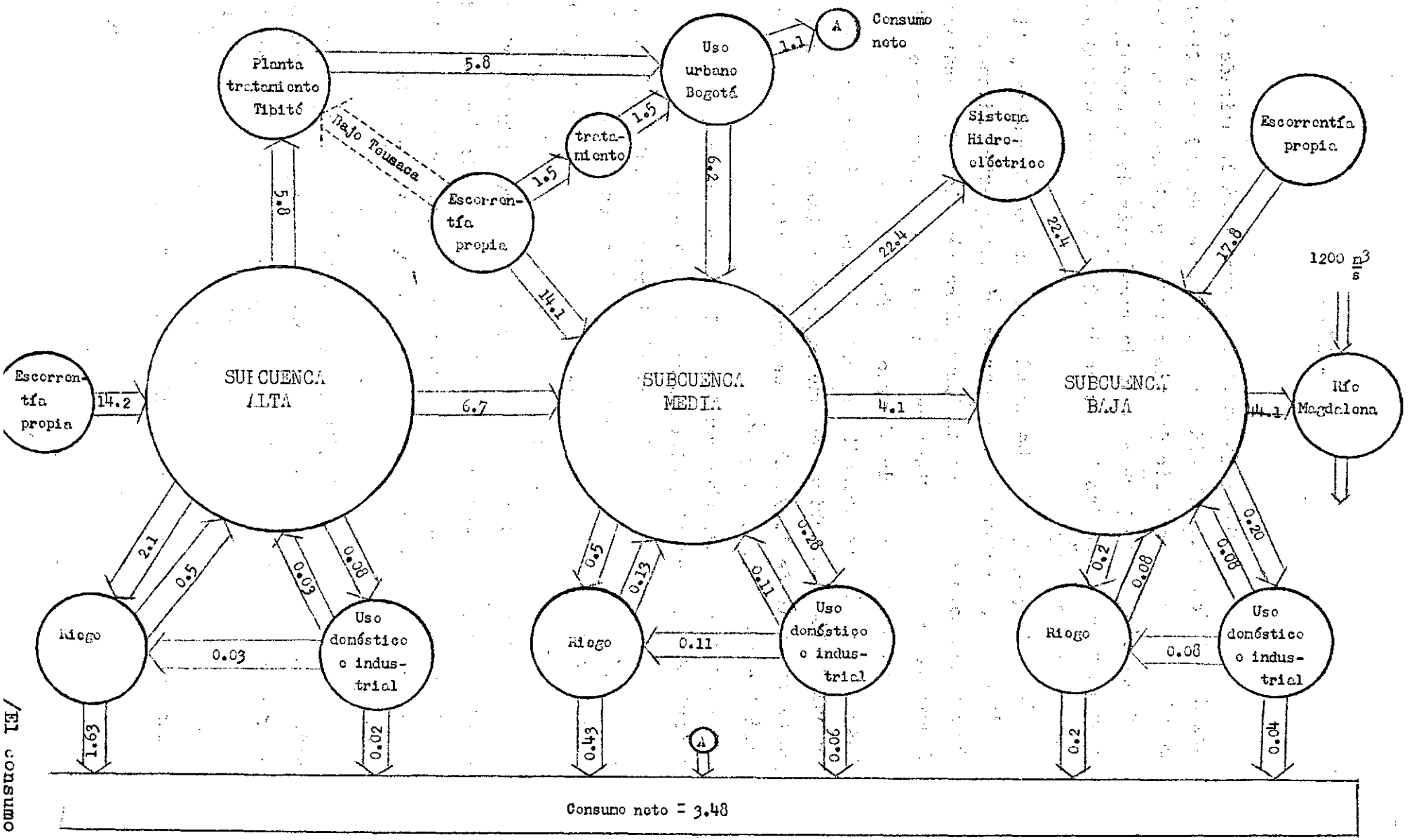
El aprovechamiento hídrico más importante del área es la generación de hidroelectricidad, por la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá (EEEB), que utiliza el agua que se origina casi exclusivamente en las otras dos subcuencas. El caudal del río Bogotá se capta en el estanque de Alicachín y se conduce al sistema hidroeléctrico constituido por un conjunto de seis plantas localizadas en serie, a lo largo de una pendiente cuya caída total es de unos 1 800 metros. La capacidad instalada de las plantas es de 670 megavatios y su capacidad firme es de cerca de 550 megavatios.

iv) Balance hídrico superficial. El gráfico 2 muestra el balance hídrico para la cuenca, desagregada por subcuencas, para condiciones de caudal promedio, incluidas las fuentes, los usos, los retornos y los consumos para cada subcuenca. La escorrentía total de la cuenca es de 47.6 m^3/s de la cual se consume en términos netos sólo 3.5 m^3/s y los restantes 44.1 m^3/s descargan al río Magdalena.

/Gráfico 2

Gráfico 2

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA PARA CAUDALES PROMEDIOS, 1973 (m^3/s)



/El consumo

El consumo neto total para riego es de 2.26 m^3/s y el de uso doméstico e industrial es de 1.22 m^3/s. El mayor uso del agua (no consuntivo) corresponde a la hidroelectricidad con un caudal de 22.4 m^3/s.

b) El sistema futuro

El gráfico 3 muestra un esquema del sistema hídrico futuro estimado para la cuenca. Este incluye diversas obras que podrían realizarse según se indica a continuación.

- La ampliación de la capacidad del embalse del Sisga de 96 a 200 millones de metros cúbicos, aumentándola así a más del doble de la actual.

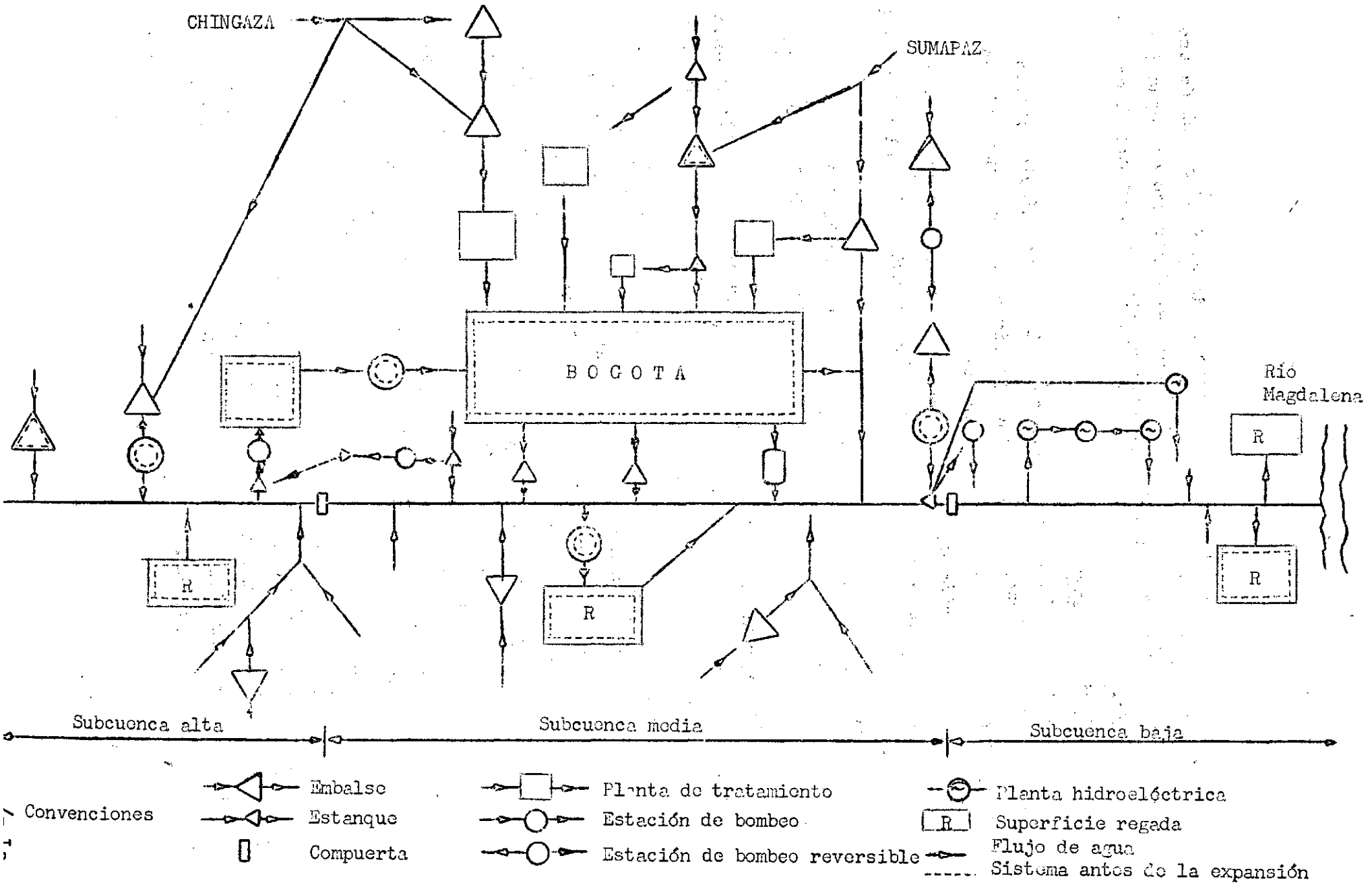
- La ampliación de la estación de bombeo de Tominé de 8 a 24 m^3/s para aumentar la regulación de los caudales de la subcuenca alta.

- La segunda etapa del proyecto Chingaza (Chingaza II); en esta etapa el caudal promedio aprovechable, proveniente de un área de drenaje de 26 000 ha será de aproximadamente 18.5 m^3/s de los cuales 11.7 m^3/s irían al embalse de Tominé donde actualmente hay exceso de capacidad de almacenaje, y los 6.8 m^3/s restantes irían al embalse de Chuza para luego ser conducidos a través del túnel Palacio-Río Blanco a la planta de El Sapo. Se ha contemplado también la posibilidad de construir un embalse adicional en la zona de Chingaza para mejorar la regulación del agua. Actualmente se está construyendo un subsistema adicional para el abastecimiento hídrico futuro de la ciudad que utiliza las fuentes del macizo de Chingaza. Este proyecto, denominado Chingaza I, cuya puesta en marcha se prevé para 1978, conducirá un caudal de 13.5 m^3/s a la futura planta de tratamiento denominada El Sapo cuya capacidad será de 14 m^3/s.

- La ampliación de la planta de tratamiento de Tibitó de 12 a 23.6 m^3/s, y la consiguiente ampliación de las estaciones de bombeo que conducen el agua del río Bogotá a Tibitó y de esta planta al sistema de distribución de Bogotá.

/Gráfico 3

Gráfico 3
DIAGRAMA FISICO DEL SISTEMA HIDRICO FUTURO



- La ampliación del sistema de abastecimiento de agua para Bogotá mediante la captación de la escorrentía entre las cotas 2 800 m y 3 400 m de una zona de avenamiento de 125 000 a 145 000 ha. El rendimiento hídrico del área aprovechada de la hoya del río Blanco es de aproximadamente 7.1 m^3/s en lapso seco, y el de las demás áreas es de 20.2 m^3/s. Del embalse de Chisacá II el agua se conduciría a una futura planta de tratamiento en Chisacá y de allí al sistema de distribución.

- La regulación del agua del Sumapaz mediante un embalse sobre el río Soacha del cual se derivaría agua para una futura planta de tratamiento en Soacha con destino al abastecimiento de Bogotá.

- La regulación del caudal del río Teusacá, a través de dos embalses, La Calera y San Rafael; el primero estaría localizado directamente sobre el río, y el segundo sería un embalse lateral que se comunicaría con el de La Calera a través de un sistema de bombeo reversible. A su vez, este último embalse se comunicaría con el de Tominé a través de un sistema de bombeo, para aprovechar la capacidad de almacenaje excedente en este último embalse.

- La construcción de un estanque que se ha denominado El Chanco para mejorar las condiciones de drenaje y de prevención de crecidas en la parte más baja del río Fucha.

- Acondicionamiento del cauce y la planicie fluvial de la zona más baja del río Tunjuelo como sistema de regulación con el fin de mejorar las condiciones de drenaje y de prevención de crecidas en esta zona.

- La construcción del embalse La Virginia sobre el río Frío y del embalse Subachoque sobre el río del mismo nombre, con una capacidad de almacenaje de 22 y 37 millones de metros cúbicos respectivamente, que permitirían la regulación estacional, y por ende el aprovechamiento para la agricultura de una superficie importante en la zona occidental (lado derecho del río) de la subcuenca.

/- La

- La construcción, para aumentar la capacidad de almacenaje del sistema, de un segundo embalse sobre el río Muña, denominado Muña II, con una capacidad de almacenaje de 200 millones de metros cúbicos, el cual no tendría afluencia propia sino que se comunicaría a través de un sistema de bombeo reversible con el embalse Muña I.

- La construcción de una nueva planta hidroeléctrica que aprovecharía el caudal transferido de Chingaza, tomándolo en Alicachín y transformándolo en energía en el sitio de El Colegio. Este proyecto denominado Colegio II, tendría una capacidad instalada de 630 megavatios al finalizar la segunda etapa del proyecto de Chingaza.

- La utilización del agua que sale de las plantas hidroeléctricas para el riego de tierras en las zonas más bajas de la subcuenca, con el doble propósito de aprovecharla para la agricultura y mejorar la calidad del agua del río Bogotá.

Para los propósitos de este estudio se ha realizado un balance hídrico de la escorrentía superficial de la cuenca para el año 2000, que figura en el gráfico 4. En el cuadro 2 se exponen las cifras comparativas correspondientes para los años 1973 y 2000.

2. Análisis de la contiminación

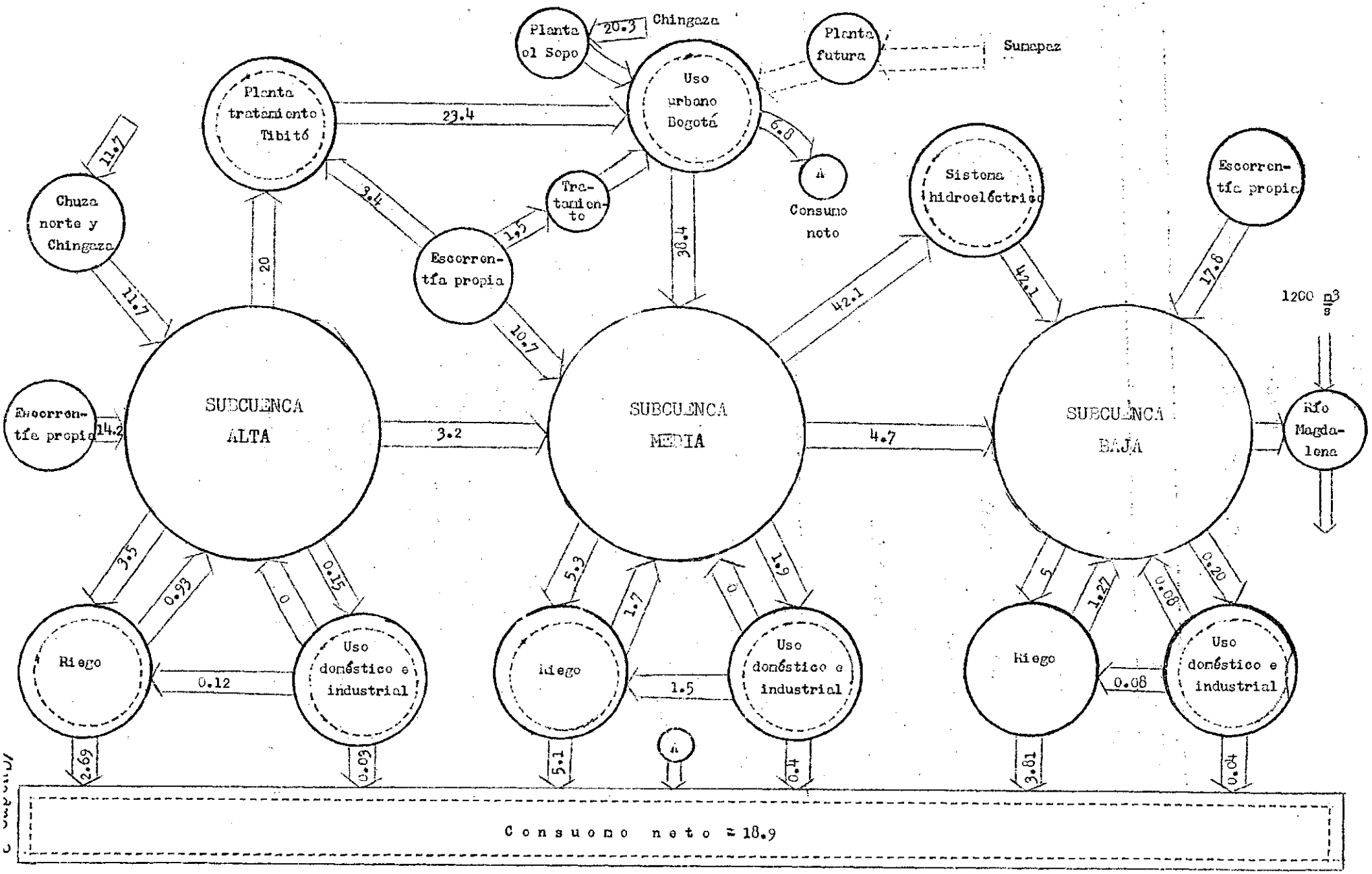
a) La contaminación actual en la subcuenca alta

Varios factores han influido para que el agua del río en esta área sea en general de buena calidad. Primero, como es una cuenca superior que no recibe aportes de otras áreas, no la afecta la contaminación producida fuera de ella. Segundo, esta subcuenca es actualmente fuente principal para el abastecimiento de agua de Bogotá, y por eso ha sido protegida por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y la Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los valles de Ubate y Chiquinquirá (CAR). Tercero, la población tributaria es reducida, básicamente rural, y su desarrollo industrial es escaso, lo cual ha permitido que se mantengan condiciones aceptables de calidad del agua dada la capacidad de asimilación del río en este tramo.

/Gráfico 4

Gráfico 4

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA PARA CAUDALES PROMEDIOS - AÑO 2.000 (m^3/s)



Cuadro 2

FUENTES, TRANSFERENCIAS Y USOS DEL AGUA

Fuentes y usos	1973	2000
Fuentes	47.6	79.6
Escorrentía propia	47.6	47.6
Transferencias	-	32.0
Usos	33.1	103.4
Domésticos e industrial	7.9	47.5
Riego	2.8	13.8
Hidroelectricidad	22.4	42.1
Consumo	3.5	18.9
Doméstico e industrial	1.2	7.3
Riego	2.3	11.6
Al río Magdalena	44.1	60.7

Sin embargo, la subcuenca no está completamente libre de contaminación ya que se originan en la misma residuos industriales y domésticos que afectan la calidad del agua. Entre Villapinzón y Chocontá se encuentran unas 50 pequeñas tenerías las cuales usan el río para el lavado de las pieles y el vaciado de desechos. Un poco más abajo, la planta termoeléctrica de Zipaquirá al utilizar el agua del río para sus torres de enfriamiento y retornarla al cauce fluvial, eleva su temperatura, pero si bien las consecuencias biológicas de este fenómeno no han sido determinadas, presumiblemente son de poca importancia. En la parte más baja de la subcuenca existen además algunas industrias que descargan sus residuos al río Susaguá.

De otra parte, el río recibe directa o indirectamente los residuos domésticos de diez municipios con una población asentada en las cabeceras de unos 18 000 habitantes. Se presume que la población restante de aproximadamente 69 000 habitantes, por ser de carácter rural, no contribuye significativamente a la contaminación acuática.

/b) La

b) La contaminación actual en la subcuenca media

Las condiciones del río cambian notablemente un poco más adelante de las compuertas de El Espino, al recibir en forma sucesiva las aguas negras de Zipaquirá, las aguas industriales de la planta de soda e industrias aledañas y las aguas domésticas e industriales de Bogotá. Los efectos de estas fuentes contaminantes se perciben a través de altísimas concentraciones de materia orgánica y cloruros, alto PH en la región de la planta de soda y desoxigenación del río en la mayor parte de los 70 km de recorrido, a partir de la entrada de las primeras aguas negras de Bogotá hasta Alicachín. Ese sector del río, que es precisamente el más cercano a la ciudad de Bogotá, presenta un aspecto desagradable y olor nauseabundo. Los ríos urbanos Salitre, Fucha y Tunjuelo también se encuentran altamente contaminados en el propio perímetro urbano de Bogotá ya que son ellos los primeros en recibir las aguas negras de la ciudad para luego transportarlas al río Bogotá.

También merece especial atención en la subcuenca la contaminación del embalse del Muña, al cual se bombean aguas del río Bogotá en el sitio de Alicachín para su utilización posterior en la generación de energía en las horas de máxima demanda. El embalse presenta desoxigenación total en el área aledaña a la entrada de las aguas del río Bogotá, desoxigenación en el resto de su extensión y gran crecimiento de algas en su superficie.

c) La contaminación actual en la subcuenca baja

A partir de las compuertas de Alicachín el río Bogotá no recibe ninguna otra carga contaminante de importancia, ya que la contribución de las pequeñas poblaciones situadas en esta parte de la cuenca es insignificante.

Las características físicas del lecho del río son diametralmente opuestas a las de las otras subcuencas, pues presentan una marcada pendiente que produce gran turbulencia, factor importante en el proceso de autorecuperación. Sin embargo, es tan masiva la contaminación que ha recibido el río en la subcuenca media, que su recuperación es sólo parcial, observándose con frecuencia desoxigenación total a su entrada al Magdalena.

/En esta

En esta subcuenca se observa gran producción de espuma ocasionada por la turbulencia del río Bogotá y la presencia de detergentes no biodegradables, cuyo uso es común en la ciudad de Bogotá. Al igual que en la subcuenca media, los peces han desaparecido en este sector y el río presenta mal olor y aspecto desagradable.

Las poblaciones de Anapoima, Tocaima y Apulo utilizan estas aguas para el consumo, si bien el tratamiento a que se les somete es deficiente puesto que fueron ideados para aguas naturales no contaminadas.

Resumiendo, en el cuadro 3 se presentan indicadores relativos a la calidad del agua del río Bogotá y de sus principales afluentes en la cuenca. El fenómeno de la contaminación se refleja con claridad en las subcuencas media y baja a través de los valores de los parámetros que miden la calidad del agua. De otra parte los valores de los parámetros para la subcuenca alta indican que la calidad del agua en esta zona es aceptable.

3. Objeto y Metodología del estudio

En este trabajo se examinan las tres hipótesis fundamentales que se indican a continuación.

Hipótesis I. Existe un acentuado y creciente problema de contaminación del agua en la cuenca del río Bogotá.

Hipótesis II. La disponibilidad de recursos financieros para inversión es una restricción importante y por lo tanto es necesario ajustar los objetivos de calidad del agua con el fin de lograr una solución financieramente factible.

Hipótesis III. El mejoramiento de la calidad del agua del río Bogotá supone perfeccionar el sistema institucional.

Para verificar las hipótesis postuladas se aplicaron los procedimientos siguientes.

/Cuadro 3

Cuadro 3

CALIDAD DEL AGUA EN LA HOYA DEL RIO BOGOTA

Subcuenca	Río	Punto	Caudal Promedio m^3/S	DBO 5 mg/lt	OD mg/lt	Cloruros mg/lt	P H	NMP Coliformes / 100 mlt	Bacterias Colonias $/cm^3$
Alta	Bogotá	Baraya	1.1	1.6	6.5	12.4	6.7		
			(0.2)	(8.8)					
		Tominé	10.2	2.1	5.9	6.3	6.9		
			(1.0)	(21.4)					
		El Espino	12.5	2.4	5.1	7.4	6.8		
			(1.5)	(20.0)					
Media	Bogotá	Vargas	(2.8)	(8.9)		(479)		(31 000)	
		Puente	14.7	1.7		91.2	9.1	5 900	
	Frío	Vía Chía-Cota	0.44	4.4	2.0	1.0	6.5		
	Chicú	Buenavista	0.44	1.2	2.7	5.1	6.5		
	Fucha	Fontibón	6.3	253.1	0.0	63.7			
	Bogotá	La Isla	(8.6)	(104.5)	0.0	(289)		($5x10^7$)	($2x10^6$)
	Bogotá	Las Huertas	26.3	86.9					
	Bogotá	Alicachín	26.5	24.6	0.35	94.3		$7.3x10^6$	$8.9x10^5$
			(10.7)	(61.0)	0.0	(234)		($1.8x10^7$)	($2.2x10^6$)
Baja	Bogotá	Mesitas	29.45	15.9	3.3	93.4	7.39		
	Calandaima		4.5	2.3	6.8	8.8	8.11		
	Bogotá	Tocaima	40.9	18.6	4.6	67.3	7.65		
	Bogotá	Girardot	44.1	10.8	1.7	78.2	7.61		

Las cifras entre paréntesis se refieren a condiciones de caudal que es excedido con 90% de probabilidad.

/Se realizaron

Se realizaron balances de materias orgánicas biodegradables (DBO) y de oxígeno disuelto (OD) en cada una de las subcuencas para el año 1973 a 2000, a fin de comprobar la hipótesis I. Se compararon los costos, considerando diferentes calidades del agua por cada tramo del río, de las diferentes alternativas técnicas propuestas para resolver el problema de calidad de aguas, a fin de verificar la hipótesis II. Se analizaron las medidas para perfeccionar el sistema institucional existente con el objeto de mejorar la calidad del agua del río Bogotá, para comprobar la hipótesis III.

La hipótesis I queda en evidencia al comparar los gráficos 5 y 6, y los gráficos 7 y 8 respectivamente. En ellos se presentan balances de materia orgánica biodegradable, expresada en función de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y balances de oxígeno disuelto (OD) tanto para el año 1973 como para el año 2000. Las estimaciones para el año 2000 se hicieron en forma congruente con las proyecciones del balance hídrico para el año 2000.

Del balance comparativo de la DBO se puede inferir lo siguiente:

a) La carga orgánica natural no aumentaría sustancialmente puesto que se extrae la materia orgánica biodegradable en las plantas de tratamiento para el abastecimiento de agua.

b) La carga de origen doméstico e industrial casi se cuadruplicaría en relación a 1973 al considerar toda la cuenca. El aumento se producirá en su mayor parte en la subcuenca media.

c) La descomposición en la cuenca se cuadruplicaría con creces debido principalmente a los aumentos correspondientes a las subcuencas media y baja.

d) La recuperación de la calidad del agua gracias al riego podría ser alrededor de 13 veces superior a la lograda en 1973.

e) La descomposición neta en el embalse Muña (incluyendo su expansión futura) podría llegar a quintuplicarse.

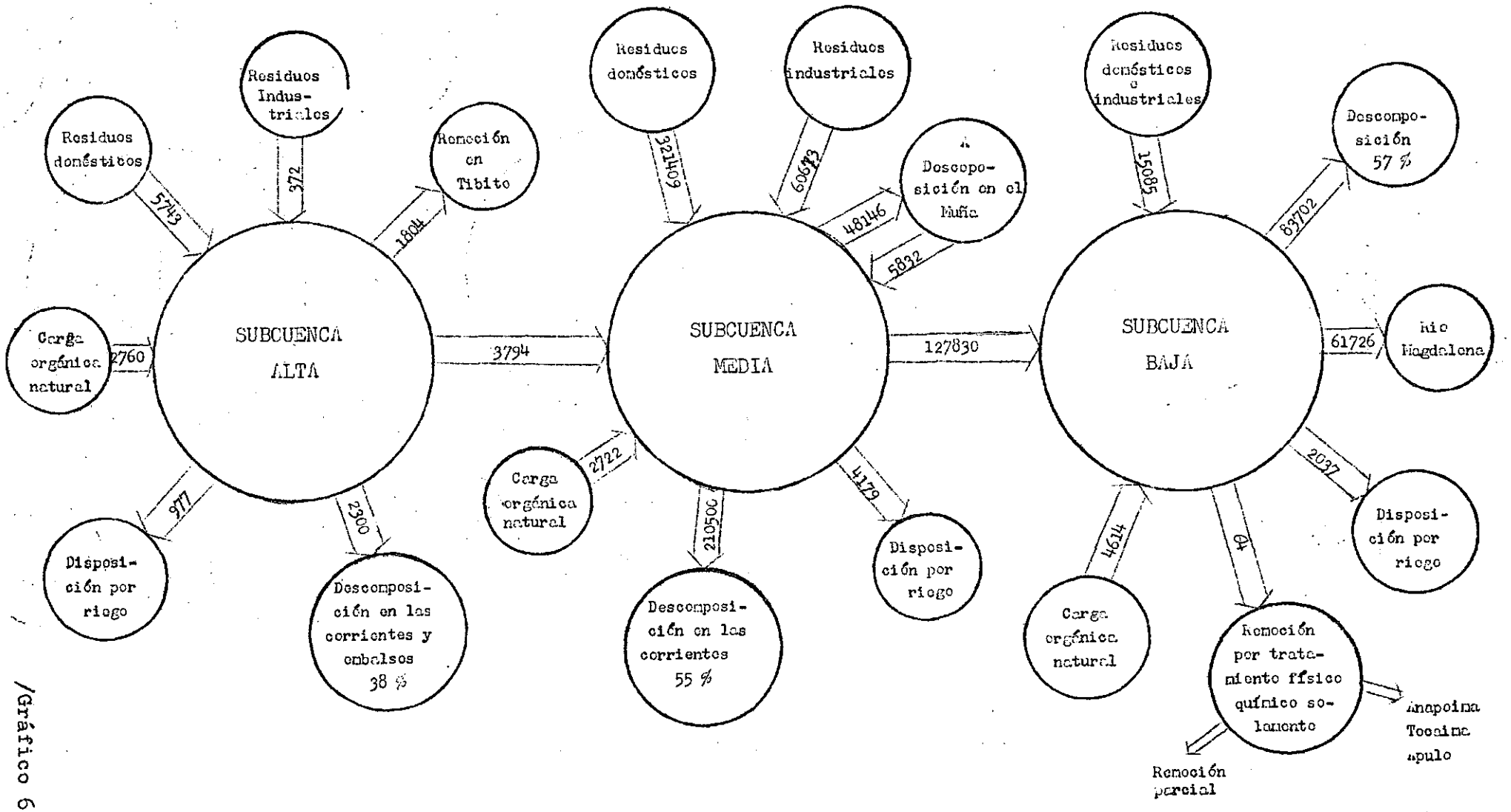
f) Las cargas de materia orgánica biodegradable aumentarían 33% en El Espino, casi se quintuplicaría en Alicachín y se cuadruplicarían en la confluencia con el río Magdalena.

/Gráfico 5

Gráfico 5

BALANCE DE LA MATERIA ORGANICA BIODEGRADABLE EN EL SISTEMA HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO BOGOTA

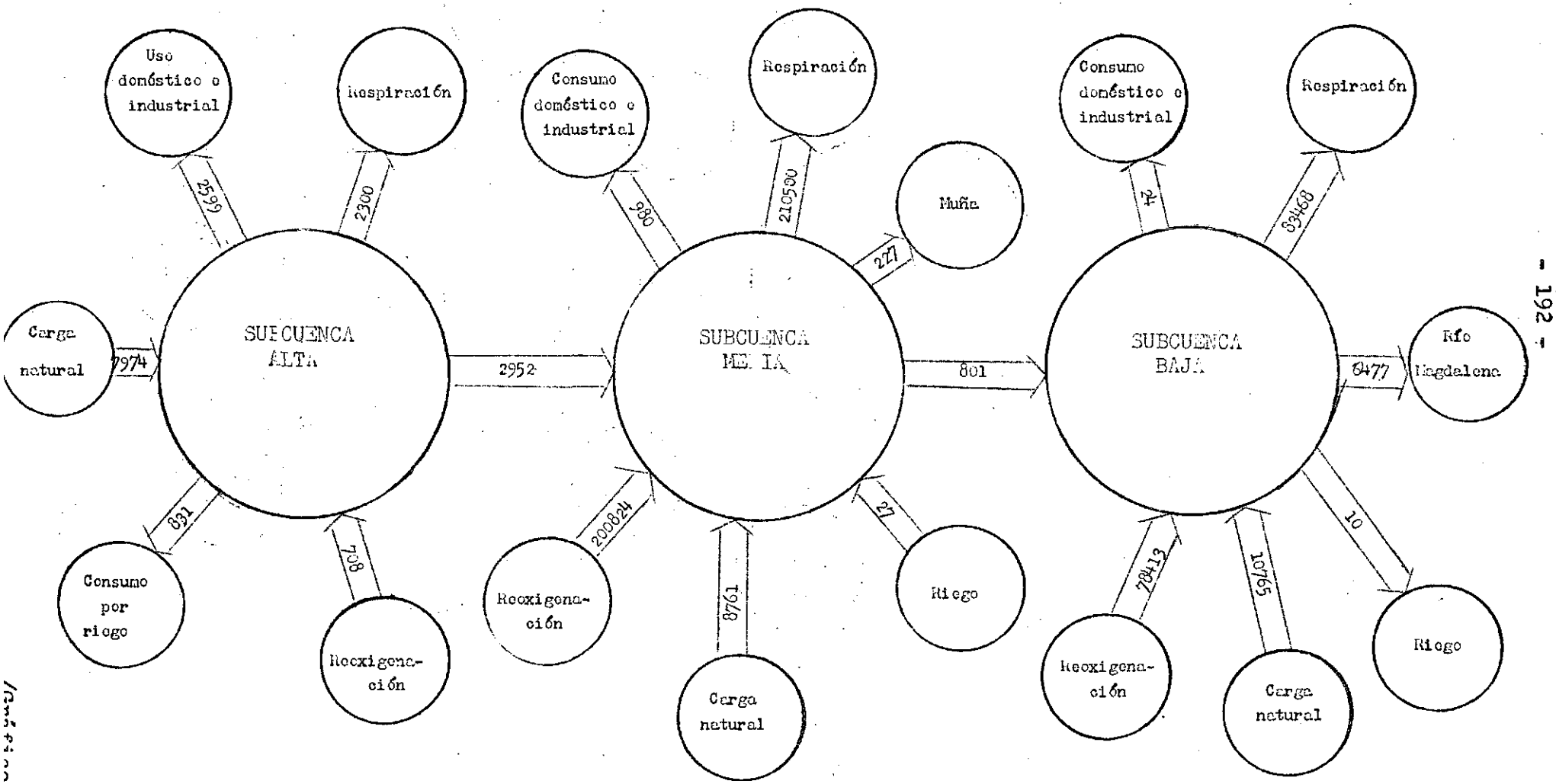
PARA CONDICIONES DE CAUDAL PROMEDIO-AÑO 1973, DBO: (kg./día)



/Gráfico 6

Gráfico 6

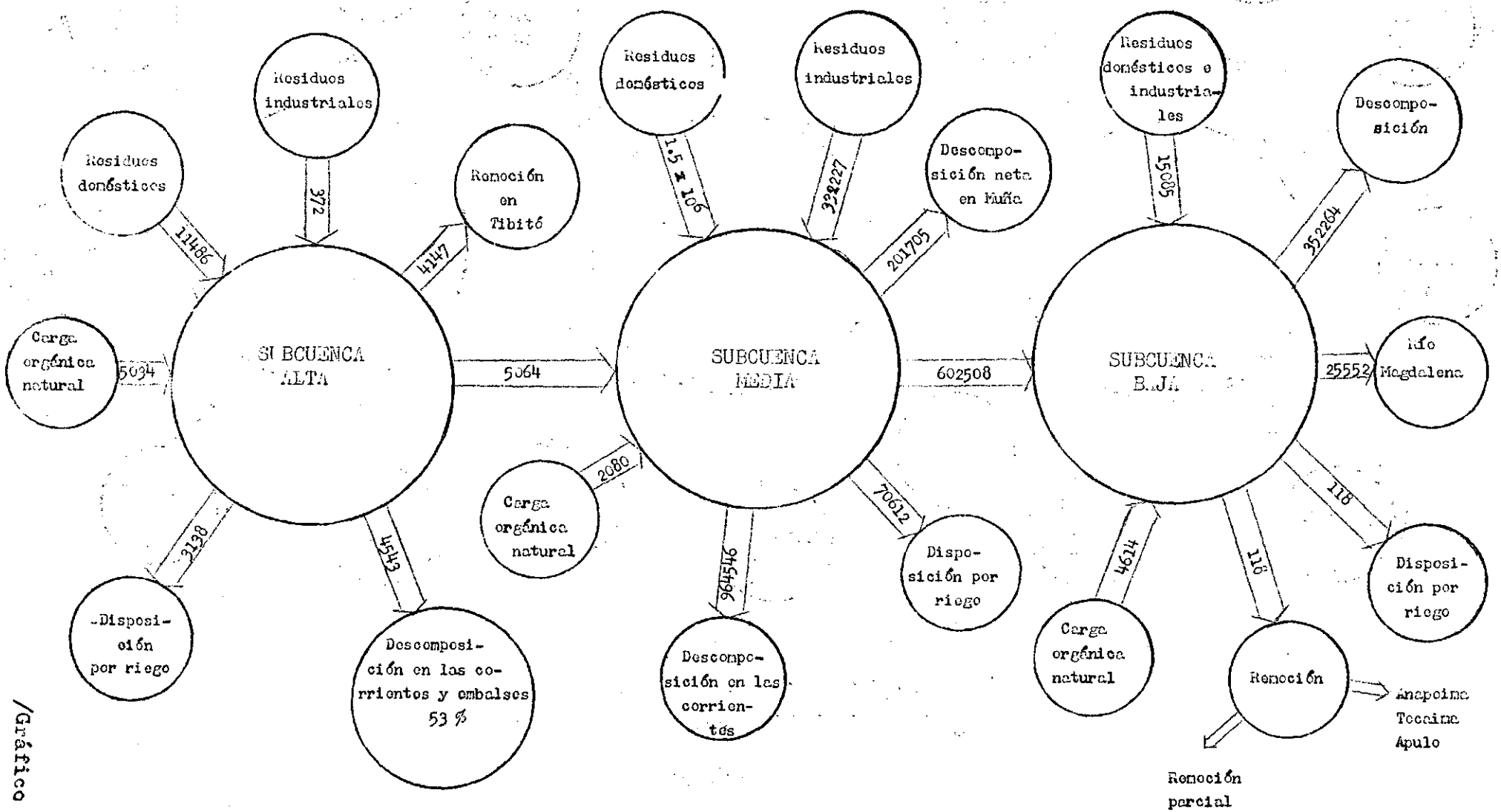
BALANCE DE OXIGENO DISUELTO EN EL SISTEMA HIDRICO DEL RIO BOGOTA PARA CONDICIONES DE CAUDAL PROMEDIO- AÑO 1973, OD: (kg/día)



/Gráfico 6

Gráfico 7

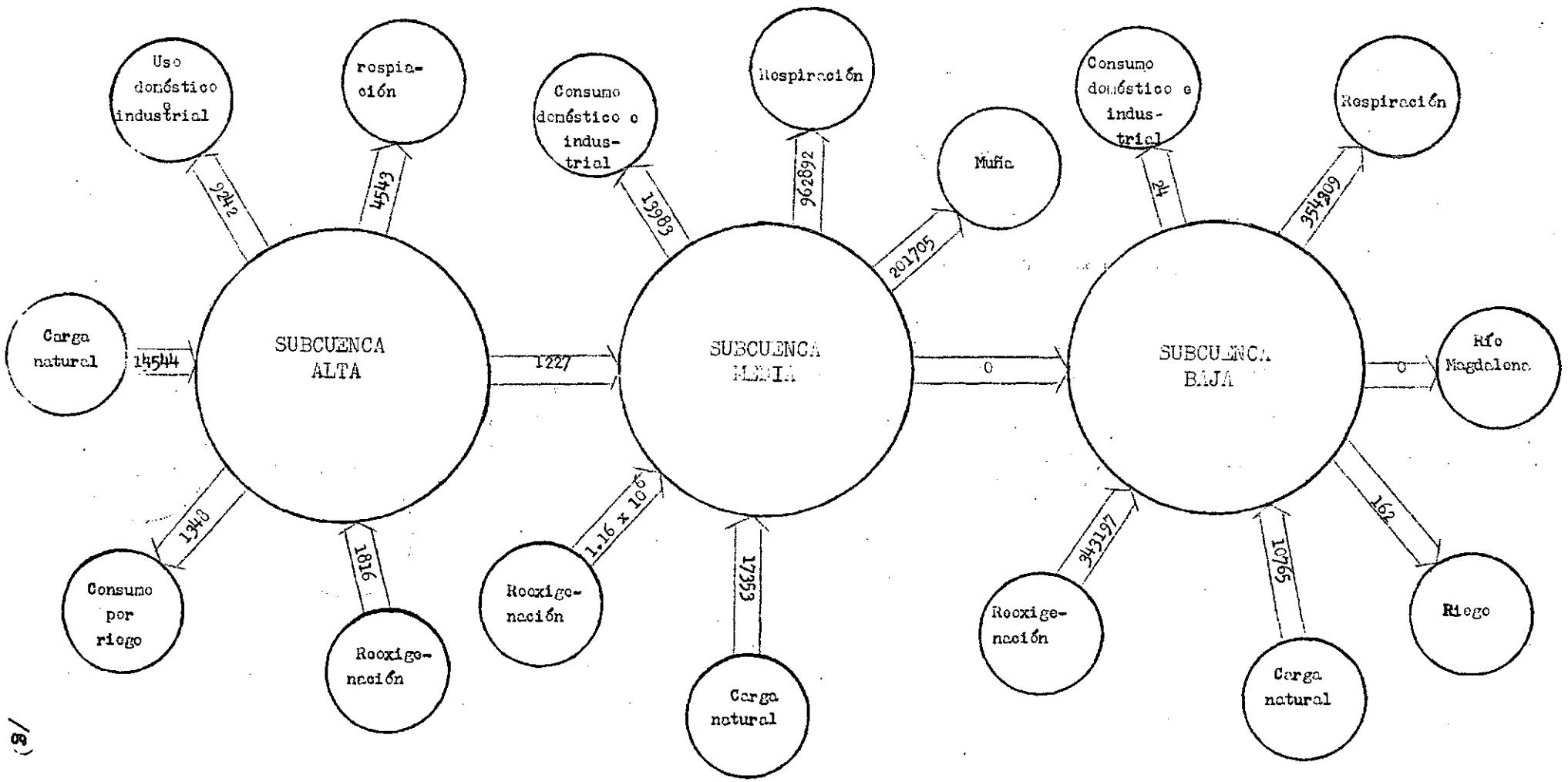
BALANCE DE LA MATERIA ORGANICA BIODEGRADABLE EN EL SISTEMA HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO BOGOTA PARA CONDICIONES DE CAUDAL PROMEDIO - AÑO 2.000 DBO: (kg/día)



/Gráfico 8

Gráfico 8

BALANCE DE OXIGENO DISUELTO EN EL SISTEMA HIDRICO DEL RIO BOGOTA PARA CONDICIONES DE CAUDAL PROMEDIO AÑO 2.000 OD: (kg/día)



/8) La

g) La concentración de DBO del río Magdalena se elevaría en 2.4 mg/lt sobre la actual para condiciones de caudal promedio.

Del balance comparativo del OD se puede deducir lo siguiente:

a) La carga natural de oxígeno se incrementaría en un 55% por efecto de la transferencia de nuevos caudales a la cuenca.

b) El consumo de oxígeno por el uso doméstico e industrial del agua aproximadamente se sextuplica debido al correspondiente aumento en el balance hídrico para estos usos.

c) La reoxigenación se multiplica por un factor aproximado de 5.4 y aumentaría especialmente en las dos últimas subcuencas.

d) El consumo de oxígeno por riego sólo tendría un aumento moderado debido a que en gran parte se regaría con aguas residuales.

e) El oxígeno disuelto desaparecería totalmente a partir de la subcuenca media en todo el resto del río hasta su desembocadura en el Magdalena.

La hipótesis II está estrechamente relacionada con los objectivos de calidad de agua postulados para el río Bogotá en sus diferentes tramos.

Se han fijado provisionalmente los siguientes criterios para el tratamiento y la disposición de las aguas negras.

a) Preservar la vida acuática en el río Bogotá arriba de la Balsa.

b) Evitar la multiplicación de bacterias anaerobias en el río Bogotá, de la Balsa al río Tunjuelo y liberar el material flotante y el calor objetable en el mismo tramo.

c) Mantener el río Bogotá en condiciones suficientemente buenas para no contaminar el río Magdalena de modo que no pueda ser utilizado para la práctica de deportes acuáticos en Girardot ni incremente el costo de la navegación ni de la fuerza eléctrica.

No obstante existir estos criterios provisionales la EAAB ha elaborado un plan de obras que considera sólo los siguientes objetivos de calidad:

a) Evitar el mal olor del río Bogotá en la proximidad de las áreas urbanas de la Sabana de Bogotá;

/b) Mantener

b) Mantener un nivel apreciable de oxígeno disuelto arriba de Tibitó; y

c) Conservar la pesca en el río Magdalena.

Para cumplir estos objetivos habría que realizar el programa de obras básicas, indicado en el cuadro 4, seleccionadas según el criterio de mínimo costo.

Cuadro 4

PROGRAMA DE OBRAS PROPUESTO
(En millones de dólares)

Actividad	Costo a/
Intercepción, tratamiento y disposición de aguas residuales	
Interceptor Torca-Alicachín y obras accesorias	137.4
Planta de tratamiento piloto en Tocaima	2.9
Planta de tratamiento piloto en Chía	2.6
Planta de tratamiento en Chía	20.0
Planta de tratamiento en Tocaima	65.3
Total	228.2

a/ Valores no actualizados a precios de 1976.

Además de la inversión básica se requerirán obras adicionales de subido costo. Por ejemplo, la construcción de los sistemas troncal y local para la recolección de aguas residuales y el abastecimiento de agua de la ciudad. Las cifras estimadas se indican en el cuadro 5.

/Cuadro 5

Cuadro 5

INVERSIONES FUTURAS EN EL SISTEMA COMPLETO
DEL RIO BOGOTA (1976-2000)
(En millones de dólares)

Programa	Costo
Abastecimiento de agua	321.9
Distribución y tratamiento de agua potable	161.2
Drenaje pluvial	361.4
Recolección de aguas residuales	273.6
Intercepción, tratamiento y disposición de aguas residuales	228.2
Mejoramiento río Bogotá y sus tributarios	28.8
Total	1 375.1

Si se pospusiera el cumplimiento de uno de los objetivos vinculados con la calidad del agua, es decir si no se considerara la conservación de la pesca en el río Magdalena en Girardot, se podrían recomendar las siguientes soluciones técnicas o proyectos:

- Construcción inmediata de un interceptor entre Juan Amarillo y Alicachín, y de estaciones de bombeo en Alicachín, El Tintal y Jaboque con un costo aproximado de 91 millones de dólares.

- Extensión en 1988 del interceptor desde Juan Amarillo hasta el Canal de Torca, expansión de la estación de bombeo en Alicachín y construcción de una estación de bombeo en Torca, con un costo aproximado de 17.4 millones de dólares.

- Expansión, en 1991, del interceptor en el tramo Fucha-Alicachín, ampliación de la estación de bombeo en Alicachín y construcción de una estación de bombeo en Balsillas con un costo aproximado de 25.9 millones de dólares.

La recomendación más importante es la proposición de postergar y reestudiar las plantas de tratamiento de aguas servidas propuestas: Chía y Tocaima. La proposición se basa en el alto costo (véase nuevamente el cuadro 4) de dichas plantas.

/Existe también

Existe también otra posibilidad cual es utilizar el embalse del Muña I, con el propósito adicional de mejorar la calidad del agua. Esto podría lograrse modificando el diseño de las estructuras de salida del embalse, de tal manera que se prolongue al máximo el tiempo de viaje del agua en el mismo, y utilizar un sistema de aireadores para acelerar el proceso de reoxigenación de la misma.

Los balances de DBO y OD muestran la importante función que actualmente cumple el embalse en el proceso de recuperación de la calidad del agua. Al construir el embalse Muña II sus posibilidades pueden ampliarse significativamente puesto que éste tendría una gran capacidad de almacenaje. No obstante, la factibilidad técnica y económica de esta posibilidad debiera estudiarse cuidadosamente en el futuro teniendo presente otras posibles soluciones del problema.

El análisis de la hipótesis III, que dice relación con el perfeccionamiento institucional, se basa en la comparación entre lo dispuesto por las leyes vigentes relacionadas con el medio ambiente, (principalmente el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y el Código Sanitario) y los resultados logrados por las diferentes instituciones que se ocupan de estas materias en la cuenca. Es decir, la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá (EEEB).

Estas disposiciones no han sido aplicadas efectivamente en la práctica y además se carece de un mecanismo que permita orientar adecuadamente los recursos financieros para cubrir los costos del control de la contaminación. Los problemas relacionados con la calidad del agua existen a lo largo de toda la cuenca de modo que es conveniente que las soluciones tomen en cuenta toda la cuenca como una unidad de manejo. Para eso sería necesario ampliar la actual jurisdicción de la CAR y crear un fondo financiero destinado al control de la contaminación del río.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se ha comprobado la hipótesis de que existe un acentuado problema de contaminación hídrica en la cuenca del río Bogotá. El problema se manifiesta con claridad a través de los balances de materia orgánica biodegradable y de oxígeno disuelto elaborados en esta investigación.

Las proyecciones de los balances de materia orgánica biodegradable y de oxígeno disuelto hacia el año 2000 muestran que de no introducirse

/medidas efectivas

medidas efectivas de control, la calidad del agua del río se deterioraría notablemente hasta el punto de que el oxígeno disuelto desaparecería totalmente a partir de la subcuenca media.

Existen fuertes restricciones financieras que impiden poner en práctica una solución de gran envergadura para el control de la contaminación que tenga presente los objetivos de largo plazo de calidad del agua hasta ahora considerados. El plan más ambicioso de abastecimiento de agua y su evacuación tendría un costo promedio de largo plazo por habitante de 4.7 veces el valor de la tarifa actual de agua y alcantarillado.

Es necesario establecer objetivos de mediano plazo, menos ambiciosos en materia de calidad del agua y excluir por el momento las plantas de tratamiento con el fin de lograr una solución financieramente factible, con base en los pagos de los usuarios.

Se ha replanteado un programa de soluciones técnicas basado en las obras de mayor prioridad para impedir una contaminación acelerada del agua, que si bien es financieramente factible, exigirá un esfuerzo importante por parte de los usuarios. En efecto los costos que éstos tendrían que pagar variarían durante el lapso 1976-2000 entre el 31% y el 44% de la tarifa actual de agua y alcantarillado.

Además de las soluciones técnicas, es necesario aplicar efectiva y sistemáticamente medidas para el control de la contaminación industrial, bien sea exigiendo niveles mínimos de calidad para los efluentes, o bien exigiendo un pago al contaminador. La aplicación de este tipo de medidas debe ser precedida de un cuidadoso estudio técnico y económico.

Se considera conveniente perfeccionar el sistema institucional teniendo presente que es necesario:

- Reestructurar la jurisdicción de la CAR para incluir toda y sólo la cuenca del río Bogotá.

- Crear un fonfo financiero para el control de la contaminación hídrica del río Bogotá como entidad privada cuyos socios serían la CAR, la EAAB y la EEEB, con la participación del gobierno nacional a través del Departamento Nacional de Planeación como miembro de su junta directiva.

- Que la CAR reglamente específicamente el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente para la cuenca del río Bogotá.

/B. CONTAMINACION

B. CONTAMINACION DE LAS AGUAS EN LA BAHIA GUANABARA EN EL BRASIL 3/

1. Descripción general del sistema estudiado

Circundando la bahía de Guanabara, situada en el sureste del Brasil (véase el mapa 1) se encuentran las ciudades de Río de Janeiro, Niteroi y otras del Estado de Río de Janeiro, que constituyen la Región Metropolitana del Gran Río (con una población de 7 millones de habitantes). La bahía tiene una superficie de 381 km2 incluidos 44 km2 de 42 islas e islotes. Su perímetro es de 131 km. El área tributaria de la bahía es aproximadamente de 4 000 km2, existiendo cerca de 35 ríos importantes que contribuyen a ese cuerpo receptor.

El clima es suave y más o menos uniforme durante todo el año predominando en toda la región el clima tropical con estación seca. Llueve mucho en las regiones más altas (2 600 mm en las montañas de Petrópolis) y menos en el litoral (1 000 mm). El verano - diciembre a abril - es época de grandes calores, caracterizándose por fuertes lluvias originadas en la elevada humedad relativa. El período de mayo a octubre es considerado época seca, correspondiendo la precipitación a aproximadamente un 20% de la total anual.

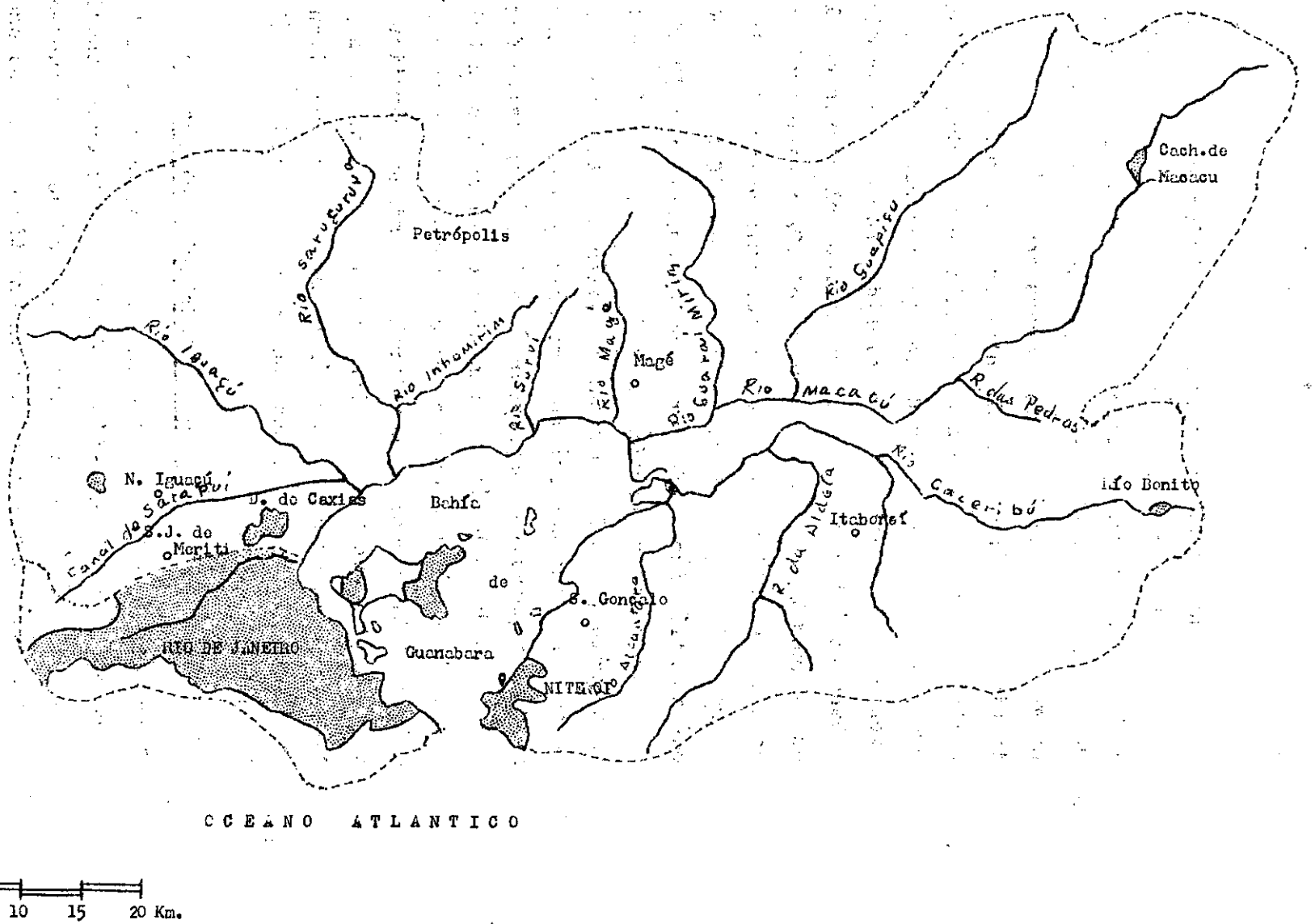
Las actividades de Río presentan una particularidad en relación con las demás ciudades brasileñas. Predominan las actividades terciarias de servicio (turismo, navegación) propias de los grandes centros urbanos. No obstante destaca la importancia del sector industrial (construcción naval, textil petroquímica, farmacéutica, material eléctrico y mecánico).

3/ Este resumen se basa en el "Estudo do caso de poluição das aguas da Bahia de Guanabara" en el Brasil preparado por los ingenieros Víctor Monteiro Barbosa Coelho y María Regina Monteiro de Barros da Fonseca, de la Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), Río de Janeiro.

/Mapa 1

Mapa 1

CUENCA DE LA BAHIA DE GUANABARA



OCEANO ATLANTICO

0 5 10 15 20 Km.

/El número

El número de industrias instaladas solamente en el municipio de Río de Janeiro bordea las 4 000 sumándosele a este número otras 2 000 en los otros municipios. Las estaciones de gasolina suman más de 1 000. Existen además dos grandes refinerías de petróleo en los márgenes de la había. Las grandes compañías navieras cuentan con terminales marítimos en el interior de la misma. Toda esta actividad vacia sus aguas servidas a la bahía de Guanabara (véase el mapa 2), excepto 10% de aguas residuales que reciben algún tipo de tratamiento y 7% recogidas y transferidas por un emisor directamente al océano Atlántico. La descarga de los colectores de alcantarillado es de unos 10 m3/s de los cuales el 10% recibe tratamiento secundario. Se estima que la carga contaminadora total de la Región Metropolitana que recibe la bahía es de 390 000 kg DBO/día. Al océano Atlántico se descarga por el emisor unos 32 000 kg DBO/día.

En esta estimación no es incluyen los demás contaminantes como el petróleo, metales pesados y sustancias tóxicas. En el cuadro 6 se muestran indicadores contaminantes promedio. Estos antecedentes generales permiten comprender la alta y progresiva degradación de las aguas de la bahía de Guanabara en la cual se habría producido una destrucción sistemática de su fauna y una alteración completa del equilibrio ecológico natural. Asimismo, permiten comprender la prioridad que han dado las autoridades estaduales y nacionales correspondientes a la adopción de medidas que permitan proteger la calidad de las aguas que bañan la zona turística más importante del país.

2. Objeto y metodología del estudio

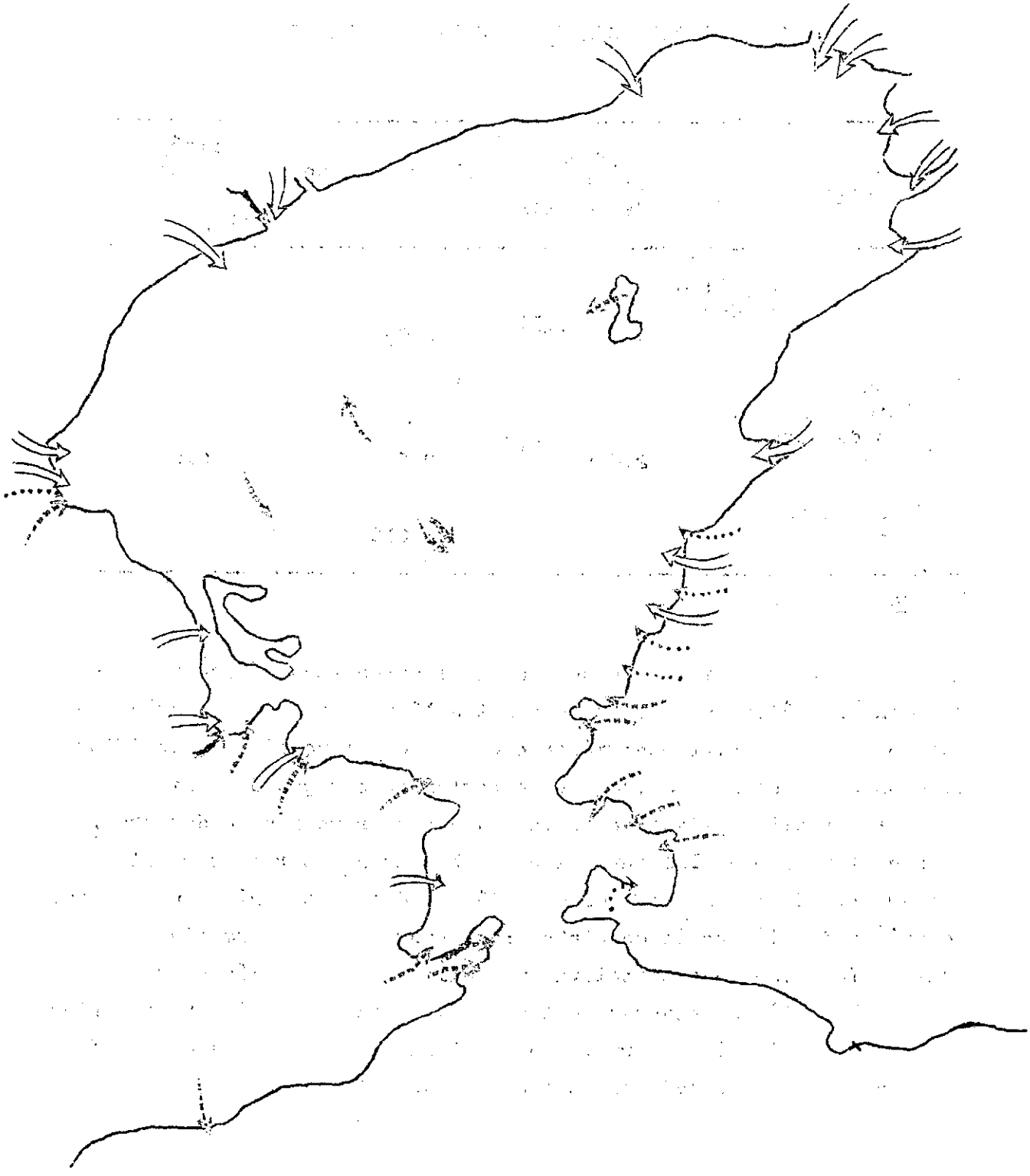
El estudio postula que el principal problema ambiental de la Región Metropolitana del Gran Río de Janeiro es la contaminación de las aguas de la bahía de Guanabara y sus afluentes y que los niveles de contaminación encontrados son incompatibles con los usos benéficos de sus aguas, ocasionando serios perjuicios económicos y ecológicos.

/Mapa 2

Mapa 2

LOCALIZACION DE LOS PRICIPALES PUNTOS DE ENTRADA DE CARGAS CONTAMINADAS

(Bahía de Guanabara)



Simbología

Desechos domésticos

Residuos industriales

Ríos contaminantes

Petróleo

/Cuadro 6

Cuadro 6

CALIDAD DEL AGUA EN LA BAHIA DE GUANABARA

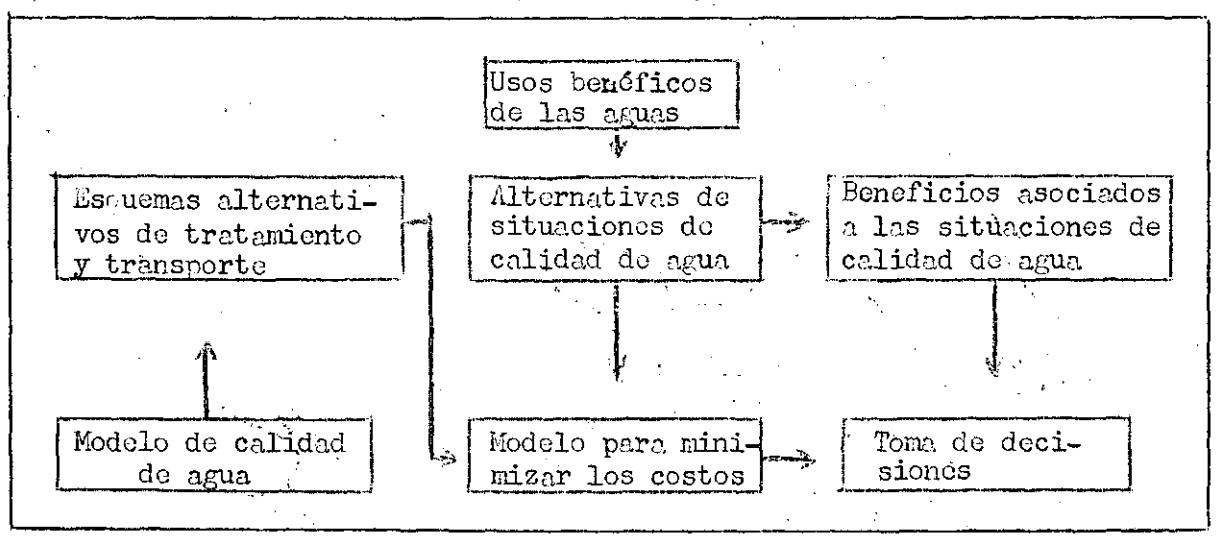
Tipo de alcantarillado	Coliformes totales (NMP/hab día)	DBO carbonacea (kg/hab día)	Nitrógeno total oxidable (kg/hab día)
Zona con alcantarillas de sistema separador absoluto	4×10^{11}	0.075	0.014
Zona con alcantarillas de sistema unitario con uso de pozos sépticos	2.8×10^{11}	0.045	0.011
Zona sin alcantarillas		0.015	

Fuente: FEEMA.

La investigación se encuadra en el marco esquemático presentado en el gráfico 9. El enfoque metodológico escogido es cuantitativo y analítico, pretendiéndose con la construcción de distintos modelos del sistema analizar su comportamiento según distintas hipótesis y alternativas de tratamiento y de remoción de desechos. (Véase el mapa 3.) Las inversiones públicas necesarias para el tratamiento de las aguas y eliminación de desechos serían cuantiosas; de ahí la justificación de elaborar un programa que permitiera evaluar formalmente alternativas y facilitar la decisión sobre cuál combinación de plantas de tratamiento, interceptores y emisarios marítimos permitirían lograr, con el mínimo de costo, las calidades de agua deseadas en cada punto o sector del sistema.

/Gráfico 9

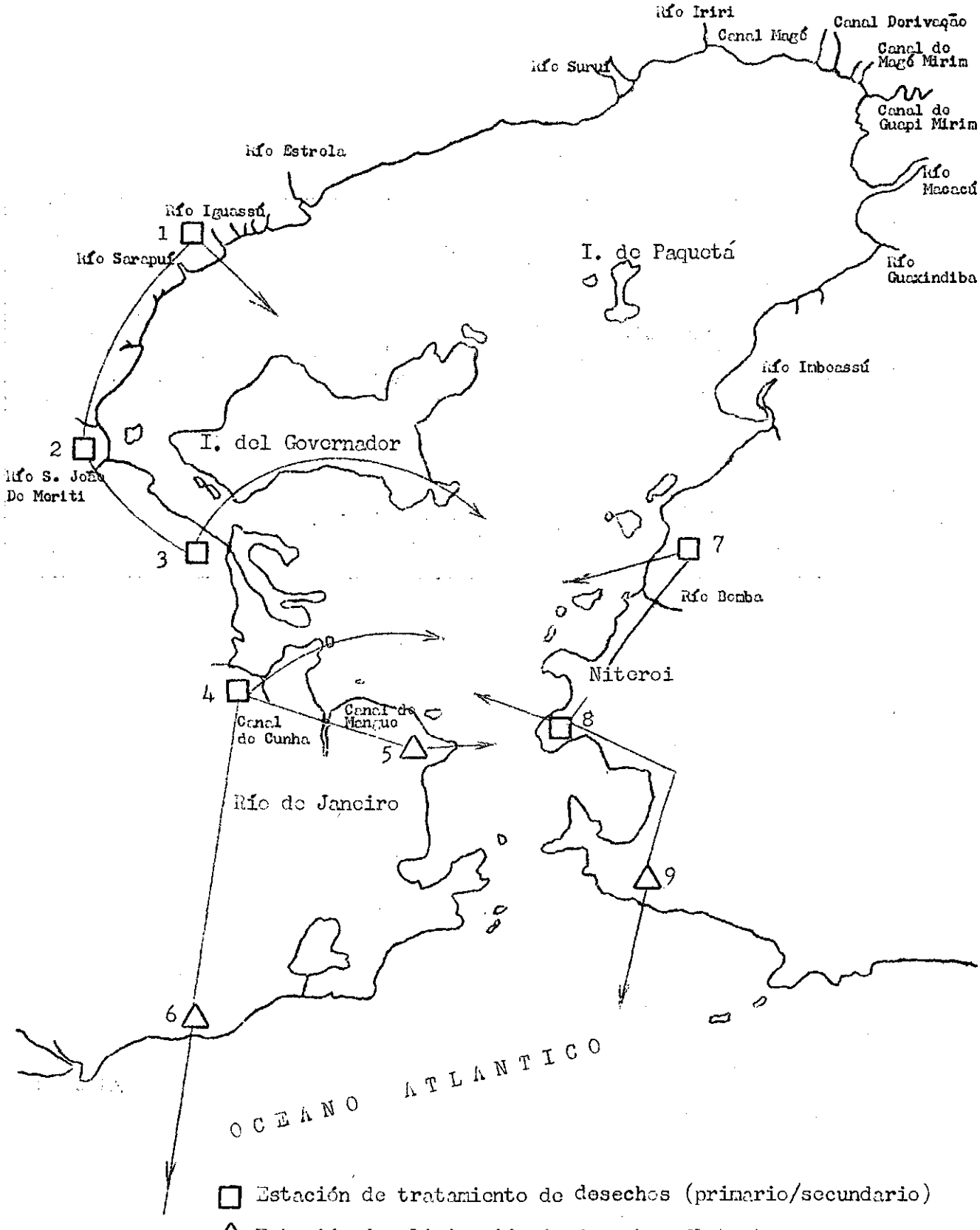
Gráfico 9



/Mapa 3

Mapa 3

ESQUEMA DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE SANEAMIENTO



/Para el

Para el análisis de simulación se dividió la bahía en 56 sectores (véase el mapa 4) que constituyen las unidades básicas utilizadas en los modelos de simulación física desarrollados. Estos modelos se apoyan en uno hidrodinámico básico que permite la simulación de los flujos de agua en la bahía. Sobre esa base se elaboraron modelos de calidad de agua de tipo estacionarios, bidimensionales, que se resolvieron por medio de aproximaciones sucesivas por diferencias finitas. Las fórmulas utilizadas corresponden básicamente a ecuaciones de balances de masas por sectores, considerando el transporte por dispersión, advección y remoción directa. Los modelos de simulación de oxígeno disuelto, de demanda bioquímica de oxígeno, de salinización, y de coliformes forman un conjunto de instrumentos que permite obtener la reacción del sistema ante distintas configuraciones de cargas contaminantes.

Este planteamiento metodológico se complementa con una evaluación, por medio de un modelo de optimación del conjunto de obras alternativas (interceptores, estaciones elevadoras, de tratamiento y emisarios submarinos) que permiten lograr con un costo mínimo las normas de calidad del agua, establecidas exógenamente, ya sea por los encargados de tomar las decisiones o bien de la administración de la bahía.

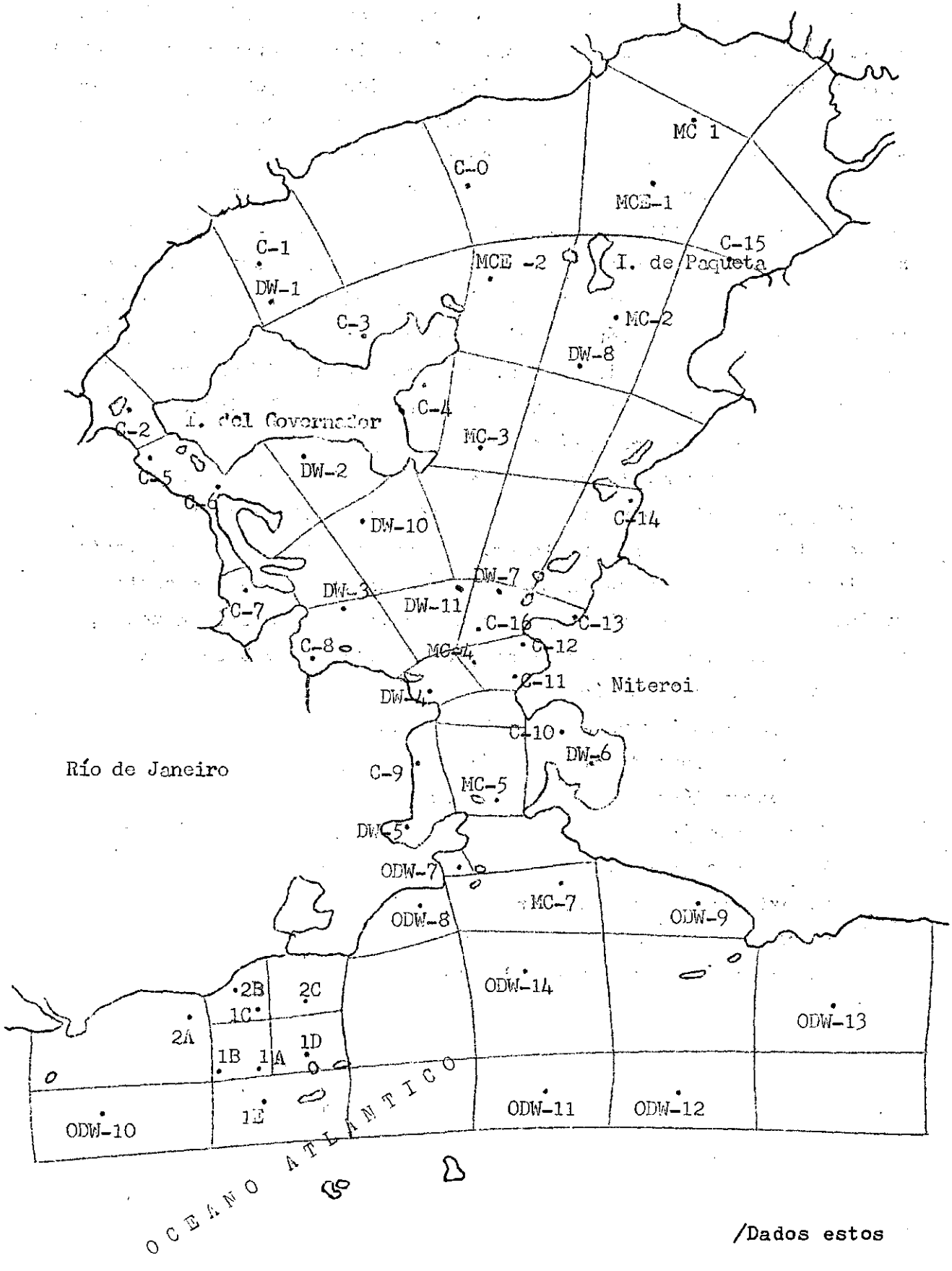
Los principales usos de la bahía son:

1. recreación: deportes acuáticos
2. recreación: navegación y pesca
3. navegación comercial
4. pesca comercial
5. extracción de agua para industrias
6. placer estético
7. dilución de aguas residuales.

/Mapa 4

Mapa. 4

BAHIA DE GUANABARA



/Dados estos

Dados estos usos se considera un número limitado de opciones para la calidad del agua en la bahía, en distintas zonas de ésta. (Véase el mapa 5.) Estas son:

Situación A: Un nivel de calidad de agua suficiente para asegurar todos los usos en todas las zonas.

Situación B: Recreación (deportes acuáticos) en la zona 1, uso estético en la zona 3 y navegación con pesca comercial en la zona 2.

Situación C: Pesca comercial en la zona 2, uso estético en las zonas 1 y 3 y navegación en la zona 4.

Situación D: Uso estético en las zonas 1 y 3 y navegación en las zonas 2 y 4.

Situación E: Sólo navegación en toda la bahía.

Las normas de calidad del agua consideradas para la bahía de Guanabara, a fin de hacer operativos los modelos, figuran en el cuadro 7.

La evaluación de los modelos de salinidad, de bacterias coliformes y de oxígeno disuelto se ha realizado para situaciones reales efectuando mediciones de campo recolectadas en 36 estaciones. Se reunieron y midieron en el laboratorio los parámetros siguientes: temperatura, transparencia, PH, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, bacterias coliformes totales y finales, clorofila, nitrógeno y fósforo (total e inorgánico). Se realizaron dichas mediciones dos veces por año en programas intensivos, en la estación seca y lluviosa, en muestras reunidas durante dos días en siete puntos, a lo largo del día de tres en tres horas y en tres profundidades, con marea alta y baja, tanto en la mañana como en la tarde.

En el mapa 6 y en el gráfico 10 se representan los resultados de velocidades y de salinidad, respectivamente, obtenidos de los modelos en cuestión. Se está recién diseñando el modelo de costo mínimo aludido y se ha procurado especialmente deducir las curvas de costos de cada una de las alternativas.

/Cuadro 7

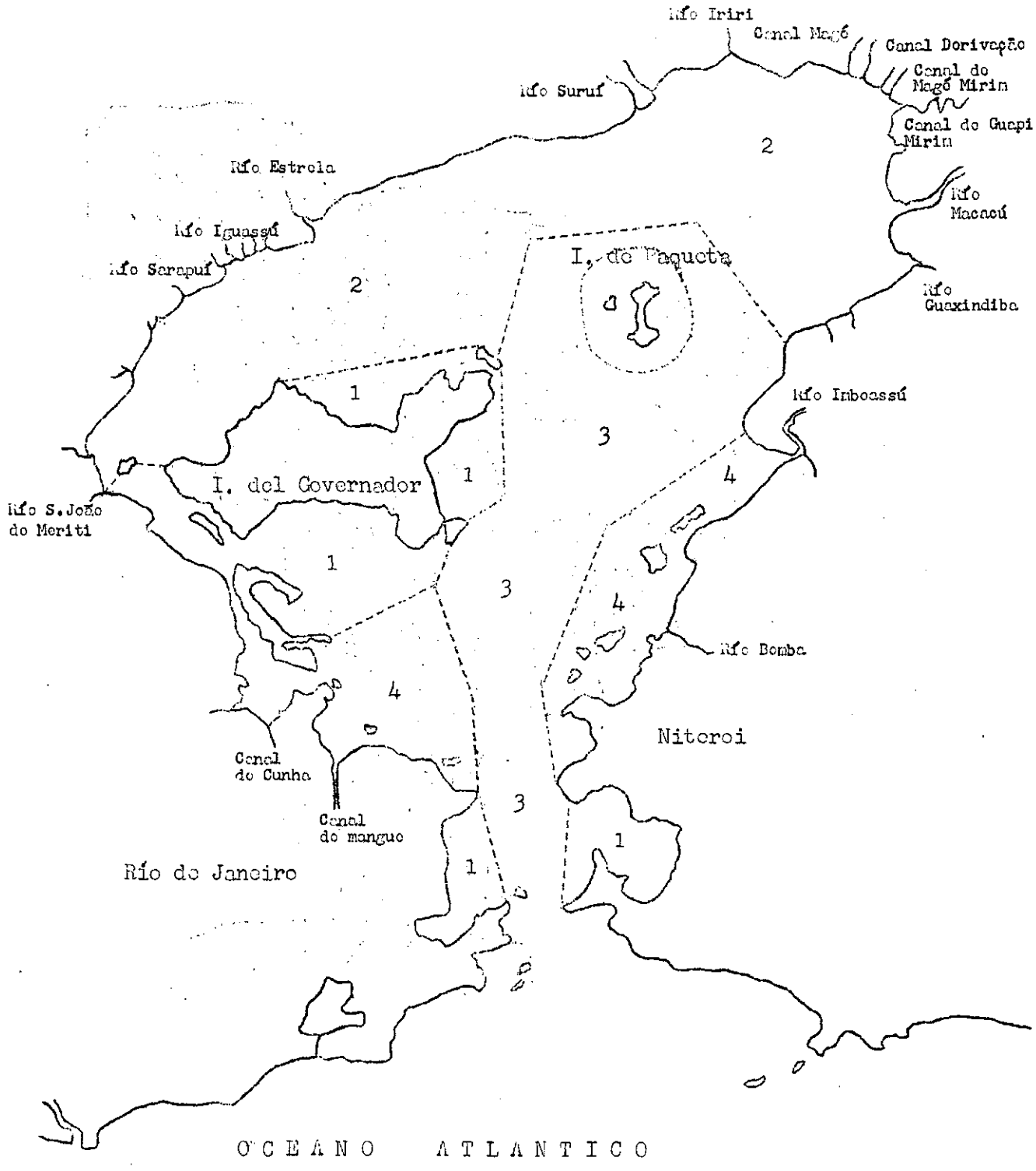
Cuadro 7

Usos / Parámetros indicadores	Recreación: deportes acuáticos	Recreación: navegación y pesca	Navegación comercial	Pesca comercial	Agua para industrias	Placer estético
Bacterias coliformes fecales	1 000	4 000	-	-	-	-
Bacterias coliformes totales	5 000	20 000	-	-	-	-
Oxígeno disuelto	4	4	-	4	2	2
Transparencia Disco Secchi (m)	1.20	1.00	-	0.70	1.20	0.50
Sólidos flotantes	virtualmente ausentes					
Sustancias tóxicas	ausentes	ausentes	ausentes			
Petróleo	virtualmente ausentes					
Malos olores	virtualmente ausentes					

/Mapa 5

Mapa 5

AGUAS DE LA BAHIA DE GUANABARA: DIVISION EN ZONAS



Zonas 1 - Recreación Deportes acuáticos

Zonas 2 - Pesca comercial

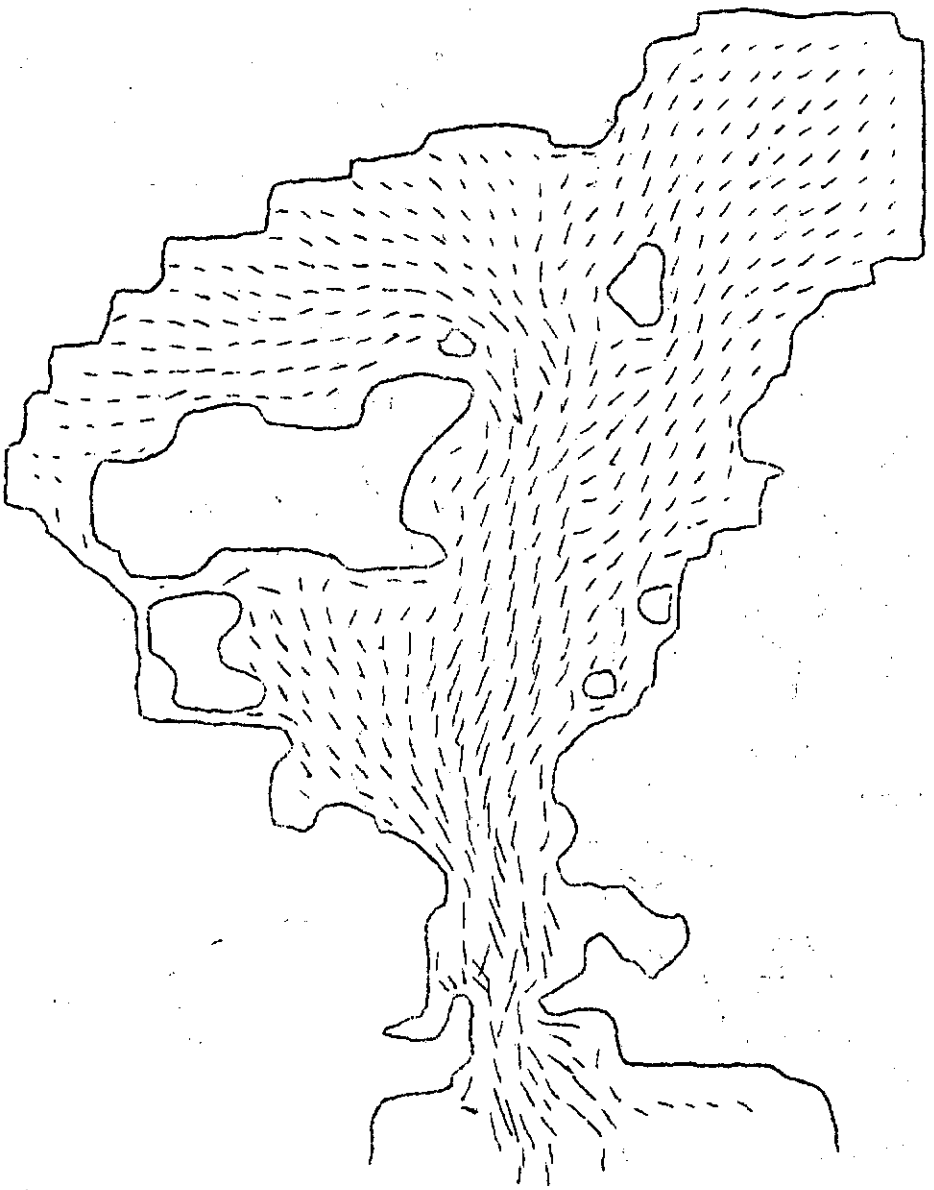
Zonas 3 - Belleza del paisaje

Zonas 4 - Navegación comercial

/Mapa 6

Mapa 6

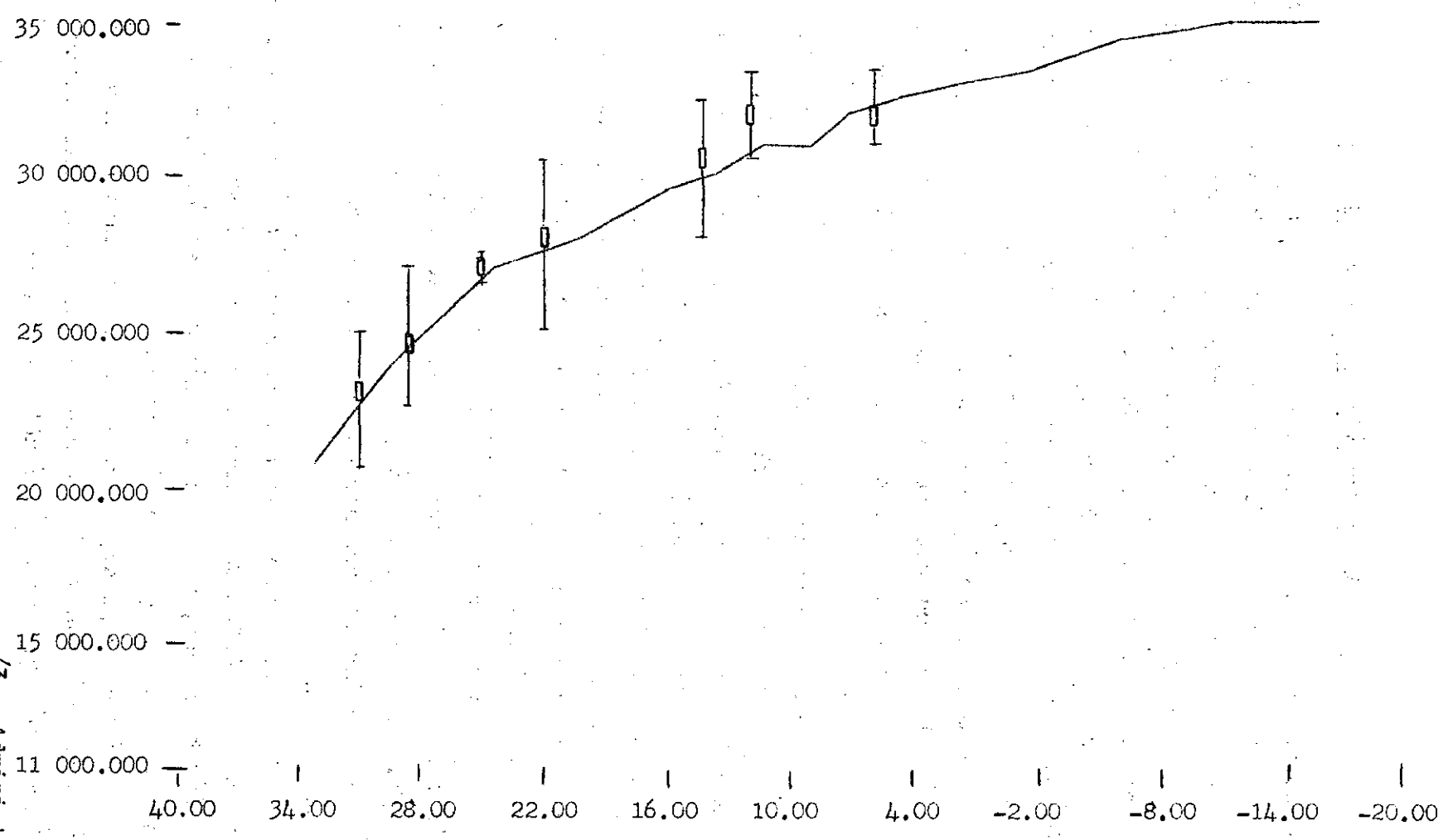
VELOCIDAD DE LAS CORRIENTES - MAREA BAJA
(Bahía de Guanabara, Brasil)



/Gráfico 10

Gráfico 10

COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS DE SALINIDAD CALCULADOS EN EL MODELO Y LOS OBSERVADOS EN EL TERRENO DURANTE LA ESTACION LLUVIOSA, 1968



/3. Administración

3. Administración integrada del sistema

En lo institucional la administración de las actividades relativas al control de la contaminación en la bahía de Guanabara, se efectúa en tres planos: el federal, el estadual y el municipal.

En el federal participan tres instituciones: la Secretaría Especial del Medio Ambiente - SEMA, PORTOBRAS y la Marina de Guerra del Brasil. A la SEMA le corresponde la fijación de los criterios generales relativos al control de la contaminación del medio ambiente y en particular el proyecto de la bahía de Guanabara. A PORTOBRAS le compete la fijación de los parámetros técnicos específicos, relativos a la preservación de las condiciones de navegación y a la Marina de Guerra vigilar el cumplimiento de las disposiciones específicas.

En el plano estadual existen las siguientes instituciones: la Comisión Estadual de Control Ambiental (CECA), FEEMA, la Superintendencia Estadual de Ríos y Lagos (CERLA), y la Compañía Estadual de Aguas y Alcantarillados (CEDAE).

CECA es el organismo normativo y fiscalizador del control ambiental en todo el Estado. Le compete reglamentar las pautas, criterios y padrones de calidad considerando los principios generales fijados en el ámbito.

FEEMA como organismo técnico se ocupa de la fiscalización y control del medio ambiente, por delegación del CECA. Como órgano responsable del Proyecto Bahía de Guanabara FEEMA desarrolla trabajos de campo e investigaciones aplicadas, como los que se incluyen en este resumen.

SERLA administra las medidas relacionadas con los ríos y lagos del estado y CEDAE es el organismo de administración de acueductos y alcantarillado, y las consecuencias de su acción sobre la bahía de Guanabara son de gran relevancia.

El tercer plano, el de las municipalidades, dice relación con las disposiciones de uso de suelo estando éste indirectamente relacionado con las otras funciones mencionadas.

/Resumiendo, la

Resumiendo, la gama institucional en el caso particular es amplia y como experiencia representa uno de los casos quizás más ricos y perfeccionados de América Latina.

4. Conclusiones

El objetivo global del estudio del control de la contaminación en la bahía de Guanabara consiste en proporcionar al gobierno informaciones para tomar decisiones respecto de un programa de obras destinado a mejorar la calidad de las aguas. Para lograr dicho objetivo es importante la elaboración de modelos de calidad de agua. Una vez perfeccionados y evaluados dichos modelos, podrán realizarse previsiones acerca de la calidad del agua de la bahía en situaciones futuras, tomando en cuenta no sólo el crecimiento de la población y de la industria, sino también los distintos lugares de desagüe y el grado de tratamiento de los residuos. Tales modelos tendrán importancia fundamental, por cuanto permitirán saber si la calidad de agua obtenida según las diversas hipótesis de desagüe de las aguas servidas en la bahía será compatible con los patrones adecuados para los usos propuestos, con lo cual se dará además una indicación sobre la capacidad de la bahía para absorber los desechos de la población del área.

En la actual etapa de desarrollo de los modelos de calidad del agua se puede llegar a algunas conclusiones preliminares, aun cuando hay que señalar que algunos temas específicos todavía deben ser revisados, especialmente varias experiencias en el terreno, como disminución de las bacterias en el período nocturno, los aportes de la fotosíntesis y de la respiración, los estudios de sedimentación y otros.

El modelo de bacterias coliformes, que es el más importante por cuanto dichas bacterias sirven de parámetro indicador de la calidad del agua para los deportes acuáticos, principal uso del

/agua de

agua de la bahía, demostró en principio que existe la posibilidad de desaguar desechos tratados en la misma bahía. Así, y a pesar que los modelos de OD/DBO no están aún completamente perfeccionados, ni se han realizado todavía las proyecciones de cargas orgánicas futuras, puede afirmarse ya que hubo un significativo cambio de dirección en cuanto al destino final de las aguas servidas de la cuenca de la bahía de Guanabara. Actualmente ya no existe consenso general acerca la necesidad de transportar todas las cargas al océano, y se encara con bastante optimismo la posibilidad de utilizar la bahía como receptora de desechos adecuadamente tratados. Sin embargo, esta posibilidad puede producir problemas de eutroficación del agua en las zonas de la bahía que tienen escasa circulación de agua, especialmente si se desaguan desechos tratados a nivel secundario. En ese caso, los estudios de calidad de agua deben complementarse mediante el desarrollo de modelos de fitoplacton.

Por su parte, los modelos económicos incorporarán datos de costos y beneficios de las diversas alternativas del destino final de los residuos. Considerando que los beneficios resultantes de una mejoría de la calidad de las aguas son difíciles de cuantificar - y algunos de ellos casi intangibles - se están desarrollando modelos de minimización de los costos de tratamiento y transporte de las aguas servidas, a fin de conocer los costos mínimos necesarios para alcanzar la calidad de agua adecuada para las diversas situaciones de calidad propuestas.

Esta será la información principal para la toma de decisión por parte del gobierno, y deberá ser complementada por los aspectos políticos y sociales del problema. Las estimaciones de los beneficios podrían servir de apoyo adicional para tomar esta decisión.

/Debe indicarse

Debe indicarse también que para dicha decisión es importante el factor de restricciones presupuestarias. Las obras que deberían efectuarse para mejorar la calidad de las aguas de la bahía significan cantidades elevadísimas, del orden de algunos miles de millones de cruceiros. Por ello, podría suceder que se adopte un plan de obras que no sea el de menor costo total para alcanzar la calidad deseada del agua, si tiene la ventaja de poder construirse en etapas. Este es el caso de plantas de tratamiento que pueden ser graduadas tanto en cuanto a su capacidad como en cuanto al grado de tratamiento, por oposición al proyecto que implica tan sólo el transporte y el desagüe en el océano, el cual deberá terminarse completamente antes de producir una mejoría en la calidad del agua. Por cierto que una solución final de desagüe en el océano puede conjugarse con soluciones provisorias de tratamiento y desagüe en la bahía, donde podrían proyectarse los troncales colectores para recibir el volumen final vaciado.

Es importante destacar la valiosa contribución del programa de control de contaminación por medio del petróleo y también el de un programa de limpieza de las aguas de la bahía a través de la eliminación de los sólidos flotantes, que producirán una considerable mejoría en las condiciones estéticas de la bahía.

Finalmente, se recomienda que los problemas complejos de control de contaminación y de administración de recursos hídricos se solucionen a través de la aplicación de modelos matemáticos, lo que se considera un enfoque más racional y económico que la predeterminación de medidas generales tales como el tratamiento secundario de todos los desechos o el transporte de todas las cargas contaminantes hacia el océano.

/C. MODIFICACION

C. MODIFICACION DE UN AMBIENTE DESERTICO POR LA IRRIGACION: PROYECTO SAN LORENZO-PERU 4/

1. Descripción general

La región de la costa peruana es extremadamente árida y el agua es el factor limitante no sólo de la agricultura sino de toda actividad vinculada al desarrollo. El clima de la costa no presenta limitaciones para el cultivo de una gran variedad de especies tropicales y semitropicales; y, asegurada la dotación de riego, se obtienen buenos rendimientos promedio de los cultivos principales como la caña de azúcar (140 tm/ha), el arroz (4.0 tm/ha), el maíz (3.5 tm/ha) y el algodón (1.5 tm/ha). Por ello y por la existencia de una mejor infraestructura de transporte, comunicación y comercialización - en comparación con las otras dos regiones del Perú: la sierra y la selva - en los valles regados de la costa, que abarcan en la actualidad una superficie de 800 000 ha, se concentra la agricultura de mayor valor comercial del Perú.

Los ríos de la costa peruana constituyen la principal fuente de agua de la región. Estos ríos son alimentados por las precipitaciones y deshielos que ocurren en la parte occidental de la cordillera de los Andes. Son ríos de naturaleza torrencial y de régimen de escurrimiento irregular. En el período de avenidas, enero, febrero y marzo que coincide con las lluvias en la sierra, los ríos descargan el 75% de la masa anual promedio de agua, la mayor parte de la cual se vierte al océano. El 25% restante se descarga en 260 días y en el período crítico de estiaje comprendido entre junio y diciembre; la mitad de los 52 ríos de la costa se secan completamente, limitando la posibilidad de realizar dos campañas agrícolas al año.

4/ Este resumen se bass en el estudio sobre la "Modificación de un ambiente desértico por la irrigación: Proyecto San Lorenzo-Perú", preparado por Arturo Cornejo T., y los señores Humberto Yap S., Carlos López Ocaña, Antonio Brack E. y Wilmer Iglesias de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima-Perú (UNA).

/En el

En el desarrollo de los recursos hídricos para el riego en la costa peruana se pueden distinguir dos etapas. La primera que comenzó en 1910 y se prolongó hasta 1950, se caracterizó por la acción combinada del Estado y la iniciativa privada para realizar obras de regadío, ya sea para extender la superficie cultivada, mejorar la dotación de riego o lograr ambos fines. Las obras para ampliar dicha superficie estuvieron a cargo principalmente del Estado y eran simples derivaciones mediante canales, para regar entre 2 000 a 15 000 ha de tierras desérticas adyacentes a los valles que presentaban excedentes de agua. Las obras para mejorar la dotación de riego fueron realizadas principalmente por iniciativa privada y se limitaron a la ampliación de la capacidad de almacenamiento de las pequeñas lagunas en la cordillera y a la explotación de las aguas subterráneas mediante la perforación de pozos. En este período se estima que el área regada en la costa se expandió en 150 000 ha y se mejoró el riego en aproximadamente 200 000 ha.

La segunda etapa que se inició en 1950 se caracteriza por obras hidráulicas de mayor envergadura, construcción de presas de almacenamiento y derivaciones mediante canales y túneles de los excedentes de aguas a cuencas vecinas que mostraban déficit. Por lo general estas obras tienen el doble objetivo de ampliar el área cultivada y mejorar la dotación de riego. Han sido realizadas exclusivamente por el Estado, con financiamiento externo de organismos internacionales de crédito y de la banca privada. Hasta el año 1975 se había ampliado el área cultivada en 250 000 ha y mejorado la dotación de riego en 300 000 ha, parte de esta última (100 000 ha) por iniciativa privada mediante la perforación de pozos.

/2. El

2. El proyecto San Lorenzo

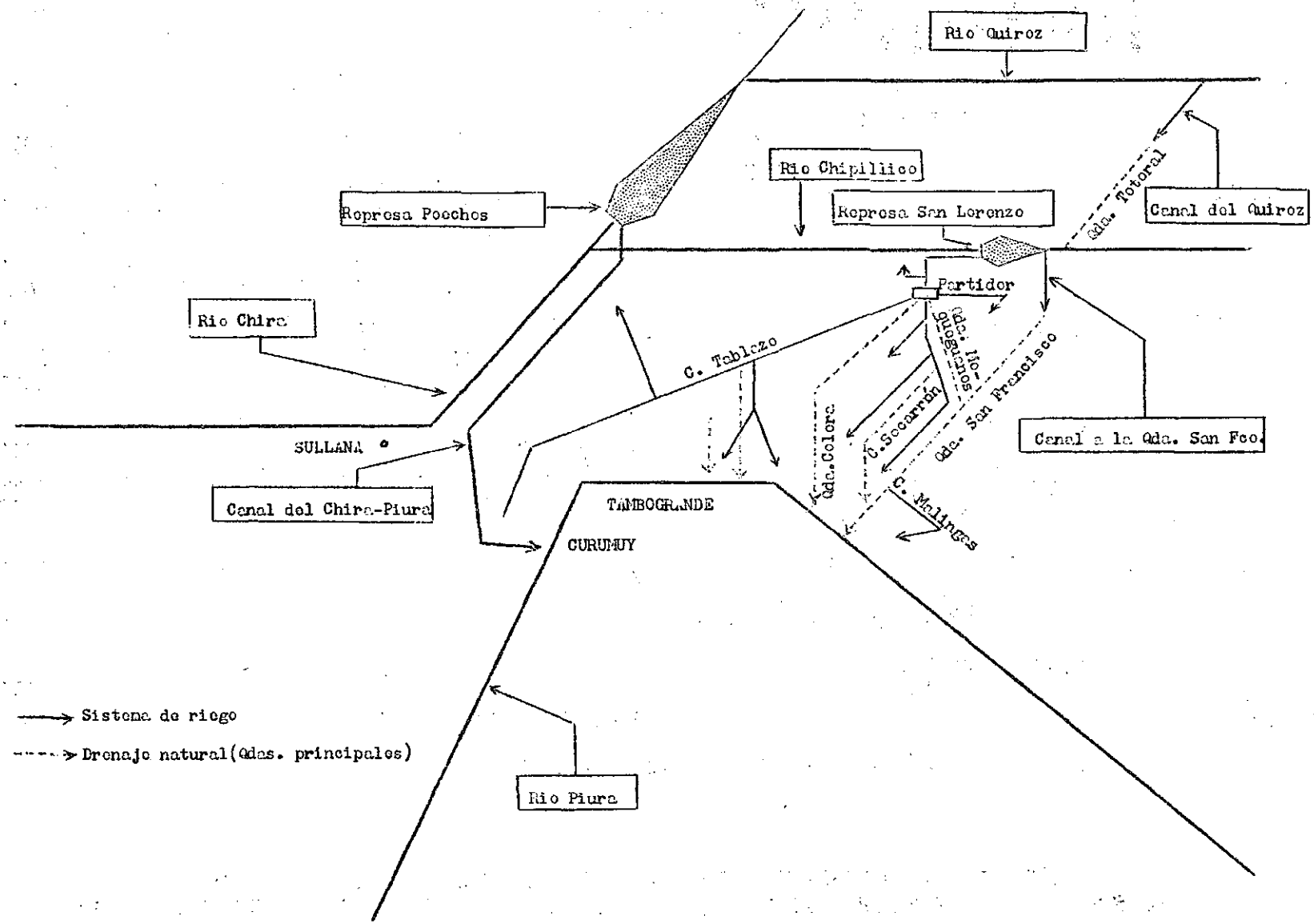
San Lorenzo es un proyecto de colonización de tierras eriazas mediante el riego, localizado en el Departamento de Piura, aproximadamente a 1 000 km al norte de Lima, en las zonas media y alta del monte desértico tropical que separa las cuencas de los ríos Chira y Piura. La altitud de las tierras regadas por el proyecto varía entre 50 y 300 m (véase el gráfico 11).

La distancia media entre los valles de Chira y Piura fluctúa de 10 y 50 km. El primero tiene excedentes de agua todo el año mientras el segundo sólo disponía de agua durante tres a cuatro meses al año, de modo que los agricultores del valle de Piura podían obtener una cosecha de algodón en años de buena descarga de agua. La primera tentativa de desarrollo de los recursos hidráulicos de la región, aprobada por el gobierno peruano, fue un proyecto de ingeniería que consideraba la derivación de 600 millones de m3 de agua al año del río Quiroz (afluente del Chira) al río Piura mediante la construcción de canales y túneles. Esta derivación mejoraría el riego de 31 000 ha del valle de Piura y al construir una presa de almacenamiento se ampliaría el área cultivada en 20 000 ha. La derivación de las aguas del Quiroz al Piura se terminó en 1954 y los beneficios de la mayor dotación de riego sobre la producción de algodón pima, el principal cultivo de la región fueron inmediatos, como se puede apreciar en el gráfico 12. El rendimiento promedio de algodón subió de 1.04 tm/ha (período 1940-1953), antes de la derivación, a 1.27 tm/ha después de la derivación (período 1954-1959) y a 1.59 tm/ha cuando comenzó a funcionar la represa San Lorenzo (período 1960-1974).

/Gráfico 11

Gráfico 11

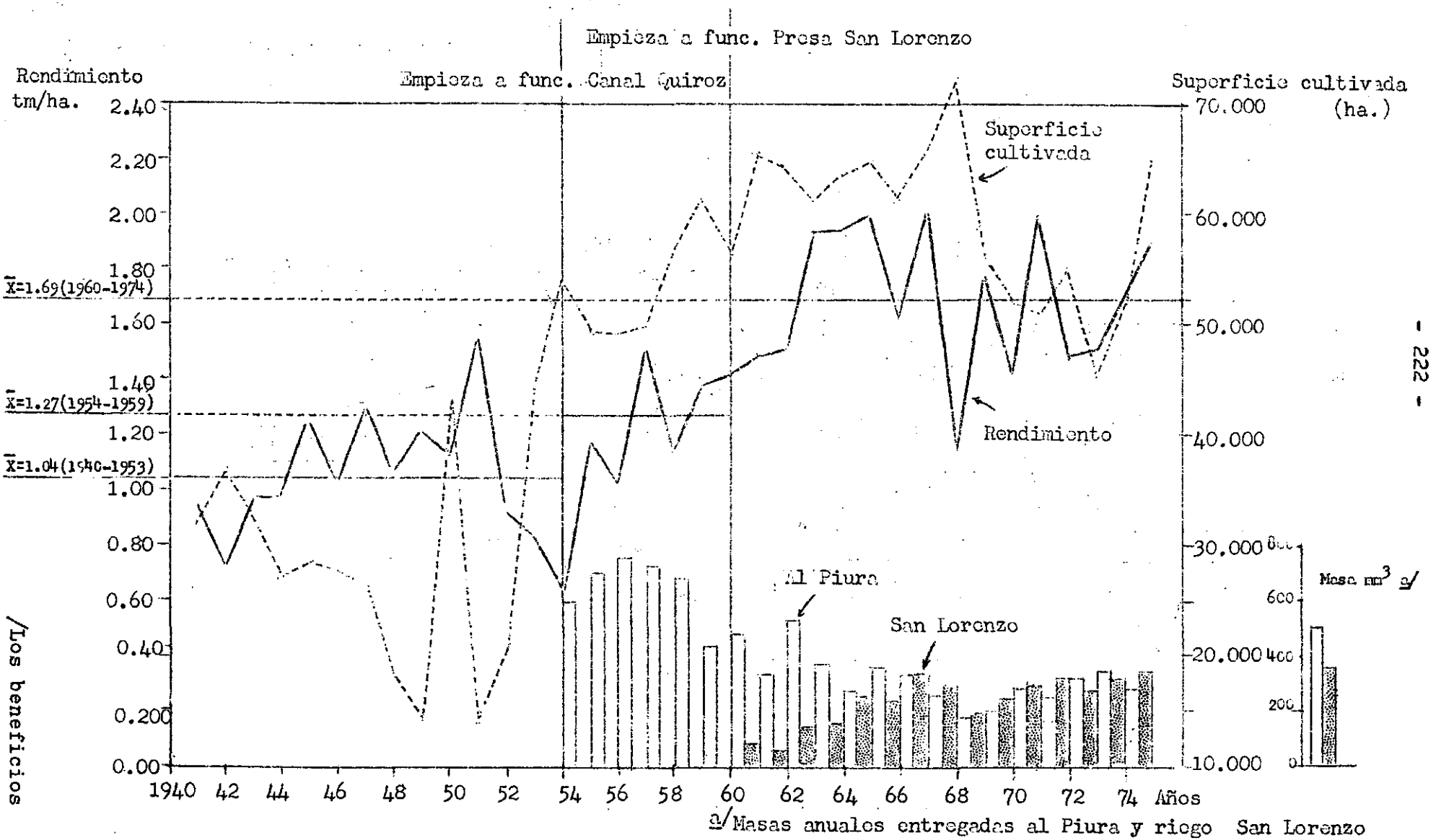
SISTEMA HIDROLOGICO REGIONAL



/Gráfico 12

Gráfico 12

SUPERFICIE CULTIVADA, RENDIMIENTO DEL ALGODON EN LOS VALLES PIURA Y CHIRA (1940-1974) Y MASAS ANUALES ENTREGADAS AL PIURA Y RIEGO SAN LORENZO. (1954 - 1974)



/Los beneficios

Los beneficios de una mejor dotación de riego en el valle de Piura fueron aún más notables en las empresas que utilizaron una mejor tecnología agrícola como nivelación de las tierras, avenamiento de las parcelas para controlar la salinidad, mejor preparación del terreno, dosis apropiadas de fertilizantes, y control de plagas y enfermedades. (Gráfico 13.) Antes de la derivación del Quiroz la dotación de riego promedio para el sembrío de algodón en Marihualá era de 6 000 m3/ha y se obtenía un rendimiento de 1.87 tm/ha. En este período (1940-1954) existe una correlación muy buena entre la dotación de riego y los rendimientos. Con la derivación del Quiroz la dotación de riego aumentó a 8.40 m3/ha y el rendimiento promedio de algodón subió a 3.30 tm/ha. La correlación entre la dotación de agua y rendimiento de algodón desapareció porque el agua dejó de ser el factor limitante de la producción agrícola. Los resultados obtenidos en la Hacienda Marihualá y en otras empresas agrícolas similares, demostraron que en el valle de Piura existía un amplio margen para aumentar la producción de algodón si se mejoraba la dotación de riego y la tecnología agrícola.

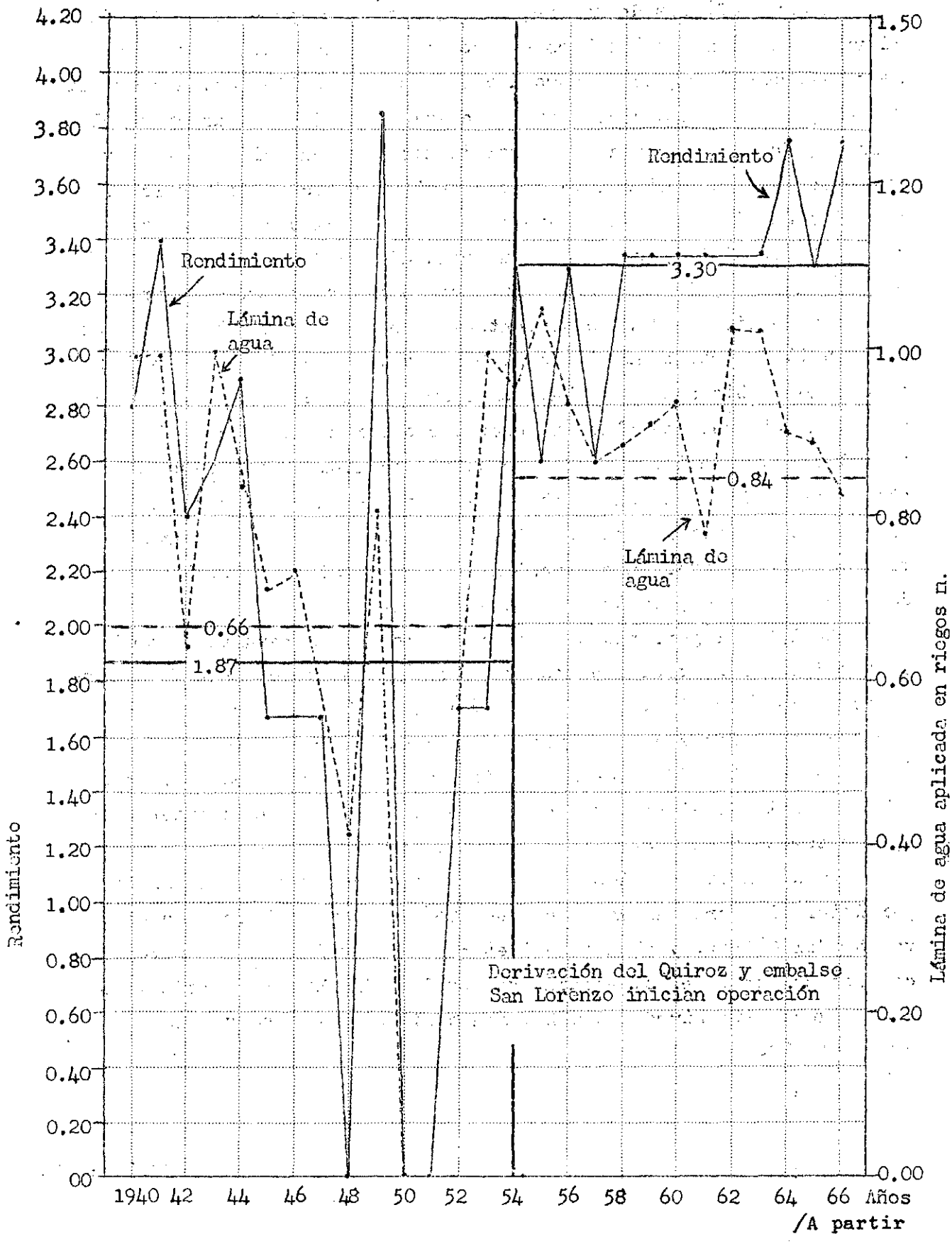
En 1956 el gobierno peruano ante los buenos resultados de la derivación y los precios altos del algodón pima en el mercado internacional en esos años, autorizó la construcción de la represa San Lorenzo para almacenar 254 millones de m3 de agua y de un sistema de riego para 45 000 ha de nuevas tierras agrícolas. La represa se terminó en 1959, el sistema de canales en 1960 y el asentamiento de agricultores en la nueva colonización se inició en 1961.

La ampliación de los sistemas de riego en el valle de Piura por iniciativa privada entre el año 1948, en que se inicia la derivación del Quiroz, y el año 1961 en que se instalan los primeros colonos de San Lorenzo, alcanzó un total de 18 000 ha distribuidas como sigue: Alto Piura 8 000 ha; Medio Piura, 3 000 ha y Bajo Piura, 1 000.

/Gráfico 13

Gráfico 13

INFLUENCIA DE LA DERIVACION DEL QUIROZ Y EL EMBALSE SAN LORENZO EN LA REGULACION DEL RIEGO Y SU EFECTO EN LOS RENDIMIENTOS DE ALGODON EN EL VALLE DEL BAJO PIURA: HDA. MARIHUALA



/A partir

A partir de 1962 el uso de los recursos hídricos - desarrollados con la derivación del Quiroz y almacenados en la presa de San Lorenzo - por la agricultura establecida y ampliada del valle de Piura se tornó incompatible con el uso por los nuevos colonos que el gobierno establecía en San Lorenzo. Conforme se colonizaban las nuevas tierras se hacía evidente que los recursos hídricos desarrollados eran insuficientes para satisfacer la demanda de riego de las 44 000 ha existentes en el valle medio y bajo de Piura y las 45 000 ha por colonizar en San Lorenzo. Este conflicto se resolvió en 1976 con la puesta en funcionamiento de la represa de Poechos sobre el río Chira con una capacidad de almacenamiento: 1 000 millones de m3 y del canal de derivación de 70 m3/seg del Chira al Piura. En esta forma el 50% del agua (300 millones de m3) derivada del Quiroz que se destinaba para el medio y bajo Piura se distinará en el futuro a regar las 36 000 ha habilitadas para la agricultura en San Lorenzo.

La represa de Poechos se construyó en virtud de un Plan Integral de Desarrollo de la región Piura-Tumbes. Los estudios básicos para formular el Plan demostraron fehacientemente que: a) los sistemas de riego de Chira-Piura y San Lorenzo están integrados y deben funcionar como una unidad para aprovehcar el agua en forma más eficiente; b) en la región de Piura, con las obras construidas prácticamente se agota la posibilidad de desarrollar mayores recursos hídricos. El aprovechamiento futuro del agua en la región tendría que basarse en la derivación de afluentes del río Amazonas, como el Huancabamba. Estas derivaciones son muy costosas y sólo se justificarían económicamante en aprovechamientos multisectoriales del agua: generación de energía eléctrica, uso doméstico y agricultura; c) el uso eficiente del agua en una agricultura que utilice intensamente las tierras actualmente regadas (147 000 ha en la región) debe prevalecer sobre cualquier interés por ampliar el área cultivada utilizando los recursos existentes (véase el cuadro 8). En la práctica eso significa que en la región de Piura deben tener prioridad las obras para rehabilitar los sistemas de riego y drenaje, así como las obras y medidas para mejorar la operación y mantenimiento de los sistemas de regadío y elevar la tecnología agrícola para obtener mayores rendimientos unitarios de los principales cultivos de la región.

/Cuadro 8

Cuadro 8

PLAN GENERAL DE APROVECHAMIENTO DE TIERRAS REGADAS EN EL SISTEMA CHIRA-PIURA-SAN LORENZO

(Miles de ha)

Tierras	Chira y Quiroz	San Lorenzo Chipillico	Medio y Bajo Piura	Alto Piura	Total
Con sistema de riego	37.63	42.65	52.70	44.40	177.38
Que se riegan regularmente a/	29.00	28.20	35.00	28.40	120.60
Con riego planificado b/	32.00	36.00	44.10	35.00	147.10

a/ Tierras que en promedio se riegan en un año con buena dotación de agua en los ríos, (aproximadamente 10 a 20 000 m3/ha-año).

b/ Tierras que se regarán cuando se desarrolle todo el sistema comprendido en el Plan Integral de Desarrollo. La dotación promedio será de 18 400 m3/ha-año entregado en la toma del fundo.

3. El impacto del agua en el ambiente árido de San Lorenzo

El riego de San Lorenzo produjo un cambio substancial en el balance hidrológico natural del área con consecuencias físicas, económicas y sociales. Los suelos que recibían una precipitación promedio de 140 mm al año, apenas suficiente para el desarrollo de pastos temporales, algarrobos y una ganadería extensiva principalmente caprina, con el riego reciben láminas promedio de agua de 1 500 mm al año lo que permite una agricultura intensiva con cultivos de algodón, maíz, arroz y frutales. Después de introducido el riego la población aumentó de 400 a 3 500 familias; éstas dependen directamente de la agricultura y tienen ahora mayores oportunidades de trabajo. Las nuevas vías de comunicación abiertas para construir las obras y mantener los sistemas de regadío permitieron mayor movilidad de la población y la ocupación del territorio. La flora y fauna nativas comenzaron a desaparecer e introdujeron especies vegetales y animales domesticados por el hombre. Aumentó la deforestación de las cuencas altas por la facilidad de acceso y la mayor población que explota hasta la degradación las especies forestales más valiosas y tala los bosques de protección para cercos, leña y producción de carbón. Como consecuencia de la tala indiscriminada de los bosques de protección aumentó la erosión y la carga de sedimentos en los cursos de agua. En el año 1974 el Gobierno promulgó una ley de veda forestal en la región de Piura-Tumbes, e inició programas de reforestación de las cuencas altas para corregir la degradación de los últimos años. Es importante destacar que las obras de riego no sólo tienen influencia y cambian la región dominada por los sistemas de regadío, sino que su influencia se extiende a las partes altas de las cuencas donde se encuentran las obras de derivación y almacenamiento. Si no se protejen las partes altas de las cuencas se corre el riesgo de deforestación, erosión y aumento de los sedimentos, con las consecuencias dañinas que tienen sobre la duración, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de regadío.

/4. La

4. La degradación de las aguas y la salinización de los suelos de San Lorenzo y el valle de Piura

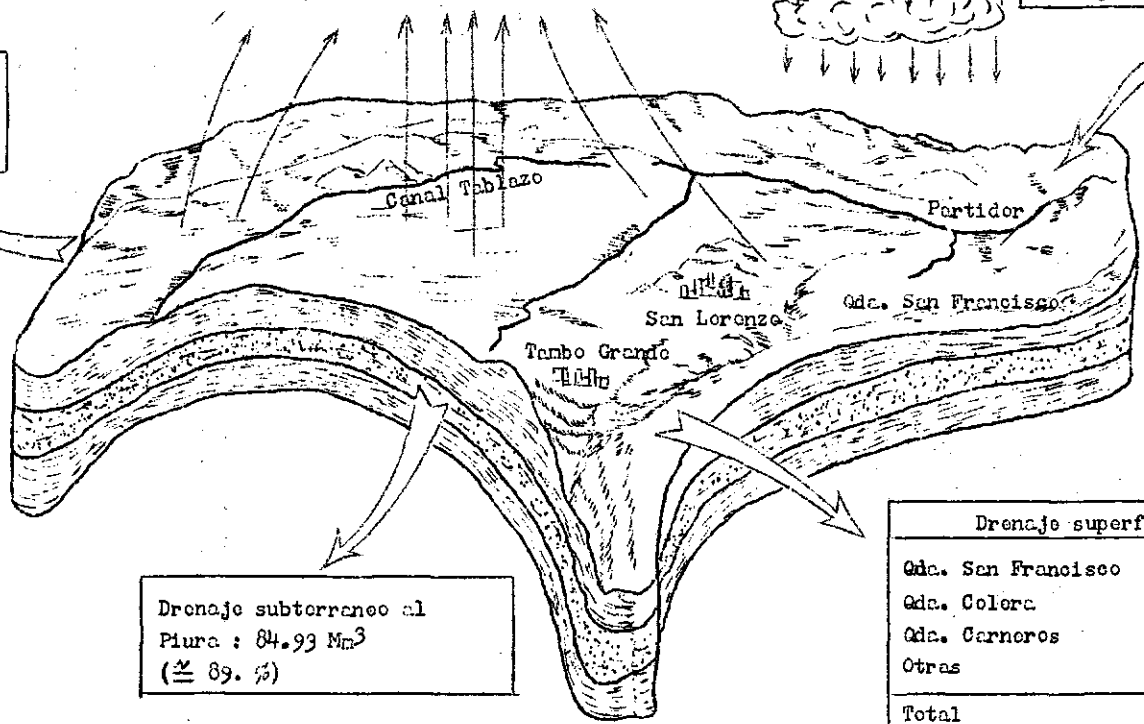
En San lorenzo y en toda la región norte del Perú donde exista la formación terciaria de origen marino está latente el problema de la degradación de las aguas y los suelos. En San Lorenzo la percolación de los excedentes de riego hace que el agua entre en contacto con la formación terciaria, disuelva las sales y las transporte a zonas de riego más bajas y por las quebradas naturales hacia las cuencas vecinas de Chira y Piura. El proceso de degradación de aguas y suelos ha sido muy rápido en San Lorenzo y a ello contribuyen los excedentes de riego que existieron en los primeros años de la colonización y cultivo de arroz en tierras anegadas. El agua del reservorio y canales revertidos es de muy buena calidad (Estaciones de muestreo DP-1 y DP-7) y la concentración de sales en las de los drenes aumenta conforme avanza en la quebrada de San Francisco hacia el río Piura. En el gráfico 14 se presenta el balance hidrológico de la colonización de San Lorenzo correspondiente al año 1974. Se ha estimado que al valle de Piura drenaron en ese año 85.0 millones de m3 de agua que aportaron una carga de sales del orden de los dos millones de toneladas. En cambio en ese año drenaron al Chira 8.5 millones de m3 con una carga de sales del orden de las 200 000 tm. Este aporte no tiene significación para el valle de Chira, dadas las altas descargas del río Chira y la excelente calidad de sus aguas. En cambio el aporte de sales de San Lorenzo al Piura es significativo y se considera que ha acelerado la salinización de los suelos en el valle Bajo de Piura. La salinización progresiva de los suelos de los diferentes sectores de riego de San Lorenzo entre los años de 1968 a 1974 se presenta en el gráfico 15. Los sectores más afectados son los de Somate Bajo y Moqueguanos. La superficie afectada en Somate Bajo no aumentó en los años de 1968 a 1974, lo que demuestra que el sistema de colectores construido en ese sector ha sido suficiente para detener el proceso de salinización y ahora es necesario drenar las parcelas para recuperar los suelos afectados. En el sector de riego Moqueguanos la superficie salinizada se duplicó entre 1968 a 1974, por cuanto no existía un sistema de drenes colectores, pero se empezó a construir uno en 1975.

/Gráfico 14

Gráfico 14

ESTIMACION DEL BALANCE HIDROLOGICO DE LA I.C.S.L. (1974)

Rubro	(+) mm	(-) mm
Uso consuntivo	6048	
Evaporización	1727	
Evap. alta napa	F. 100	
Precipitación		127
Total	283.67 Mm^3	



Precipitación 127 mm

Drenaje subterraneo al Chira : 8.49 Mm^3 (≅11 %)

Aportes	
San Lorenzo	342.48 Mm^3
Al Piura	281. 11 Mm^3
Total	623.59 Mm^3

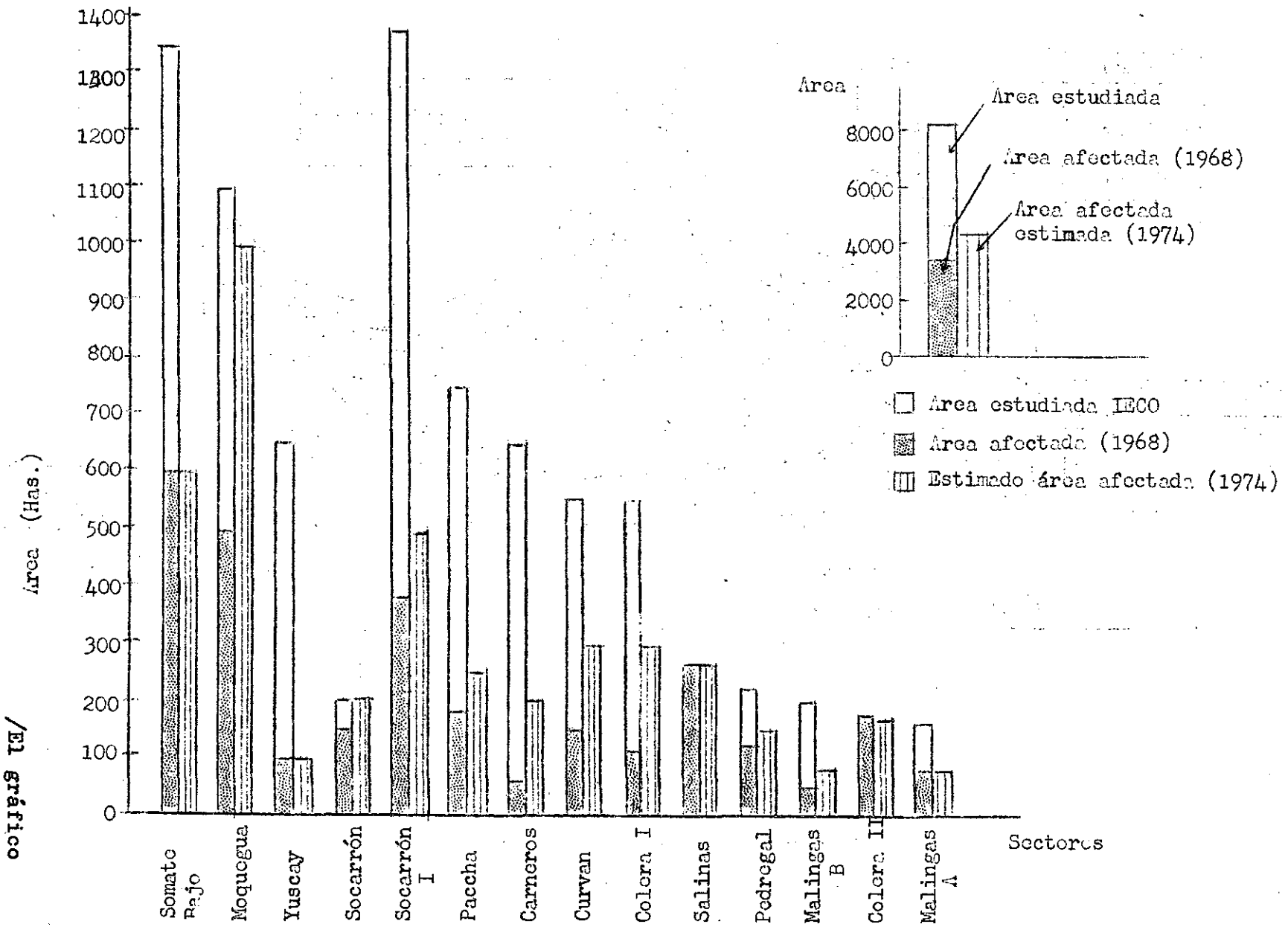
Drenaje subterraneo al Piura : 84.93 Mm^3 (≅ 89. %)

Drenaje superficial	
Qda. San Francisco	221.08 Mm^3
Qda. Colora	
Qda. Carneros	25.42 Mm^3
Otras	
Total	246.50 Mm^3

/Gráfico 15

Gráfico 15

PROYECTO DE DRENAJE SAN LORENZO - AREAS ESTUDIADAS Y AFECTADAS



/El gráfico

El gráfico 15 muestra que en todos los sectores de riego de San Lorenzo los suelos tienen en mayor o menor grado problemas de salinidad y que el área afectada ha aumentado de 3 200 a 4 400 ha entre los años 1968 a 1974. La dotación de agua en San Lorenzo ha ido descendiendo conforme se ha ampliado el área cultivada. En el período 1964 a 1968 la dotación promedio (módulo de riego) era de 17 000 m3/ha año. En el período 1969 a 1974 es del orden de los 12 000 m3/ha año. Este descenso en el módulo de riego debe haber ejercido un doble efecto sobre la salinidad. Por un lado deben haber disminuido los excedentes de riego y el transporte de sales a las partes bajas de la colonización y hacia las cuencas del Chira y Piura. Por otro lado la dotación de riego es tan baja que no es posible recuperar los suelos afectados por sales, aun disponiendo de un sistema de colectores. La puesta en operación de la represa de Poechos y la liberación de los cursos del Quiroz que antes se derivaban a Piura, para ser utilizados en San Lorenzo debe permitir el aumento futuro de la dotación de riego, siempre que no se amplíen los sistemas de riego indiscriminadamente.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones generales más importantes del estudio del Proyecto San Lorenzo pueden resumirse como sigue:

a) Las zonas áridas son ambientes frágiles, de drenaje incipiente y que experimentan importantes modificaciones con transferencias masivas de agua. Si bien en el caso del Proyecto San Lorenzo no fue prevista la salinización, tanto de los suelos como del agua, estas modificaciones son previsibles y pueden ser controladas por el hombre a costos razonables mediante un manejo adecuado del agua y del suelo.

b) El almacenamiento y transferencia de aguas en zonas áridas permite aumentar el riego, pero contribuye al transporte de las sales que existen en los suelos desérticos. El drenaje imperfecto y el transporte de las sales generan problemas de salinidad y de avenamiento, principalmente en las zonas bajas. Estas zonas bajas deben destinarse preferentemente para forestación, pastos y crianza de ganado, y en último término para el asentamiento de colonos, a fin de evitar reubicaciones posteriores y el abandono de tierras e inversiones.

c) En

c) En las zonas áridas el recurso limitante es el agua y sobra la tierra de modo que a la vez que se construyen obras de riego deben adoptarse disposiciones estrictas sobre la ampliación de la superficie regada y devastación de la flora nativa, especialmente especies arbóreas. Como la superficie habilitada en el caso del Proyecto San Lorenzo fue superior a la prevista inicialmente, a la postre la dotación de agua promedio era inferior a la requerida para el riego y el lavado de los suelos, con lo cual se intensifió el problema de salinización, agravado por el peculiar origen geológico de la región (terciario, marino).

d) Los proyectos de riego con obras hidráulicas e infraestructura costosas como el de San Lorenzo sólo pueden alcanzar índices económicos favorables que justifiquen las inversiones sobre la base de: i) utilización intensiva de las tierras; ii) buenos rendimientos de cultivos de alto valor económico; iii) uso eficiente del agua, y iv) un buen sistema de apoyo y estímulo a las inversiones en las actividades agrícolas y pecuarias. Estimaciones preliminares de indicadores de evaluación económica señalan que el Proyecto San Lorenzo, analizado individualmente, habría tenido baja rentabilidad. No así las inversiones complementarias necesarias para recuperar las tierras hoy salinizadas, porque las inversiones realizadas en las obras mayores tienen hoy un costo de oportunidad cero (véase el cuadro 9).

e) En las regiones áridas es una práctica aceptable iniciar la construcción de obras hidráulicas simples como derivaciones y almacenamientos medianos sin contar con estudios integrales, siempre que estas obras no comprometan la parte más importante de los recursos hidráulicos disponibles en la cuenca. De comprometerla, es indispensable efectuar estudios integrales de la cuenca o cuencas afines. Estos deben comprender en las zonas áridas estudios básicos de suelos y agua, de explotación racional de flora y fauna (tanto autóctonas como las introducidas gracias a las obras de riego), y económicos.

/Cuadro 9

Cuadro 9

RELACION BENEFICIO/COSTO Y TASA INTERNA DE BENEFICIOS DE LOS PROYECTOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO INTEGRAL

Proyecto	Relación B/C	TIR	Interés utilizado en el descuento
Rehabilitación del sistema de riego y drenaje del Bajo Piura a/	1.08	17%	15%
Colectores de drenaje San Lorenzo a/	1.70	20	20
Rehabilitación del sistema de riego y drenaje del valle de Chira b/	1.08	6.8	20
Desarrollo de aguas subterráneas Alto Piura b/	1.6	9.0	20
Aumento de la capacidad de almacenamiento de San San Lorenzo b/	4.2	17.4	20

a/ Tiene estudio de factibilidad.

b/ No tienen estudio de factibilidad.

f) La administración de sistemas hidráulicos integrados, como en el proyecto en cuestión, exige el establecimiento de un organismo regional con autoridad sobre todo lo relacionado con la operación y el mantenimiento del sistema, incluida la conservación y control de las cuencas altas. Para su funcionamiento es imprescindible que los recursos humanos y económicos sean adecuados, y que los usuarios participen en los sistemas de riego, conservación y manejo de los recursos naturales afines, especialmente de las aguas.

/D. EL

D. EL MODELO GURI: ANALISIS DE UN POTENCIAL CONFLICTO EN EL USO DE RECURSOS NATURALES, EN UNA CUENCA TROPICAL - VENEZUELA 5/

1. Localización y descripción general del sistema estudiado

La cuenca del río Caroní está ubicada sobre la ribera derecha del río Orinoco, en el Estado Bolívar, en una región conocida con el nombre de Guayana y situada al sudeste de Venezuela. El río Orinoco tiene un gasto medio anual de 33 000 m3/seg y la longitud del cauce principal es de 1 530 km, hasta su confluencia con el río Caroní. La cuenca del río Caroní cubre un área de 93 500 km2, a lo largo de los cuales escurren 129 000 millones de m3, representando un gasto medio de unos 4 100 m3/seg. Las informaciones acumuladas durante 25 años (1949-1973) indican que el gasto anual medio máximo registrado es de 13 000 m3/seg dando un promedio general anual de 4 900 m3/seg. Una particularidad especial que presenta el río Caroní respecto de los otros ríos guayaneses es la de poseer un área hidrográfica muy vasta en su tramo superior, que por sí sola representa la mitad del total de la cuenca del río Orinoco. La hoya del río Caroní se extiende aproximadamente 160 km en dirección norte a sur y 100 km en dirección este a oeste.

a) Clima

El clima es ecuatorial muy húmedo. La temperatura tiene pocas variaciones anuales, hay sol constantemente, y no hay variaciones estacionales marcadas. La temperatura media anual fluctúa desde aproximadamente 20 grados centígrados en la Gran Valana, hasta aproximadamente 28 grados centígrados cerca de la confluencia del río Caroní con el río Orinoco. La precipitación, uno de los factores preponderantes en determinar toda la dinámica hidrológica de la

---

5/ Este resumen se basa en el estudio de caso: "El Modelo Guri: Análisis de un Potencial Conflicto en el Uso de Recursos Naturales, en una Cuenca Tropical" preparado por Jorge Rabinovich, Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.

/cuenca, muestra

cuenca, muestra un claro incremento de norte a sur: de unos 1 000 mm a unos 4 000 mm y con un promedio anual en la cuenca de 2 600 mm. El período más lluvioso se extiende de mayo a noviembre, inclusive, presentándose las precipitaciones máximas en julio y agosto.

b) Suelos y vegetación

Los estudios de suelos realizados en la región son escasos y por eso poco se sabe sobre este recurso.

Sobre la base de observaciones aisladas puede decirse que los suelos se presentan muy mineralizados, su fertilidad natural es baja, su susceptibilidad a la erosión es relativamente alta y además muestran otras características fisicoquímicas desfavorables, como ser, textura, poca retención de humedad, aridez, etc.

La baja fertilidad del suelo que determina los bajos rendimientos de las explotaciones agropecuarias, no se contradice con la gran biomasa vegetal que, en condiciones naturales, se encuentra en la mayor parte de la cuenca del Caroní. La mayor parte de los elementos esenciales para este gran desarrollo de biomasa vegetal, se encuentra en un estado permanente de circulación, la cual se realiza a tasas de renovación relativamente altas, de manera que su permanencia en el suelo es realmente casi esporádica.

c) El sistema

El sistema del río Caroní consiste: a) en una presa, Raúl Leoni, de una capacidad de almacenaje de unos 18 000 millones de m3 en su primera etapa y de 140 000 millones de m3 embalsables en su etapa final; b) la central hidroeléctrica, Guri, ubicada al pie de la presa, que en su primera etapa (1977) alcanzara una capacidad instalada de 2 millones kW y en su etapa final tendrá 9 millones de kW instalados, y c) la cuenca ubicada aguas arriba de la presa (80 000 km2) que en más de un 50% está cubierta de bosques de valor comercial. La explotación de estos bosques y de las tierras habilitadas gracias al desbroce son actividades que podrían desarrollarse como consecuencia de la apertura de la región.

/2. Objeto

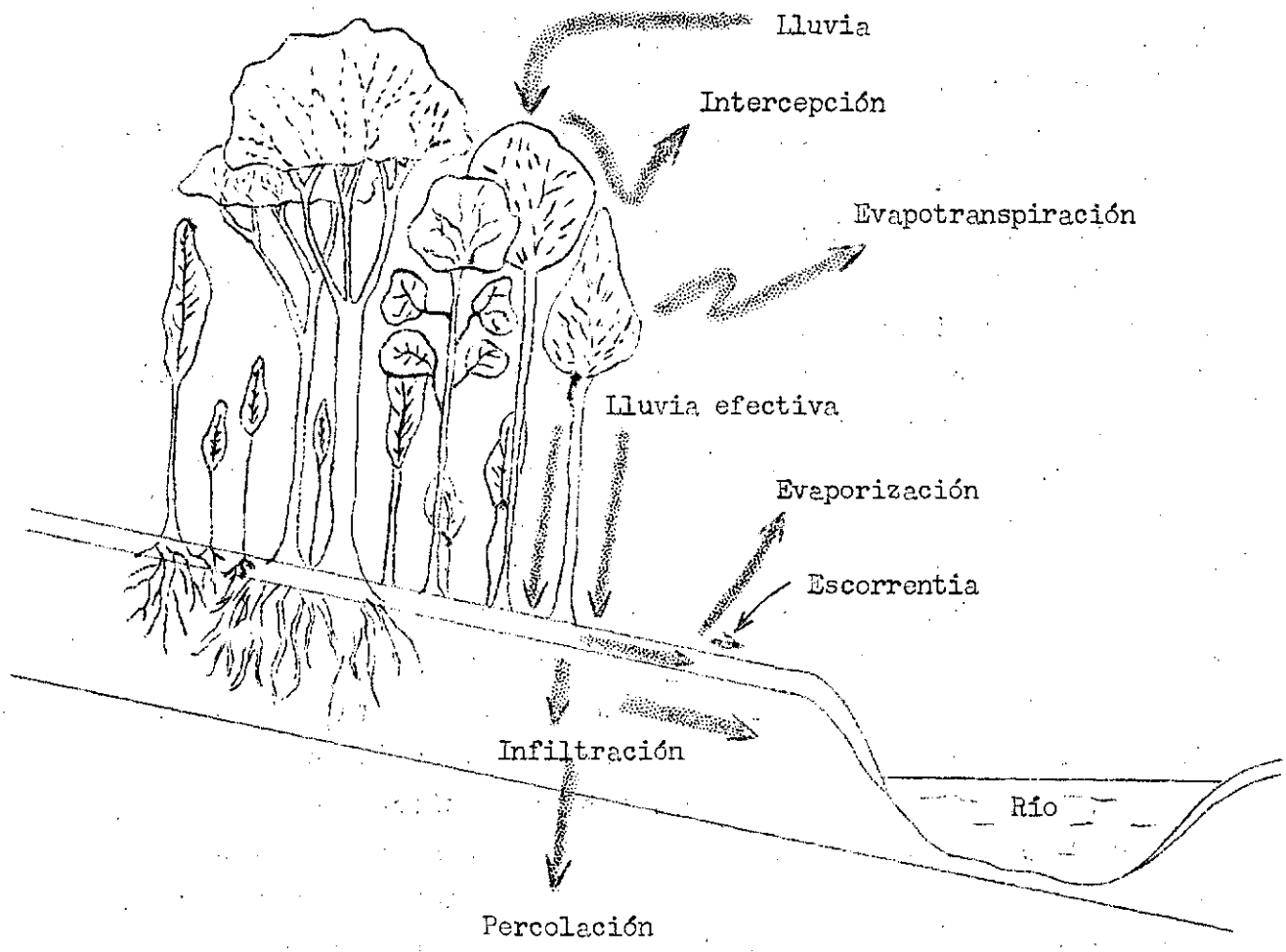
2. Objeto del Estudio

El objeto del estudio es valorar la posible incompatibilidad entre los diversos usos de los recursos que pueda presentarse en la cuenca del río Caroní según cual sea el tipo de intervención que se efectúe en las tierras ubicadas aguas arriba de la presa Raúl Leoni. La explotación de los bosques de valor comercial, que en la zona se efectúa selectivamente, y la explotación agrícola de las tierras suponen una intervención en la cuenca superior que puede afectar la operación de la central ubicada aguas abajo, ya sea porque modifique la respuesta hidrológica de la cuenca, dado el cambio de la cubierta vegetal de ésta, o bien por la acumulación de sedimentos en el embalse que podría afectar las tomas de las primeras turbinas, lo cual reduciría la longevidad de la presa, o al menos reduciría su capacidad productiva al tener que abandonarse algunas turbinas.

Las incompatibilidades que podrían presentarse entre los diferentes usos de la tierra se analizan mediante un modelo de simulación, el cual describe cuantitativamente la relación lluvia-vegetación-suelo-río, con la información y el tipo de circunstancia que caracterizan a la cuenca del río Caroní. (Véase el gráfico 16.) El modelo simula, dada una cierta precipitación en la región de la cuenca, los caudales de los ríos que aportan sus aguas al Embalse de Guri. La simulación se basa en estrategias de intervención de la cuenca que captan los posibles cambios producidos en la cobertura vegetal. Las posibles estrategias de intervención corresponden por un lado al ritmo de explotación maderera en un lapso previsto de 50 años y por otro al porcentaje del área dedicada a esa explotación que se destina a la producción agropecuaria. Si bien el modelo contiene muchos supuestos simplificadores y su nivel de agregación es apreciable, permite un análisis sistemático de las principales interrogantes involucradas.

/Gráfico 16

Gráfico 16



/3. Metodología

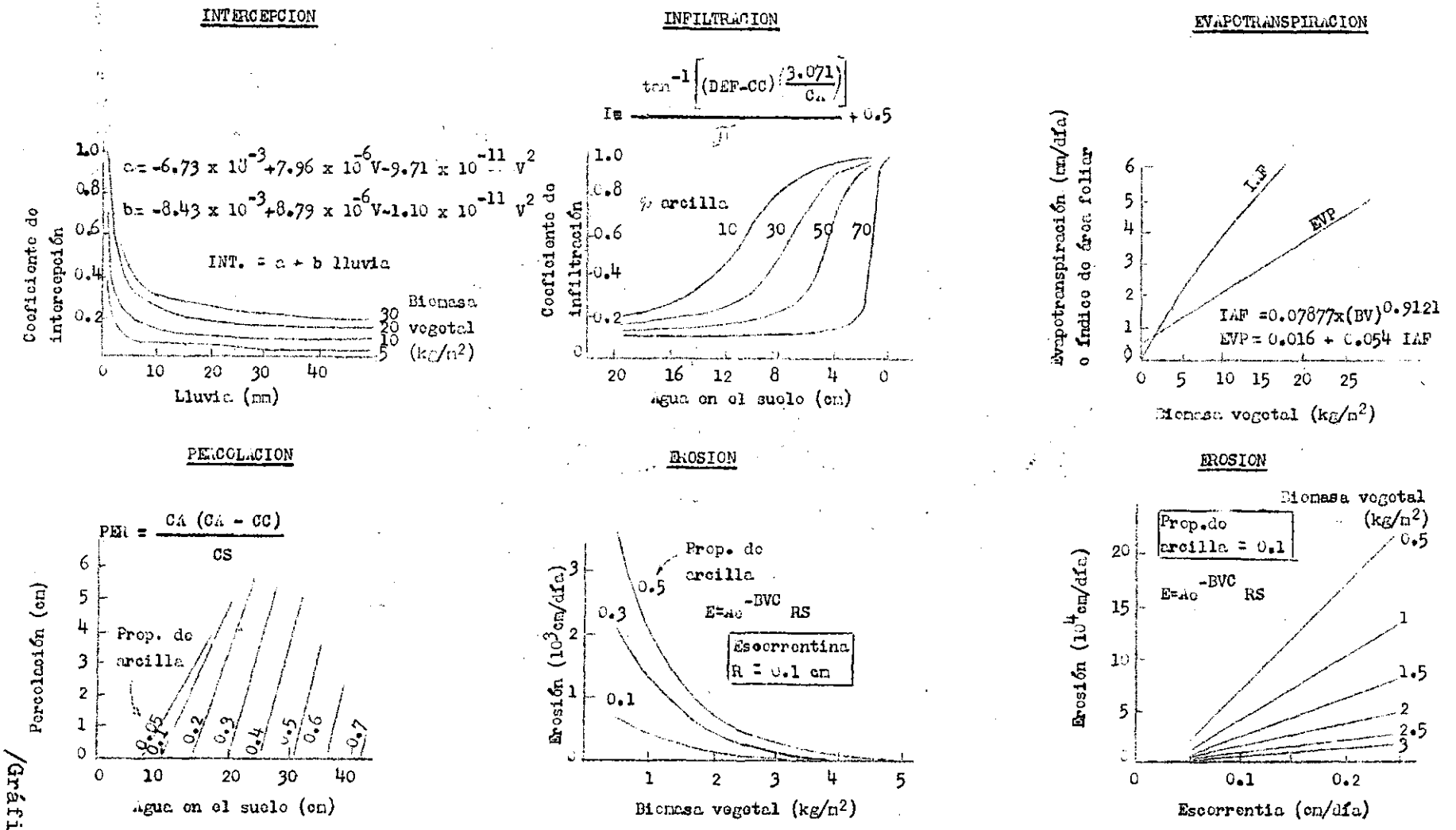
3. Metodología

El modelo básico de simulación es de escurrimiento y está constituido por funciones de intercepción de lluvias, de infiltración, de percolación, de evapotranspiración y de erosión, que permiten establecer las relaciones de la dinámica del agua desde que cae en forma de lluvia hasta la aparición como vertiente que llega al río. El modelo está concebido como un modelo puntual que relaciona los fenómenos lluvia-vegetación-suelo-río. El gráfico 17 refleja gráficamente las funciones utilizdas en el modelo puntual lluvia-vegetación-suelo. Calculados los parámetros puntuales de interés se postula que éstos tienen una validez dentro de celdas de 55.5 x 55.5 km2 o de 1/2 grado de longitud al cuadrado. (Véase el gráfico 18 como ilustración de la distribución de la biomasa.) En cada una de estas celdas, se vuelca el cálculo secuencial (día a día) y la información climatológica, hidrológica, topográfica y de vegetación para luego integrar el comportamiento de toda la cuenca siguiendo el mosaico de celdas. Una vez introducidos los retrasos en la integración espacial del modelo hidrológico se obtuvieron valores diarios simulados bastante aceptables al ser comparados con los valores diarios de campo medidos.

Dada la aparente importancia que tendría, desde el punto de vista de la adopción de decisiones, la intervención en la cubierta vegetal, y el destino que se dé al uso de la tierra, estas dos variables fueron utilizadas como variables de acción. Se define la acción A como una medida de la tasa de explotación maderera en un lapso de 50 años, evaluándola a través del área sometida a explotación. El valor 1 de la acción A significa que el área que se somete a explotación maderera se mantiene constante al valor de 1975 durante los 50 años de la simulación; el valor de la acción-2 supone que dicha área se duplica y así sucesivamente hasta el valor de acción-5. La acción B queda definida como la proporción de la superficie destinada a la explotación maderera que se destina a la explotación agropecuaria; se utilizaron 5 niveles de la acción B con los valores 0, 20, 40, 60 y 80, siendo estos números los porcentajes de la

/Gráfico 17

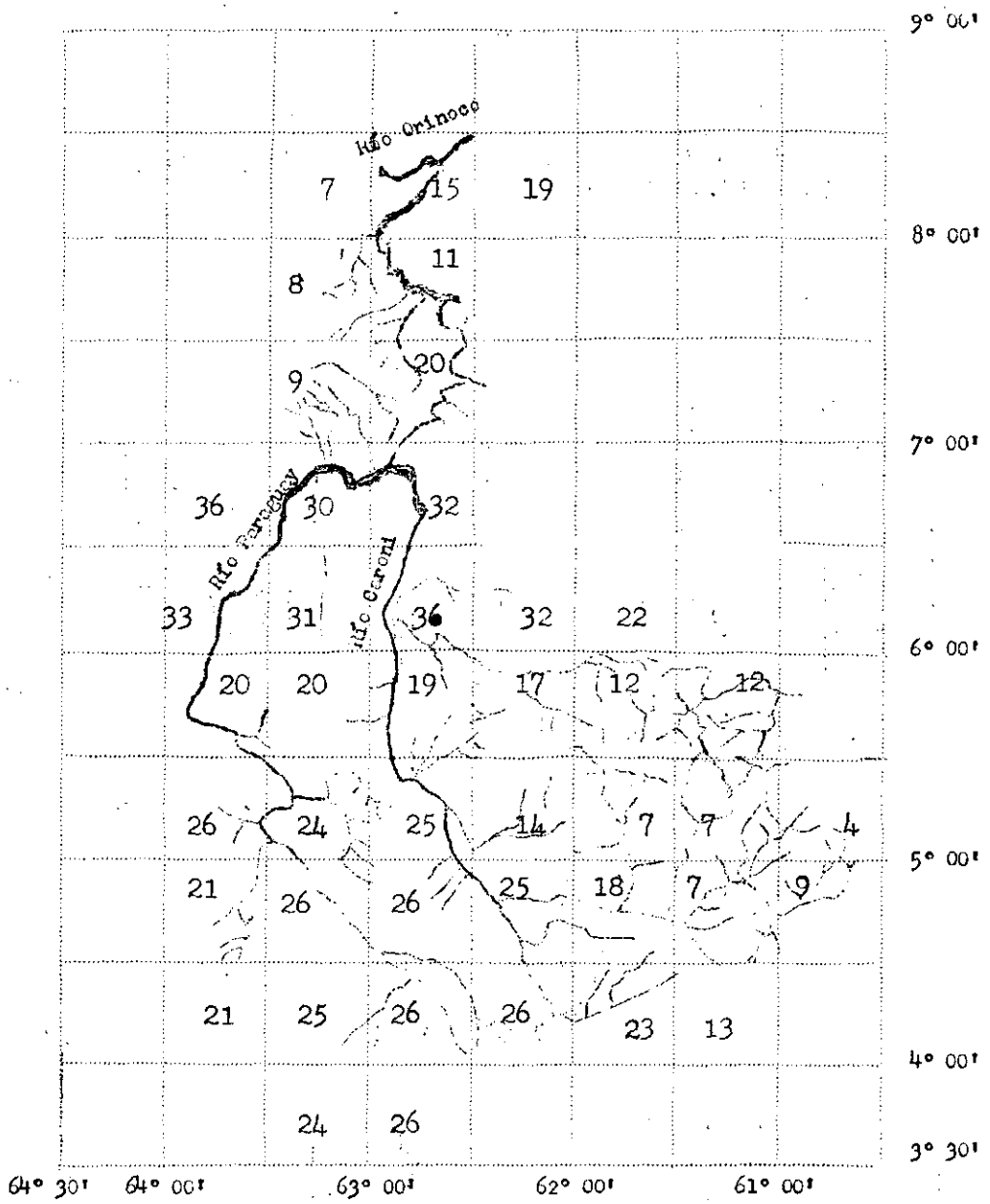
Gráfico 17



/Gráfico 18

Gráfico 18

BIOMASA VEGETAL (10^3 g/m^2)
PROYECTO IVIC-CVG



/superficie destinada

superficie destinada a la explotación maderera encauzada hacia la explotación agropecuaria. La existencia de 5 niveles de intensidad de la acción A y 5 niveles de intensidad de la acción B producen un total de 25 combinaciones, denominadas estrategias de intervención. (Véase el cuadro 10.) Para cada una de las 25 estrategias se evalúan como resultados del modelo los caudales del río, la erosión, el volumen de madera producida, el volumen de producción agropecuaria y los beneficios netos generados por cada una de dichas actividades.

Cuadro 10

USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL CARONI SEGUN ESTRATEGIAS OPTATIVAS DE EXPLOTACION AGRICOLA Y MADERERA

Acción A (silvicultura)				Acción B (agricultura) Superficie explotada en 50 años (millones de ha)				
				Nº de la opción y porcentaje de la superficie de bosques habilitada para la agricultura				
Opción Nº	Tasa máxima de desarrollo alcanzado (miles de ha/año)	Superficie total desarrollada en 50 años (millones de ha)	Nº de años para desarrollar toda la zona (9.3 millones de ha)	1 0%	2 20%	3 40%	4 60%	5 80%
1	75	3.75	124	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00
2	150	7.50	62	0.00	1.30	2.60	3.90	5.20
3	225	9.30	43	0.00	1.86	3.72	5.58	7.44
4	300	9.30	37	0.00	1.86	3.72	5.58	7.44
5	375	9.30	35	0.00	1.86	3.72	5.58	7.44

/Con arreglo

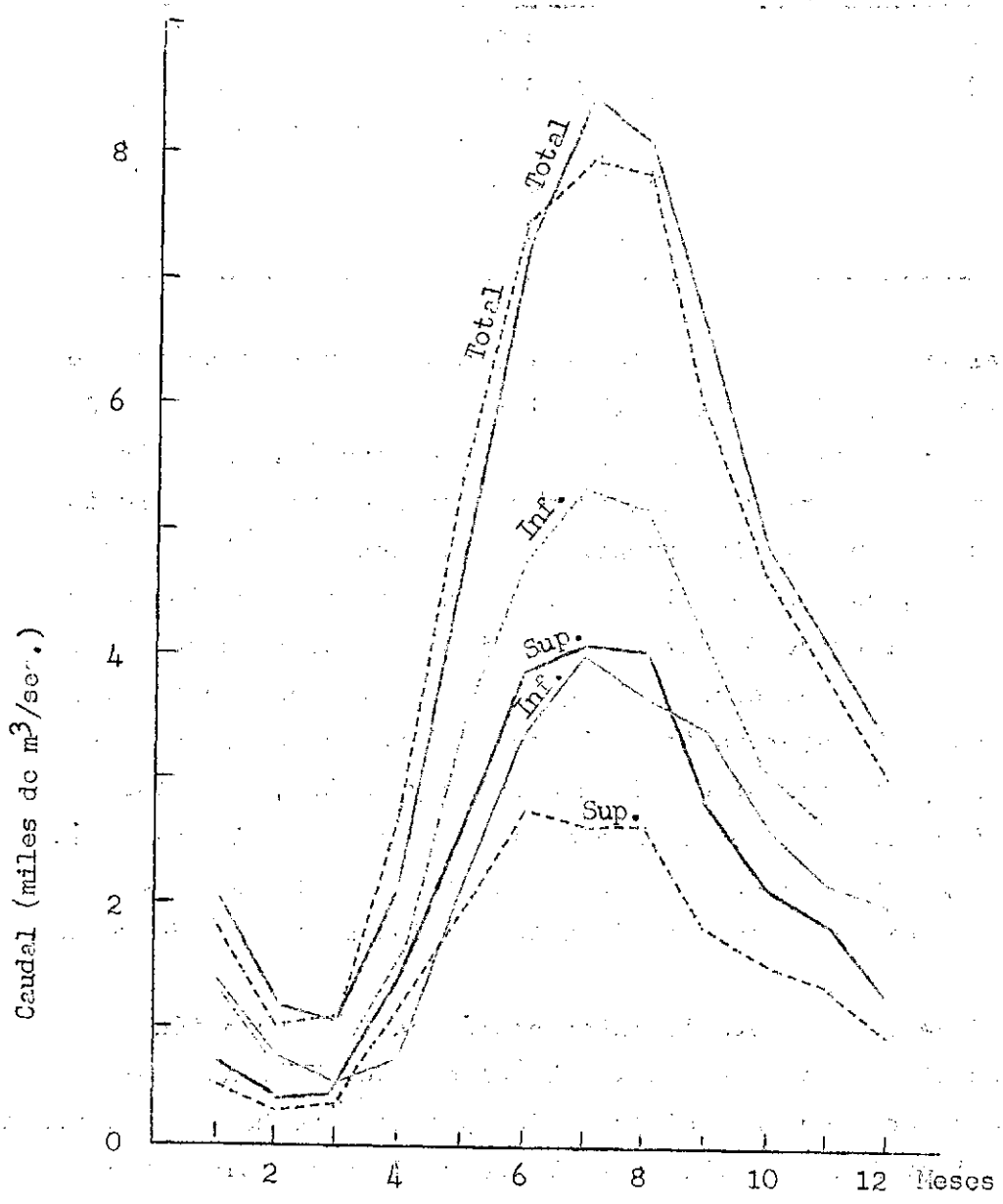
Con arreglo al programa de simulación, luego de realizar todos los cálculos hidrológicos y económicos, se estimó para cada año de simulación la energía mensual producida de acuerdo a los caudales de llegada y a los niveles del embalse, obteniéndose de esta manera al final de cada año de simulación, la producción hidroeléctrica media mensual.

En los 50 años de simulación bajo las diferentes estrategias de intervención, el caudal de los ríos se transforma en un torrente - efecto por lo demás conocido - y cuando se evalúa ese caudal a través de sus medias mensuales, se observan aumentos en los períodos de lluvia, y disminución en los períodos secos. En el gráfico 19 se puede apreciar este cambio evaluándolo a través de sus dos componentes principales: el agua que escurre superficialmente, el agua que escurre subsuperficialmente, es decir, que escurre dentro del suelo después de haberse infiltrado. Se ve claramente que en particular es el agua infiltrada la que manifiesta el mayor aumento, mientras que el agua superficial disminuye; y que los dos componentes de los caudales notan un significativo aumento en la época lluviosa. De todas maneras el volumen total anual, particularmente en los primeros años de intervención, aumenta progresivamente a medida que la simulación se efectúa en condiciones de intervención más intensa en la cobertura vegetal. La reducción en la cobertura vegetal, fundamentalmente a través de los cambios en intercepción y transpiración, es el elemento que más influye en los cambios observados.

En el cuadro 11 se puede observar el incremento progresivo del caudal medio mensual en el año 50 de simulación, según las diferentes estrategias de intervención. Como consecuencia inmediata de la reducción de la vegetación y del aumento de la escorrentía superficial se presenta otro fenómeno de suma importancia: el aumento de la erosión.

/Gráfico 19

Gráfico 19



/Cuadro 11

Cuadro 11

CAUDAL MEDIO MENSUAL, AL AÑO 50 DE SIMULACION

(m3/seg)

Acción B	Acción A				
	1	2	3	4	5
1	4 964	4 984	4 989	4 989	4 989
2	5 110	5 223	5 250	5 250	5 250
3	5 356	5 529	5 675	5 675	5 675
4	5 677	6 096	6 224	6 224	6 224
5	6 073	6 701	6 905	6 905	6 905

En el cuadro 12 figuran los valores del material acarreado durante el proceso de erosión, totalizado durante los 50 años de simulación, para las 25 estrategias de intervención. También en este caso puede observarse un incremento progresivo de la erosión a medida que aumenta la intervención en la cuenca. Este efecto es tan directo, que se decidió utilizar la variable erosión como un indicador del grado de deterioro ambiental. Si se adjudica a la estrategia de intervención 25, que es aquella que con mayor rapidez afecta la mayor parte de la cuenca cuando se reemplazan los bosques naturales por cultivos anuales y pastos, el valor máximo o cien por cien de deterioro, se pueden expresar las demás estrategias de intervención, en función de la erosión como un porcentaje de dicha estrategia de intervención máxima. (Véase el cuadro 13.)

A medida que aumenta la intervención en la vegetación la erosión aumenta apreciablemente. El volumen de material acarreado por el río aumenta de 12.8 millones de m3 cuando no hay intervención alguna a 743 millones de m3, para el año 50 de simulación en la estrategia 25. Esto representa un incremento de 58 veces. La magnitud del aumento de la erosión con el grado de intervención en la cuenca es tal, que la acumulación progresiva de los sedimentos en el fondo del embalse supera todo pronóstico hecho durante la construcción del dique.

/Cuadro 12

Cuadro 12

MATERIAL DE EROSION TOTAL ACUMULADO EN 50 AÑOS

(En millones de m3)

Acción B	Acción A				
	1	2	3	4	5
1	1 001	1 204	1 365	1 466	1 534
2	2 610	3 718	4 596	5 145	5 519
3	4 679	6 920	8 701	9 814	10 573
4	6 830	10 220	12 921	14 610	15 761
5	9 068	13 624	17 261	19 536	21 086

Cuadro 13

INDICADOR DE DETERIORO AMBIENTAL BASADO EN LA EROSION TOTAL ACUMULADA EN 50 AÑOS

Acción B	Acción A				
	1	2	3	4	5
1	4.7	5.7	6.5	6.9	7.3
2	12.4	17.6	21.8	24.4	26.2
3	22.2	32.8	41.3	46.5	50.1
4	32.4	48.5	61.3	69.3	74.7
5	43.0	64.6	81.9	92.6	100.0

De acuerdo a las dimensiones del embalse, y a la relación altura-volumen del mismo, las estimaciones previas a la construcción del dique aseguraron una vida útil del orden de 300 años. Sin embargo, cuando se hizo esta estimación se supuso que no habría ningún cambio importante en la vegetación de la cuenca del río Caroní. Bajo las diferentes condiciones de simulación, los aumentos de erosión fueron evaluados en función de la vida útil del dique.

/El cuadro

El cuadro 14 muestra el enorme efecto de la erosión sobre el funcionamiento de la presa, a través del número de turbinas activas en los diferentes años de simulación. En efecto, a medida que aumenta el grado de deterioro de la cuenca evaluada a través del indicador erosión, disminuye progresivamente el número de turbinas activas a un año dado. En el caso extremo que se tiene la máxima tasa de erosión en el año 50 de la simulación el sedimento acarreado alcanza la cota de las últimas seis turbinas que estaban activas hasta ese año.

En el gráfico 20 se pueden observar las isolíneas de producción hidroeléctrica en GWH del año 50 de simulación para las 25 estrategias de intervención. Se puede observar claramente como las curvas muestran una reducción en la producción hidroeléctrica hacia los niveles más altos de intensidad de acción A y acción B.

Cuadro 14

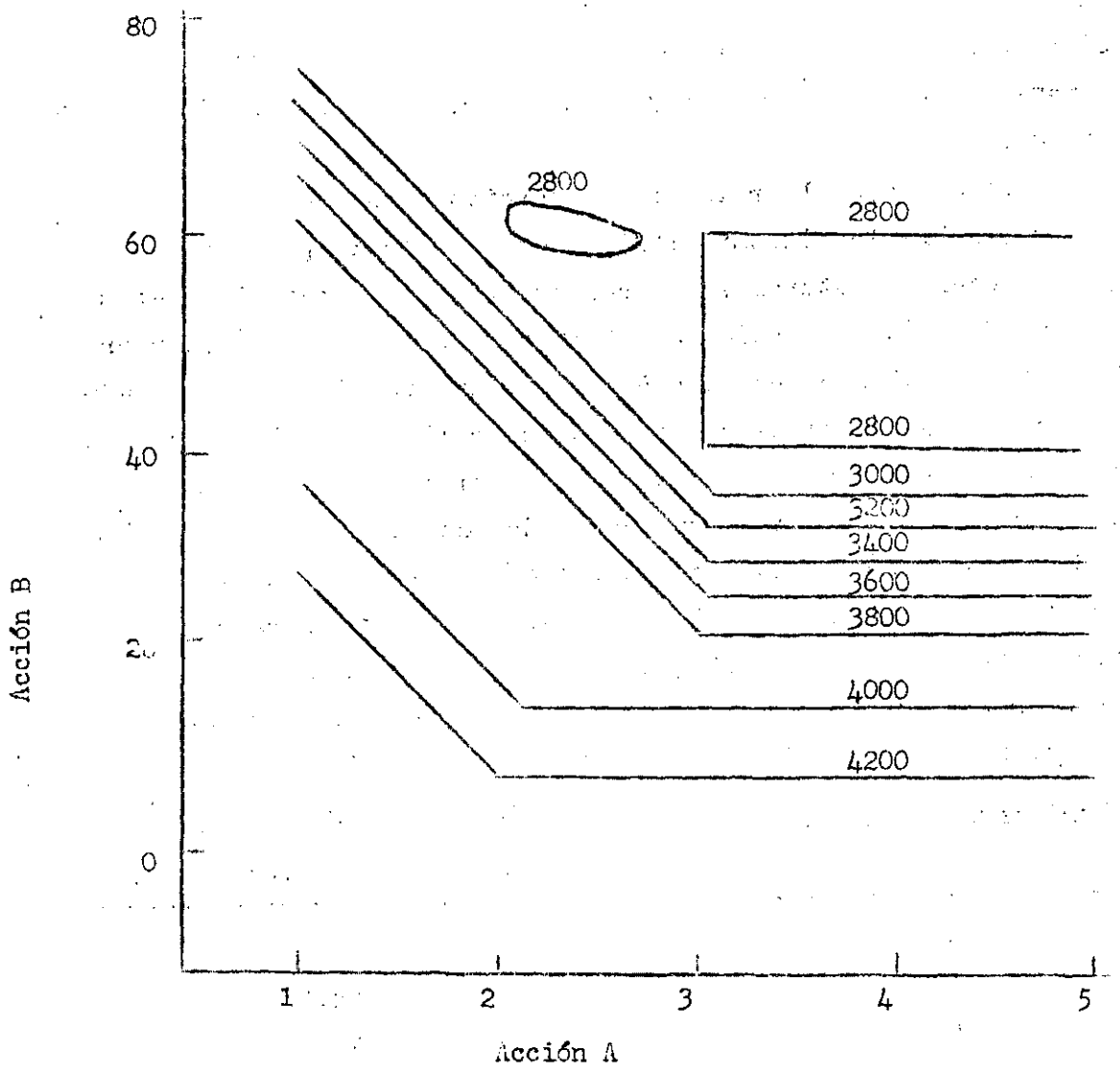
AÑO SIMULADO EN QUE EL NUMERO DE TURBINAS ACTIVAS QUEDA REDUCIDO A 10 Y A 6, PARA LAS 25 ESTRATEGIAS DE INTERVENCION

		Reducción a 10							Reducción a 6				
		Acción A							Acción A				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
Acción B	1	-	-	-	-	-	Acción B	1	-	-	-	-	-
	2	-	44	40	37	35		2	-	-	-	-	-
	3	40	35	32	30	29		3	-	-	48	45	43
	4	35	31	28	27	25		4	-	46	42	39	37
	5	31	28	26	24	23		5	48	41	38	35	33

Nota: El guión significa que para el año 50 de simulación el número de turbinas activas aún no se había reducido al número especificado. Para el año 50 de simulación el número de turbinas activas se reduce a cero para la estrategia 25 (A = 5, B = 5).

/Gráfico 20

Gráfico 20



/Desde luego

Desde luego en ello hay implícita una suposición simplificadora sumamente importante: que posiblemente, desde un punto de vista operacional, no se justifica condenar las turbinas del dique. Es de esperar que, aunque las consecuencias fueran similares a las de las estrategias de alto grado de intervención, la operación del dique podría mantenerse mediante procedimientos de limpieza o purga que, aun si bien significan incurrir en ciertos gastos, permitirían el funcionamiento de las turbinas por un tiempo mucho mayor al simulado en este modelo.

Una forma de evaluar las consecuencias económicas de este tipo de análisis sobre las incompatibilidades que podría plantear el manejo de recursos naturales, es representar los beneficios netos totales en función del grado de deterioro ambiental. Así se representaron los resultados en el gráfico 21, utilizando como indicador del deterioro ambiental el coeficiente presentado en el cuadro 12, sobre la base de la cantidad total de material acarreado por la escorrentía. Se dibujó la curva que mejor ajusta aplicando mínimos cuadrados a los valores que resultaron de las simulaciones, con cuatro diferentes horizontes temporales. La relación entre los beneficios netos totales y el grado de deterioro ambiental, señala el punto en que los beneficios netos alcanzan su valor máximo. A continuación se indican los resultados obtenidos:

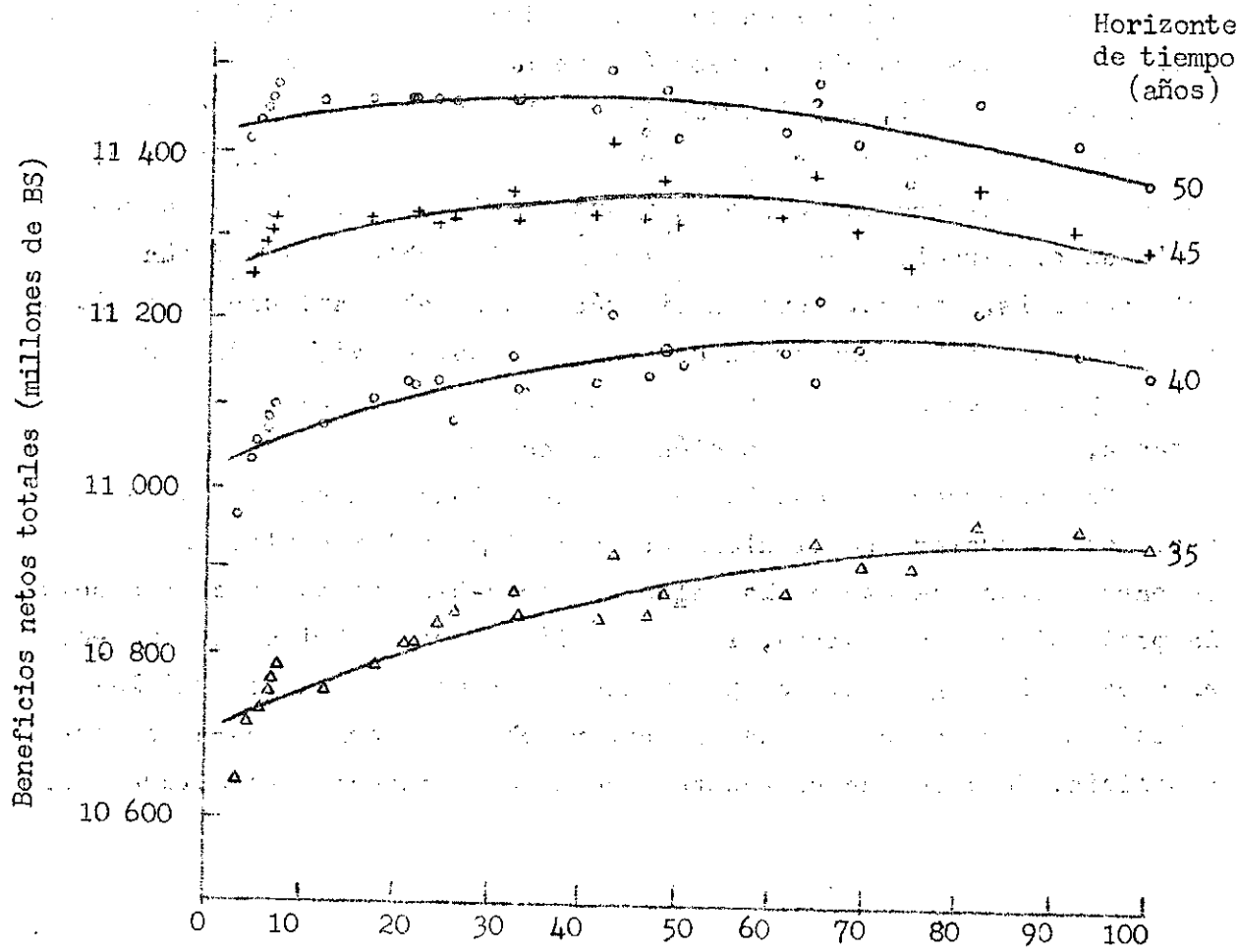
Horizonte de temporal (Años)	Grado de deterioro ecológico (%) que produce el máximo beneficio neto total (Bs)
50	40.8
45	54.1
40	70.5
35	92.5

Esto nos demuestra que si el horizonte temporal hubiera sido relativamente corto, del orden de 35 años, una decisión sobre las alternativas de uso de la tierra basada exclusivamente en la relación costo-beneficio, habría indicado que se utilizara al máximo la cuenca, y de esa manera el deterioro ecológico hubiera sido mayor. A medida que el horizonte temporal aumenta, hasta llegar a los 50 años, se siguen obteniendo beneficios netos máximos, con un grado de deterioro ambiental cada vez menor.

/Gráfico 21

Gráfico 21

GRADO DE DETERIORO ECOLOGICO (%)



/También pueden

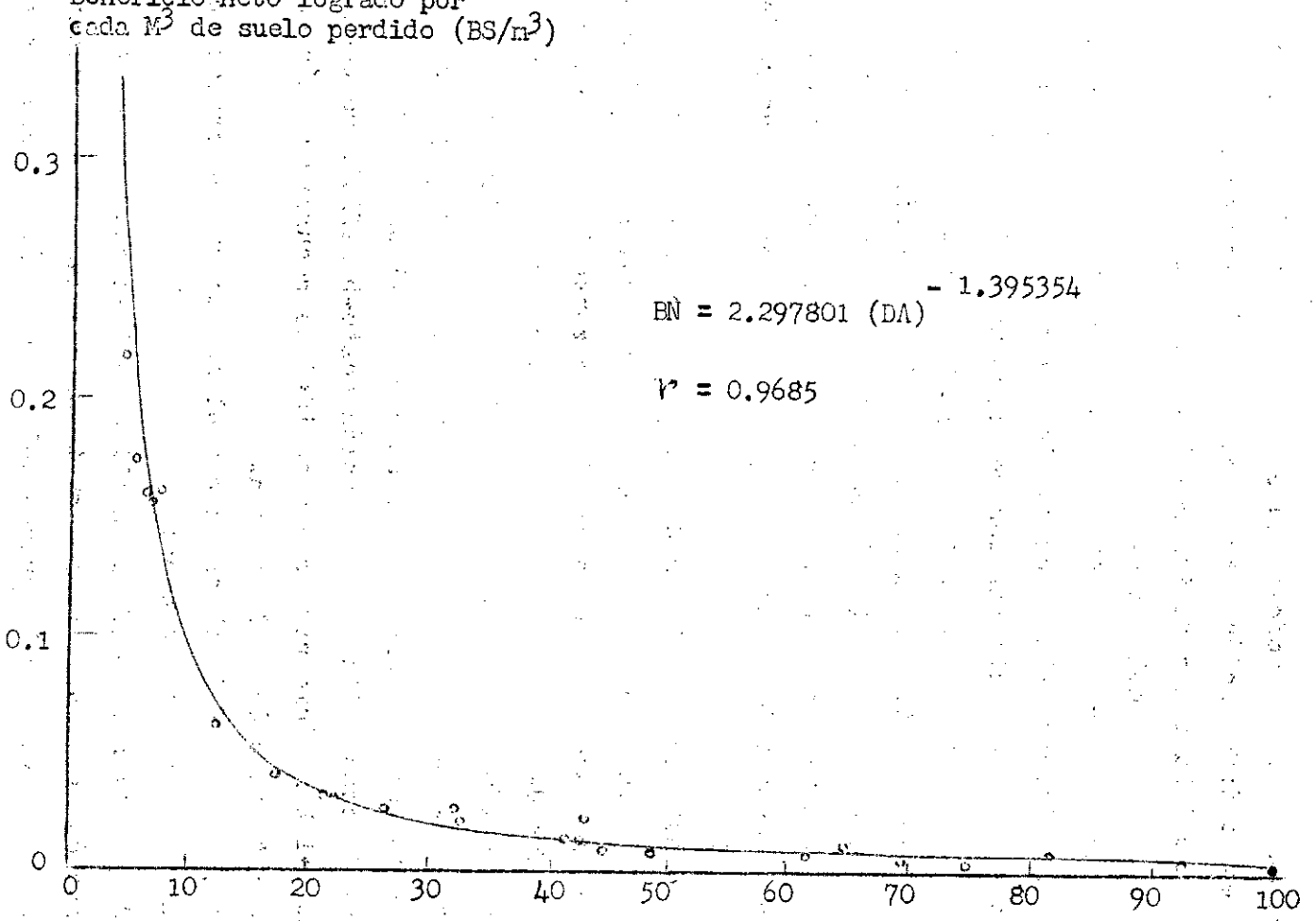
También pueden considerarse las consecuencias de este tipo de decisiones evaluando los incrementos temporales del beneficio neto que se obtiene al aumentar el grado de deterioro ambiental, en relación con dicho deterioro. En el gráfico 22 se representa el beneficio neto logrado por cada m3 de suelo perdido a medida que se incrementa el deterioro ecológico. El beneficio neto por cada m3 de suelo perdido después disminuye marcadamente iniciada la explotación de la cuenca. En otras palabras, después que se alcanza un 10% de deterioro ambiental, los incrementos de beneficio neto por cada m3 adicional de suelo perdido se hacen cada vez más despreciables, de donde se infiere que desde el punto de vista ecológico el costo sería en comparación con los altos beneficios obtenidos. Según este análisis, aparentemente sería más aconsejable aplicar cualquiera de las primeras 5 estrategias de intervención, en virtud de las cuales puede desarrollarse una explotación maderera más o menos intensa, pero ninguna explotación agropecuaria.

Se debe subrayar que la toma de decisiones en el manejo de recursos naturales, particularmente a mediano y largo plazo no se basa exclusivamente en la relación costo-beneficio. Factores como la producción agropecuaria, la producción hidroeléctrica, el empleo, el desarrollo regional, los problemas de frontera y en general las políticas de desarrollo, pueden privar sobre los criterios de costo-beneficio, de modo que se adopten decisiones radicalmente diferentes.

/Gráfico 22

Gráfico 22

GRADO DE DETERIORO AMBIENTAL



4. Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de los modelos puso de manifiesto las principales lagunas en la información. En el caso particular de la cuenca del río Caroní la falta de información más crítica se refería a las características del suelo.

Se concluye que es posible elaborar modelos aunque se cuente con muy poca información. Los modelos de simulación de sistemas ecológicos permiten integrar los recursos naturales y los aspectos económicos y sociales. Es decir, es posible lograr una adecuada interdependencia entre los aspectos ecológicos físicos y humanos.

Los modelos de simulación como el desarrollado para la cuenca del río Caroní sirven tanto para evaluar los impactos ambientales de obras de desarrollo como para la planificación del manejo de los recursos naturales.

Se demuestra que el uso de estos modelos permite vislumbrar consecuencias insospechadas; en el caso particular del modelo se pone de manifiesto la importancia del horizonte temporal en la planificación del uso de los recursos naturales, y también que a medida que aumenta la intensidad de la intervención en la cuenca los beneficios unitarios van siendo cada vez menores, y por lo tanto los costos ecológicos son cada vez más altos.

Usando como criterio la relación costo-beneficio se puede maximizar el beneficio neto sin necesidad de recurrir al máximo grado de intervención en la cuenca.

De la experiencia obtenida con el modelo pueden extraerse las siguientes recomendaciones:

Recomendación 1: Demostrada la utilidad del enfoque de los modelos de simulación para analizar alternativas de manejo de los recursos naturales en la zona de la cuenca del río Caroní, se recomienda llevar adelante estudios similares más detenidos y basados en mejores informaciones.

/Recomendación 2:

Recomendación 2: Conjuntamente con la sugerencia anterior, se recomienda también llevar adelante estudios en el terreno para llenar las lagunas de información puestas de manifiesto en los modelos, particularmente: i) características de los suelos; ii) mejor conocimiento de la vegetación; iii) mejoramiento de los registros climatológicos, y iv) iniciación de estudios de cuencas experimentales.

Recomendación 3: Demostrada la importancia y las ventajas de enfocar estos problemas de manera integral, se recomienda la formación de equipos de trabajo interdisciplinarios para llevar adelante estos estudios, coordinando los esfuerzos de agrónomos, biólogos, economistas, expertos forestales, geógrafos, ingenieros y matemáticos.

Recomendación 4: Hasta que se elaboren modelos más detallados de la cuenca del río Caroní, de los resultados del modelo se puede sugerir que lo más conveniente es autorizar cualquier grado de explotación maderera siempre que se cumplan dos requisitos: i) que la extracción de madera siga haciéndose como hasta ahora, de manera exclusivamente selectiva y ii) que no se dedique nada de tierra a usos agropecuarios.

/Anexo B

Anexo B

LOS RECURSOS HIDRICOS Y SU UTILIZACION EN AMERICA LATINA. ESTUDIO REGIONAL

El objetivo de este anexo es dar una visión general de la utilización del agua en América Latina a mediados de los años setenta. Dicha visión se presenta en forma de mapas, junto con cuadros y gráficos cuando estos últimos pueden mostrar mejor los fenómenos. Se ha procurado que el texto se limite a un mínimo y que sea descriptivo.

1. Características generales del abastecimiento de agua

En general, América Latina es una región húmeda, a pesar de que los desiertos de la costa occidental - en el Perú y en el norte de Chile - son los más áridos del mundo. Al sur del Río Grande, en toda la región (incluyendo el Caribe) la precipitación promedio - 1 500 mm - es superior en un 60% al promedio mundial; la escorrentía media anual de 370 127 m3 por segundo, representa un 30% del total mundial. Dichos promedios ocultan algunas diferencias muy considerables.

a) Clima y sistemas fluviales

El clima latinoamericano recibe la influencia de tres condiciones fundamentales: la amplia latitud abarcada por la región (30°N a 55°S, aunque más de la mitad de la superficie está entre ambos trópicos); la barrera que para el movimiento de las masas de aire representan los Andes, en Sudamérica y en las regiones montañosas de México y de América Central; y, en las zonas costeras, las corrientes oceánicas frías y calientes. La importancia de estas últimas aumenta debido a que la mayor parte de la población de la región habita zonas cercanas a la costa.

En términos generales, las temperaturas anuales aumentan hacia la línea ecuatorial y el cambio estacional aumenta hacia las latitudes mayores. Esta tendencia presenta considerables modificaciones debido a factores locales, a las características de la forma de la masa continental y a la relación entre dicha forma y la circulación de las corrientes marítimas y las masas de aire. Esta relación tiene una consecuencia importante: en la costa occidental penetran corrientes frías hacia el norte, y en la costa oriental las corrientes cálidas hacen lo mismo hacia el sur. La costa del Pacífico al sur del ecuador es siempre más fría que la costa atlántica en la misma latitud.

/Otra característica

Otra característica de la costa occidental que influye fuertemente en el régimen climático consiste en los fuertes cambios de altura y de exposición a los elementos debidos a la proximidad de los Andes. En general, la parte tropical de América Latina está libre de heladas; sin embargo, el macizo andino permite la yuxtaposición de selvas tropicales y nieves eternas, como sucede en la Sierra Nevada de Santa Marta, en la costa caribeña de Colombia. Sin embargo, las temperaturas sólo imponen limitaciones a la agricultura en las zonas más altas de los Andes y en el extremo sur de Sudamérica, en Argentina y en Chile.

En general, las precipitaciones son el elemento climático más importante de la región. América Latina presenta enormes variaciones en la cantidad de precipitación, que van de un promedio permanente de 1 mm en Arica, Chile, a un promedio de casi 8 000 mm en Quibdó, Colombia. Las zonas de muy poca precipitación son de extensión relativamente limitada. Más de un 90% de la población latinoamericana habita zonas con un promedio de precipitaciones que excede los 500 mm.

Los sistemas fluviales de América Latina pueden subdividirse en tres grupos principales: los grandes sistemas que fluyen hacia el Atlántico; las corrientes cortas y rápidas del Pacífico, y las corrientes irregulares en las zonas semidesérticas de las cuencas endorreicas. La mayor parte de los ríos tienen un origen exclusivamente pluvial. Sólo al sur del paralelo 28 las cuencas superiores de los ríos andinos reciben agua de los glaciares y de los deshielos.

Los mayores sistemas fluviales de la región son tres: el Amazonas, el Orinoco y La Plata. El conjunto de la descarga hídrica de dichos sistemas representa más de dos tercios de la descarga total de la región; todos ellos fluyen hacia el Atlántico. Los sistemas fluviales de la costa del Pacífico en América Latina son mucho menores, y debido a la aridez de la zona de latitud media representan sólo una proporción relativamente pequeña de la descarga regional. Aún menor es la importancia de las cuencas fluviales endorreicas del Altiplano, (Perú, Bolivia, Argentina y Chile), las cuales sólo tienen agua durante la

/estación lluviosa.

estación lluviosa. Hacia el este, la región del Chaco (Paraguay, Bolivia y Argentina), tiene deficiencias similares en cuanto a escurrimientos superficiales; por ello, los ríos más importantes están hacia el sur (el Pilcomayo y el Bermejo). La región que presenta mayores variaciones en cuanto al caudal de sus corrientes son unos 700 000 km2 en el nordeste del Brasil. Los ríos de esta región se caracterizan por sus caudales extremadamente variables, no sólo entre las estaciones húmedas y las secas sino también entre los diversos años.

En México y América Central se dividen en forma más pareja las vertientes del Atlántico y la del Pacífico; 1 044 310 kilómetros cuadrados contra 1 078 478. El resto de la superficie corresponde a las cuencas fluviales endorreicas mexicanas, que representan un 17.7% del total. Los caudales se dividen siempre en forma desigual; un 70% de la escorrentía llega al Golfo de México y al Caribe. Los contrastes más importantes se presentan en México, cuyos ríos del sudeste, Papaloapán, Coatzacoalcos, Tonalá y Grijalva Usumacinta representan más de la mitad del caudal total en menos de un 10% de la superficie del país.

Las islas del Caribe, a pesar de su gran volumen de precipitación, carecen de ríos con grandes caudales. El mayor de ellos es el Artibonite, cuya cuenca es compartida por Haití y la República Dominicana. Otros ríos importantes son el Cauto, en Cuba, y el Yaque del Norte en la República Dominicana.

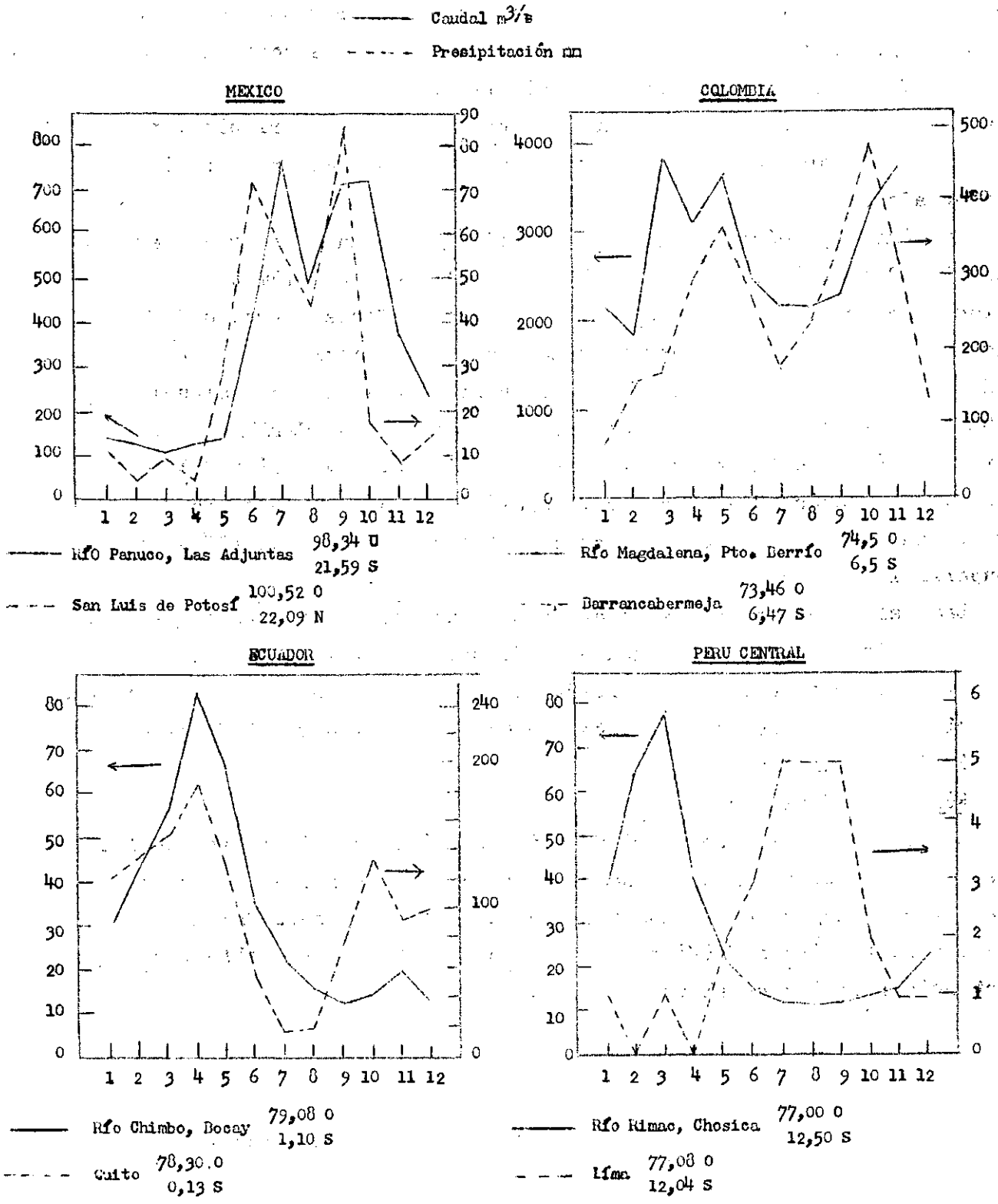
b) Régimen hidrológico

En la mayor parte de América Latina el régimen hidrológico de los sistemas fluviales está determinado principalmente por las precipitaciones, aunque hay casos de una importante influencia secundaria de las aguas subterráneas. (Véase el gráfico 1.) Las nieves sólo tienen importancia relativa en el sur.

/Gráfico 1

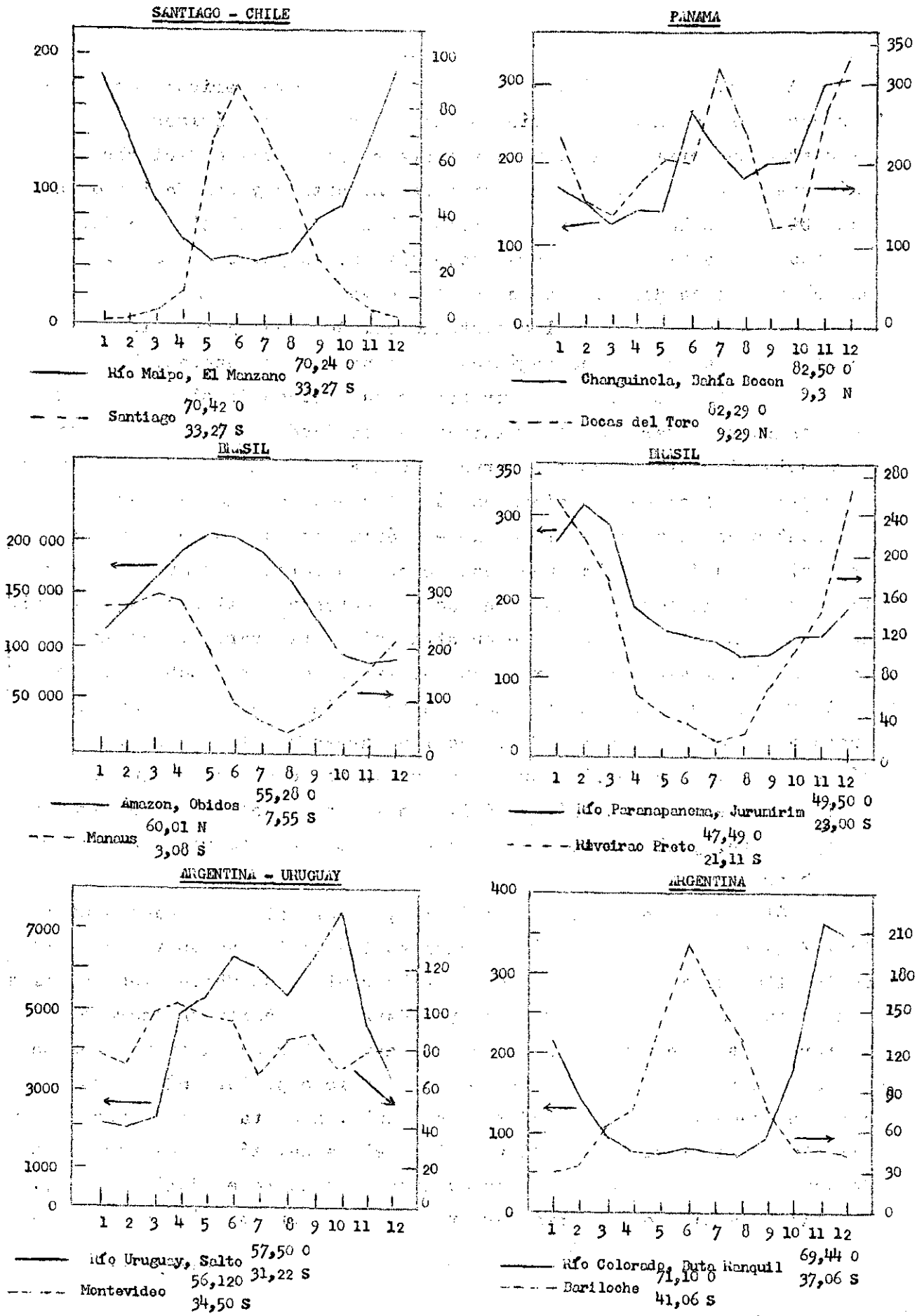
Gráfico 1

AMERICA LATINA: CAUDAL Y PRECIPITACIONES EN ALGUNAS CUENCAS



/Gráfico 1 (continuación)

Gráfico 1 (continuación)



Al norte de Sudamérica, los caudales se caracterizan por tener dos períodos máximos y dos mínimos anualmente. Los máximos se presentan en abril o mayo, y nuevamente en noviembre o diciembre. Así sucede en los ríos de la cuenca del Atlántico y del Pacífico en Colombia, y en la costa del Pacífico del Ecuador. El sistema del Orinoco, en cambio, presenta un solo máximo, en julio o agosto, y un período de caudal mínimo en abril o mayo.

Debido a su tamaño, los sistemas del Amazonas y del río de la Plata tienen complejos regímenes de caudal. En general, los afluentes del Amazonas en el sur tienen su período de máximo caudal en febrero y en marzo, y los mínimos se dan desde agosto a noviembre. En cambio, los afluentes del norte presentan su máximo caudal en julio. El régimen del cauce principal es más afectado por las mayores corrientes del sur, a pesar de que el máximo en Manaos se presenta en junio o en julio. Hay una considerable diferencia temporal entre la presencia de los fenómenos en los afluentes y en el cauce principal. En el sistema de La Plata se encuentran similares variaciones en el régimen hidrológico, a pesar de que el efecto de éstas sobre el río de la Plata mismo es mínimo. Esta falta de influencia se debe al ancho del río y al fuerte efecto de las mareas en el estuario. El río Paraguay, en Asunción, presenta su máximo de caudal en junio y su mínimo en enero, el Paraná el máximo en febrero y el mínimo en agosto y septiembre, y el Uruguay presenta un máximo en octubre y un mínimo en febrero.

Sólo en el centro y sur de Chile y de Argentina se hace sentir la influencia de la retención de agua en los ventisqueros y glaciares de la alta cordillera. En todo el valle central de Chile, los caudales comienzan a aumentar en noviembre y alcanzan su máximo en enero o febrero, los meses de mayor déficit de agua. Los caudales mínimos se producen normalmente en el invierno, en junio o julio. Más al sur, como se puede ver en los caudales del Maule, aumenta la influencia directa de la precipitación invernal, y el caudal máximo de los meses de verano va acompañado por otro aumento secundario en junio y julio, con caudales mínimos en primavera y en otoño. En los ríos argentinos

/se presentan

se presentan similares variaciones de caudal entre el San Juan y el Atuel. Más al sur, aparece un máximo en el invierno, debido al aumento de la precipitación. Los caudales de los ríos del sur están entre los más regulares de la región.

En México y en América Central, en cambio, el régimen hidrológico se caracteriza por grandes variaciones de caudal entre diversos años, debido a que el caudal depende completamente de las precipitaciones. Dichas variaciones son mayores en el norte de México, excepto en los ríos fronterizos, y se hacen menos marcados en el istmo centroamericano. Los caudales máximos se presentan entre septiembre y noviembre, con un segundo máximo en junio o julio en América Central. El período de menor caudal se presenta entre enero y mayo. Contrastes similares, aunque menos marcados, caracterizan a los regímenes de los principales ríos de las islas del Caribe.

2. El uso del agua

No existen datos históricos sobre el uso del agua para América Latina en conjunto, ni tampoco para ningún país en particular. Fuera de la información contenida en estudios periódicos, hay muy poca información de cualquier índole respecto del uso del agua. Aquí se intenta hacer una pequeña contribución para rectificar este estado de cosas. Lamentablemente, no fue posible obtener información directa en forma uniforme para toda la región; lo que aquí se ha reunido y mostrado en mapas y cuadros corresponde a información sobre las principales actividades que hacen uso del agua. Al presentar el material, se ha intentado relacionar las actividades que hacen uso del agua con sus límites hidrográficos y no con sus límites administrativos.

a) Regulación de caudales

El presente análisis se propone seguir el desarrollo de la construcción de represas en América Latina y mostrar la distribución

/de la

de la capacidad de los embalses según las principales divisiones hidrográficas. (Véanse los mapas 1 y 2.) 1/

La capacidad total de embalses de América Latina aumentó de 235 millones de metros cúbicos en el año 1902 a 246 660 millones de metros cúbicos en 1972. (Véanse el cuadro 1 y el gráfico 2.) Durante el mismo período, el número de embalses aumentó de 18 a 784.

En 1972 había 236 000 millones de metros cúbicos de capacidad de embalses en construcción, y otros 135 000 millones en proyecto. Durante los sesenta años considerados, en tres períodos de diez años el porcentaje anual de crecimiento de la capacidad de los embalses excedió de 10%, y este ritmo de crecimiento continúa.

De la capacidad total de los embalses en 1972, el 37% correspondía a represas de un solo objetivo y un 63% a represas de objetivos múltiples. Entre todos los objetivos de las represas, el principal es la generación de energía hidroeléctrica. Casi un 80% de las represas de un solo objetivo, 65% de las de dos objetivos, 82% de las de tres objetivos y 100% de las de cuatro objetivos son utilizadas para generar energía hidroeléctrica.

A medida que aumenta el número de embalses y su capacidad total, aumenta también su tamaño promedio. La capacidad media de ellos se ha cuadruplicado en este siglo: de 122 millones de metros cúbicos en el período comprendido entre 1903 y 1913 a 458 millones en el decenio 1963-1972.

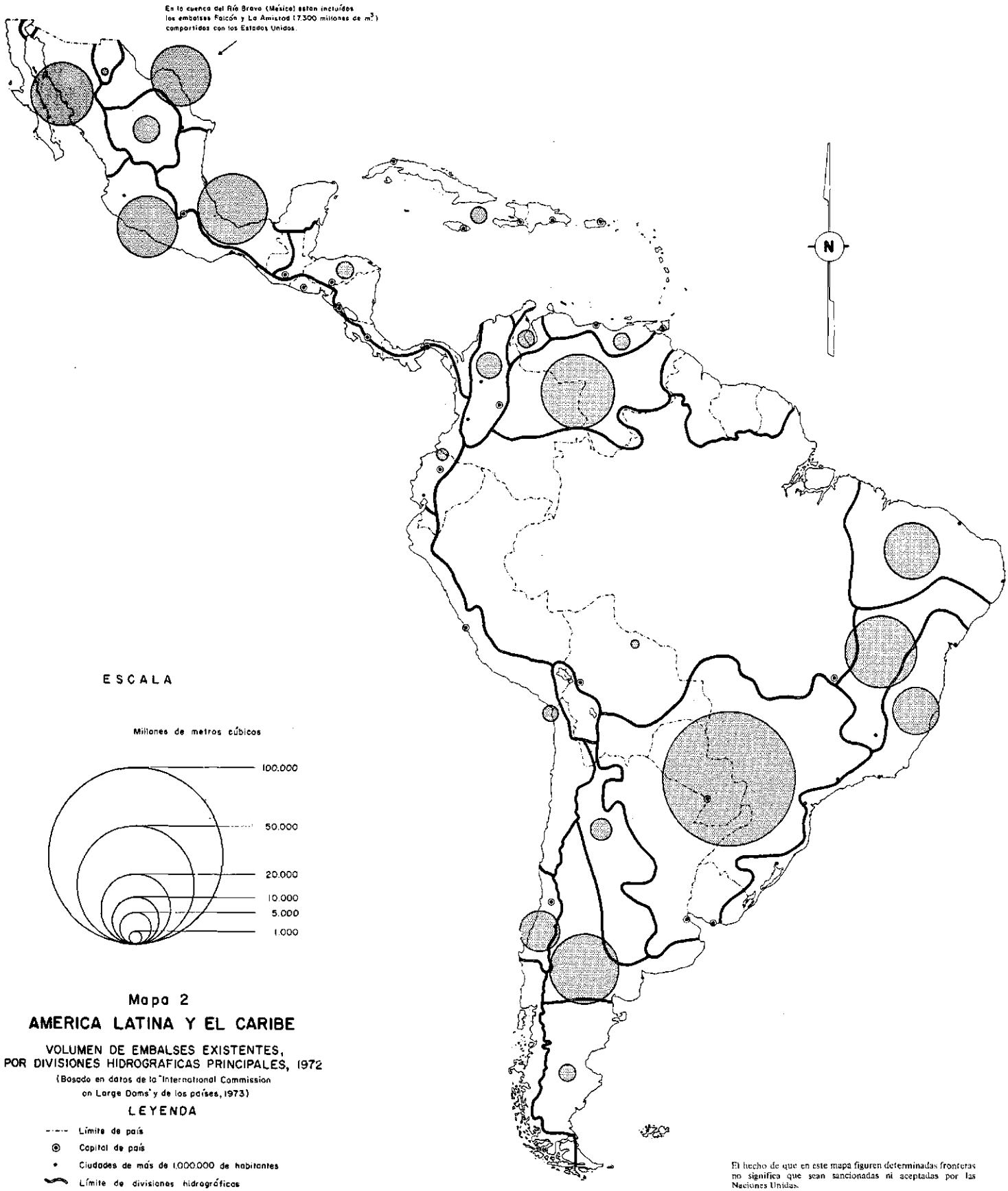
1/ La principal fuente de información fue la publicación de la International Commission on Large Dams, World Register of Dams, París, 1973. En la última edición disponible de esta publicación se presentan los embalses construidos hasta 1972 y los que en esa fecha estaban en construcción o en proyecto. Tal información considera las presas de 15 m. o más de altura, medida desde la base de la fundación hasta el coronamiento. También puede incluir presas entre 10 y 15 m. de altura si cumplen con una de las condiciones siguientes, por lo menos: i) longitud del coronamiento no inferior a 500 m.; ii) capacidad del embalse producido por la presa un millón de metros cúbicos o más; iii) capacidad de descarga de crecidas no inferior a 2 000 m^3/seg.; iv) asímismo puede incluir represas con diseños muy especiales o grandes problemas en la fundación.

/Mapa 1

Mapa I

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES



Mapa 2

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

VOLUMEN DE EMBALSES EXISTENTES, POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES, 1972

(Basado en datos de la "International Commission on Large Dams" y de los países, 1973)

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Cuadro 1

CAPACIDAD DE LOS EMBALSES POR PERIODO DE PUESTA EN MARCHA

(Millones de m^3)

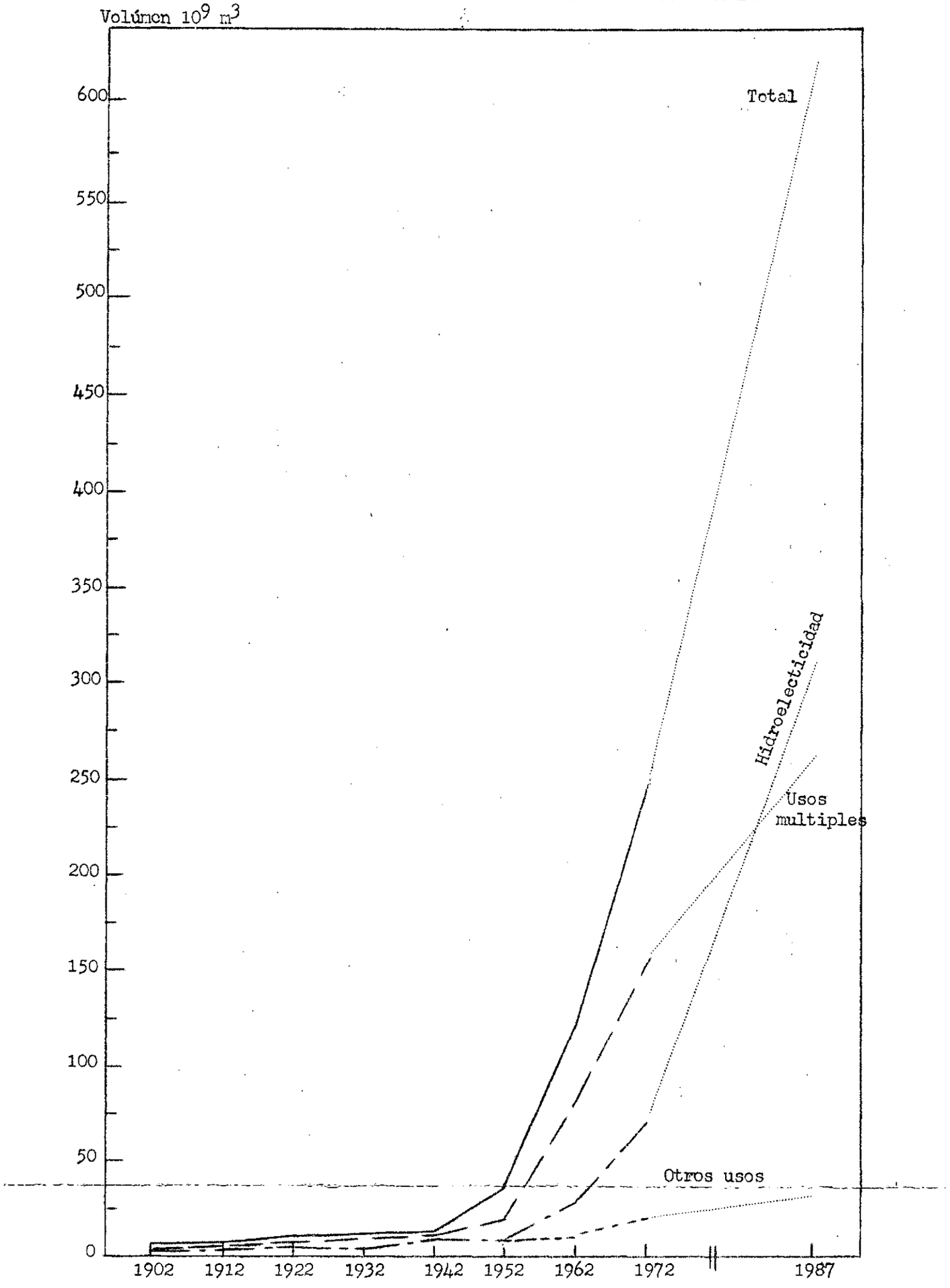
Período de puesta en marcha	Hidroelectricidad	Riego	Agua potable	Prevención de crecidas	De múltiples objetivos	Total por período	Capacidad promedio	Tasa de crecimiento anual (porcentaje)
Antes de 1903	35.00(2)a/	53.50(8)	95.30(2)	-	51.20(6)	235.00(18)	13.06	
1903 - 1912	203.00(6)	18.20(5)	8.10(2)	40.00(1)	1 915.70(4)	2 185.00(18)	121.39	25.98
1913 - 1922	49.50(5)	4.70(6)	15.10(5)	105.40(13)	4 133.50(4)	4 308.20(33)	130.55	10.77
1923 - 1932	1 472.60(16)	522.60(17)	1.80(1)	43.80(5)	158.18(11)	3 622.60(50)	72.45	4.40
1933 - 1942	493.80(12)	2 001.80(25)	242.10(14)	233.60(7)	1 848.30(14)	4 819.60(72)	66.94	3.90
1943 - 1952	8 419.90(30)	2 895.00(37)	39.40(9)	23.70(4)	9 745.60(23)	21 123.60(103)	205.83	9.11
1953 - 1962	15 375.71(56)	1 720.70(55)	970.89(31)	839.71(22)	64 148.60(49)	83 585.51*(213)	392.40	12.69
1963 - 1972	46 889.50(42)	8 189.62(132)	1 074.50(45)	449.84(6)	70 181.55(52)	126 779.01*(277)	457.71	7.48
Total	72 939.00(169)	15 406.12*(285)	2 447.19*(109)	1 736.05*(58)	154 130.15(163)	246 658.50(784)		
En construcción	191 626.00(24)	4 675.00(29)	902.50(9)	1 850.72(10)	37 138.84(23)	236 193.06(95)	2 486.39	
En proyecto	59 729.00(33)	1 950.41(11)	4 682.71(7)	141.00(2)	68 338.05(34)	134 841.00(87)	1 550.00	

a/ Los números en paréntesis indican el número de embalses.

/Gráfico 2

Gráfico 2

AMERICA LATINA: VOLUMEN TOTAL DE AGUA ACUMULADO EN LOS EMBALSES a/



Fuente: Sobre la base de información existente en "International Commission on Large Dams", World Register Dams, 1973

a/ Las curvas comprendidas entre los años 1902 y 1972 indican el volumen acumulado de los embalses en operación y de 1972 a 1987 indican el volumen acumulado en los embalses en operación, construcción y proyecto. La información existente sobre el volumen de los embalses en operación, construcción y proyecto corresponde al año 1972.

/En 1972,

En 1972, más del 10% del total de la capacidad de los embalses de las grandes represas correspondía a la cuenca del Plata. Entre otras divisiones hidrográficas con importante concentración de embalses están el Golfo de México, el São Francisco (Brasil), el Orinoco (Venezuela) y el Pampa (Argentina). (Véase el cuadro 2.) La distribución de la capacidad de los embalses no refleja necesariamente el grado de regulación que presenta cualquier división hidrográfica dada, puesto que esta última depende de la relación existente entre la capacidad de almacenamiento existente y la magnitud del caudal.

b) Riego

La superficie total regada de América Latina en 1975 se estima en 12.7 millones de ha. La distribución de dicha superficie se muestra en los mapas 3 y 4. Las principales zonas de concentración están en México, con 47% del total, Chile central y el este de Argentina (20%) y Perú (8%). Estas zonas reflejan también las superficies con mayor potencialidad sin utilizar.

c) Uso urbano

La población urbana en América Latina residente en ciudades de más de 20 000 habitantes se estimó en 113 millones para 1970. De este número, aproximadamente un 38% vivía en 139 ciudades de entre 100 000 y 1 000 000 de habitantes, mientras que el 33% habitaba 16 ciudades cuyas poblaciones variaban entre uno y diez millones. La densidad de población, que refleja la concentración urbana, se muestra en el mapa 5.

d) Uso industrial

No existe información disponible acerca del uso total del agua por parte de las industrias en América Latina con fines de procesamiento, enfriamiento o transporte de residuos. Aquí se presenta información acerca de la ubicación y de la capacidad de siete de las principales industrias usuarias del agua - generación de hidroelectricidad, generación de termoelectricidad, minería y elaboración de metales no ferrosos, siderurgia, producción de celulosa y de papel, y extracción y refinería de petróleo. (Véanse los mapas 6 a 14.) Gran parte de

/Cuadro 2

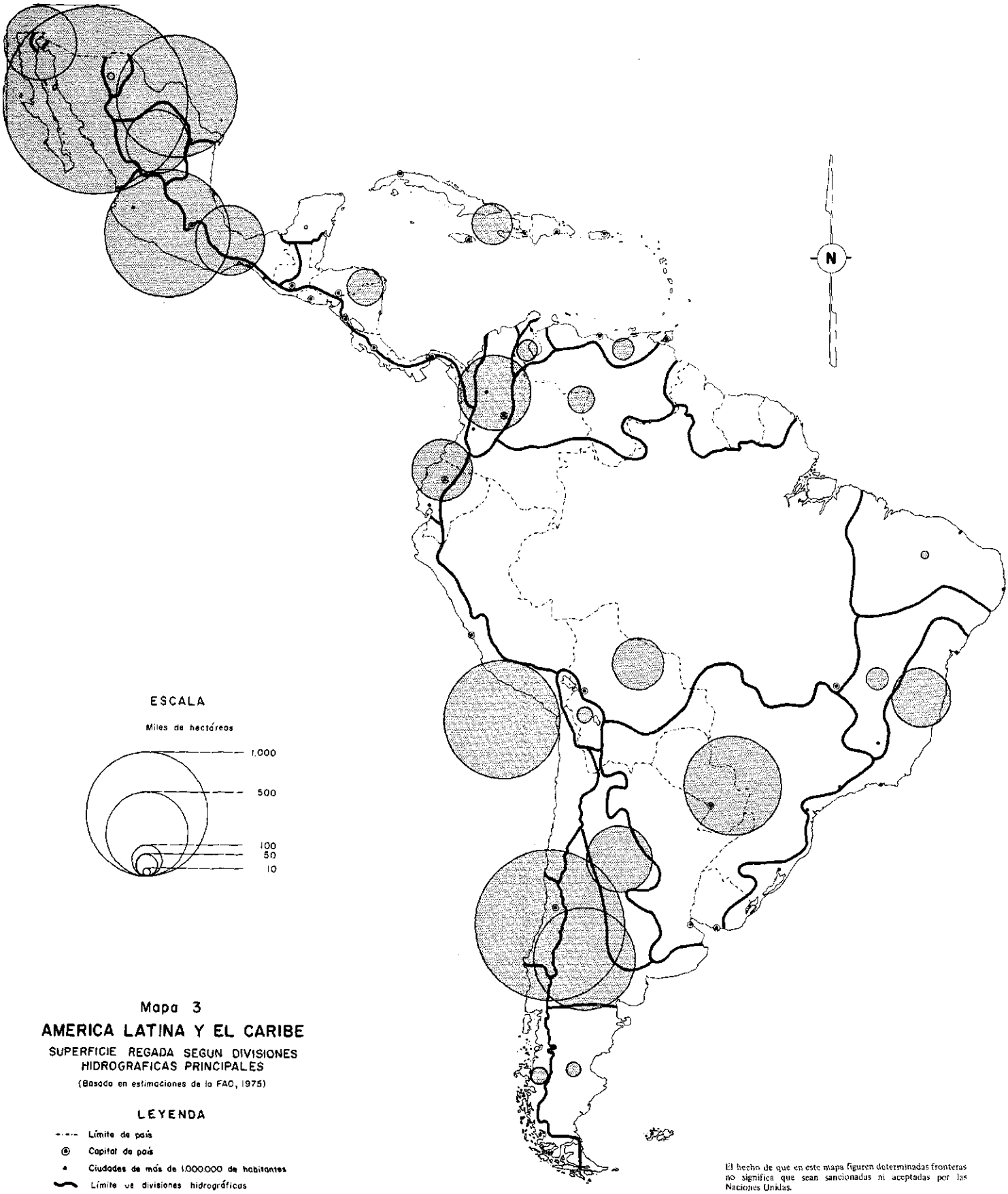
Cuadro 2

CAPACIDAD DE LOS EMBALSES EN OPERACION POR DIVISION HIDROGRAFICA

(Millones de m^3)

División hidrográfica	Hidroelectricidad	Riego	Agua potable	Prevención de crecidas	De objetivos múltiples	Total por división	Porcentaje del total de América Latina
California	3 030.0	1 089.3	137.0	-	12 274.7*	16 531.0*	6.7
Interior norte	-	242.0	-	-		242.0*	0.09
Río Bravo	19.4	1 810.4	2.1	19.0	13 655.0	15 505.9	6.3
Interior sur	-	255.44	-	-	3 671.2	3 926.64*	1.6
Pacífico norte	11 145.15	1 891.99	7.4	-	3 155.59	16 200.13	6.6
Golfo de México	103.5	4 499.66	17.3	6.21	15 104.40	19 731.07	8.0
Islas del Caribe	29.3	608.04	159.35	-	933.8	1 730.49	0.7
Pacífico tropical	624.08	-	-	-	98.0	722.08	0.3
Caribe	490.9	229.0	-	-	1 168.0	1 887.9	0.8
Magdalena	908.7	-	11.8	-	2 289.1	3 209.6	1.3
Maracaibo	-	-	71.0	-	1 998.0	2 069.0	0.8
Venezuela central	-	162.0	322.43	-	984.9	1 469.33	0.6
Orinoco	17 716.0	345.0	17.0	-	3 240.0	21 318.0	8.6
Guayanas	20.0	-	-	-	-	20.0	0.01
Amazónica	147.2	300.0	-	-	-	447.2	0.2
Nordeste de Brasil	724.23	576.0	790.33	1 164.43	9 728.46	12 983.45*	5.3
Pacífico seco	68.28	1 442.19	0.71	-	77.0	1 588.18*	0.6
San Francisco	349.4	200.52	167.74	83.04	19 903.09	20 703.79*	8.4
Plata	31 395.55	26.0	80.0	418.7	30 580.0	62 500.25*	25.4
Atlántico sur	5 304.02	171.75	564.68	38.07	4 382.87	10 461.39*	4.2
Interior Argentina	-	59.34	0.35	-	2 677.04	2 736.73	1.1
Sistema Central de Chile	862.6	1 463.19	98.0	-	5 670.0	8 093.79	3.3
Pampa	0.7	34.3	-	6.6	20 684.0	20 725.6	8.4
Patagonia	-	-	-	-	1 855.0	1 855.0	0.7
Total	72 939.01	15 406.12	2 447.19	1 736.05	154 130.15	246 658.0	120.0

/Mapa 3



Mapa 3

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

SUPERFICIE REGADA SEGUN DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES

(Basada en estimaciones de la FAO, 1975)

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Mapa 4

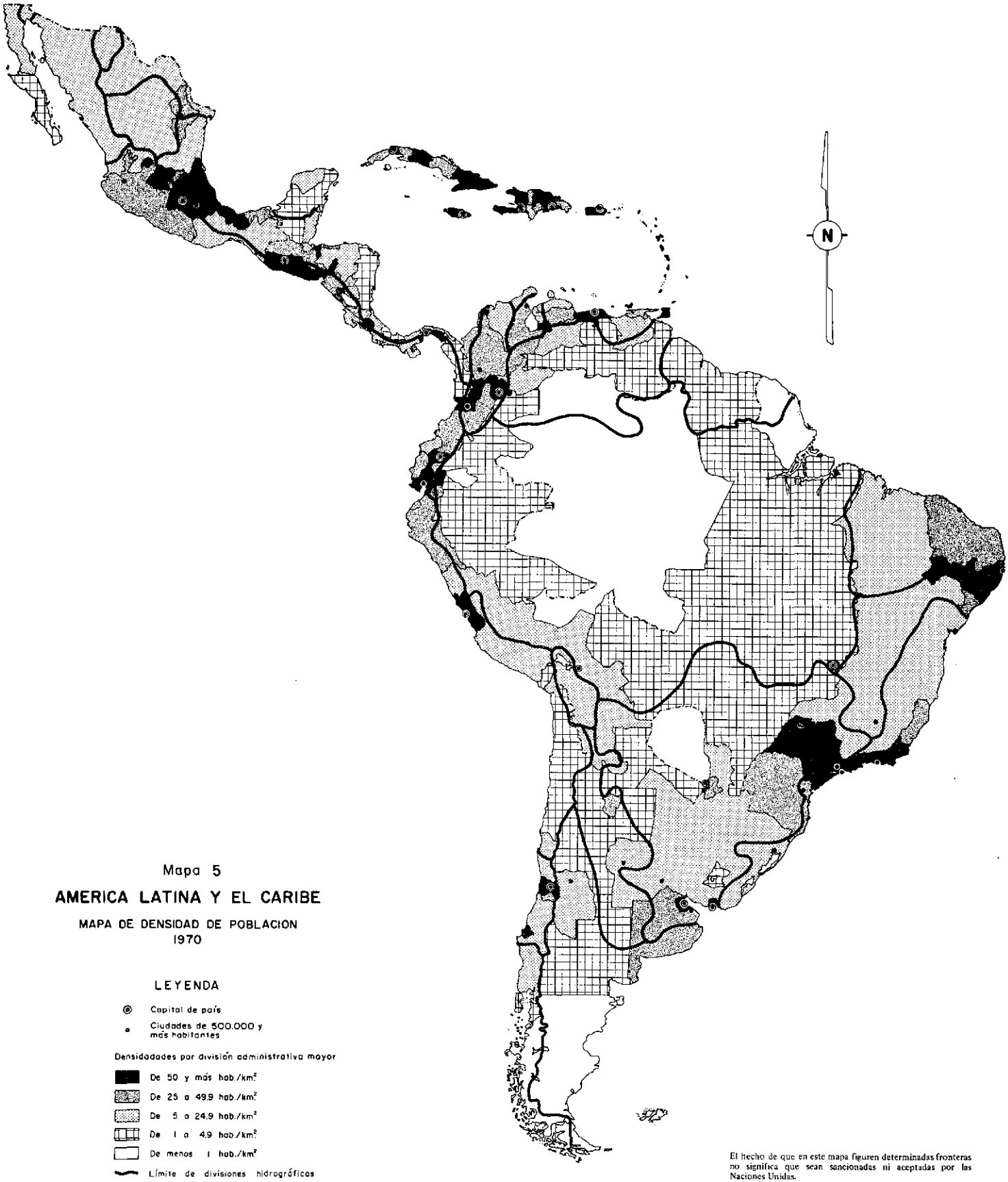
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

MAPA INDICATIVO DE RIEGO

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ubicación aproximada de las principales áreas de riego, sin referencia a escala



Mapa 5

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

MAPA DE DENSIDAD DE POBLACION
1970

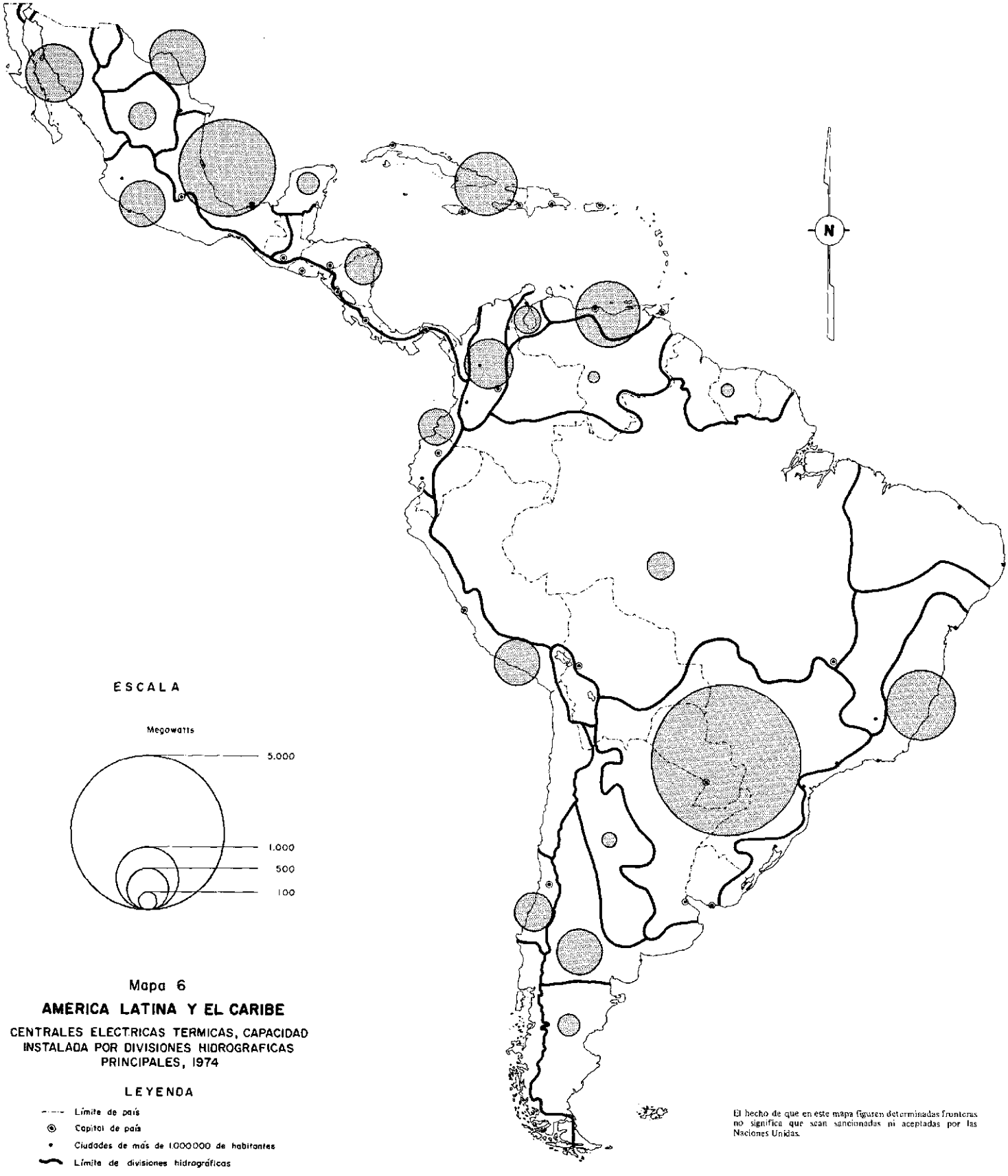
LEYENDA

- Capital de país
- Ciudades de 500.000 y más habitantes

Densidadades por división administrativa mayor

- De 50 y más hab./km²
- De 25 a 49.9 hab./km²
- De 5 a 24.9 hab./km²
- De 1 a 4.9 hab./km²
- De menos 1 hab./km²
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.



Mapa 6

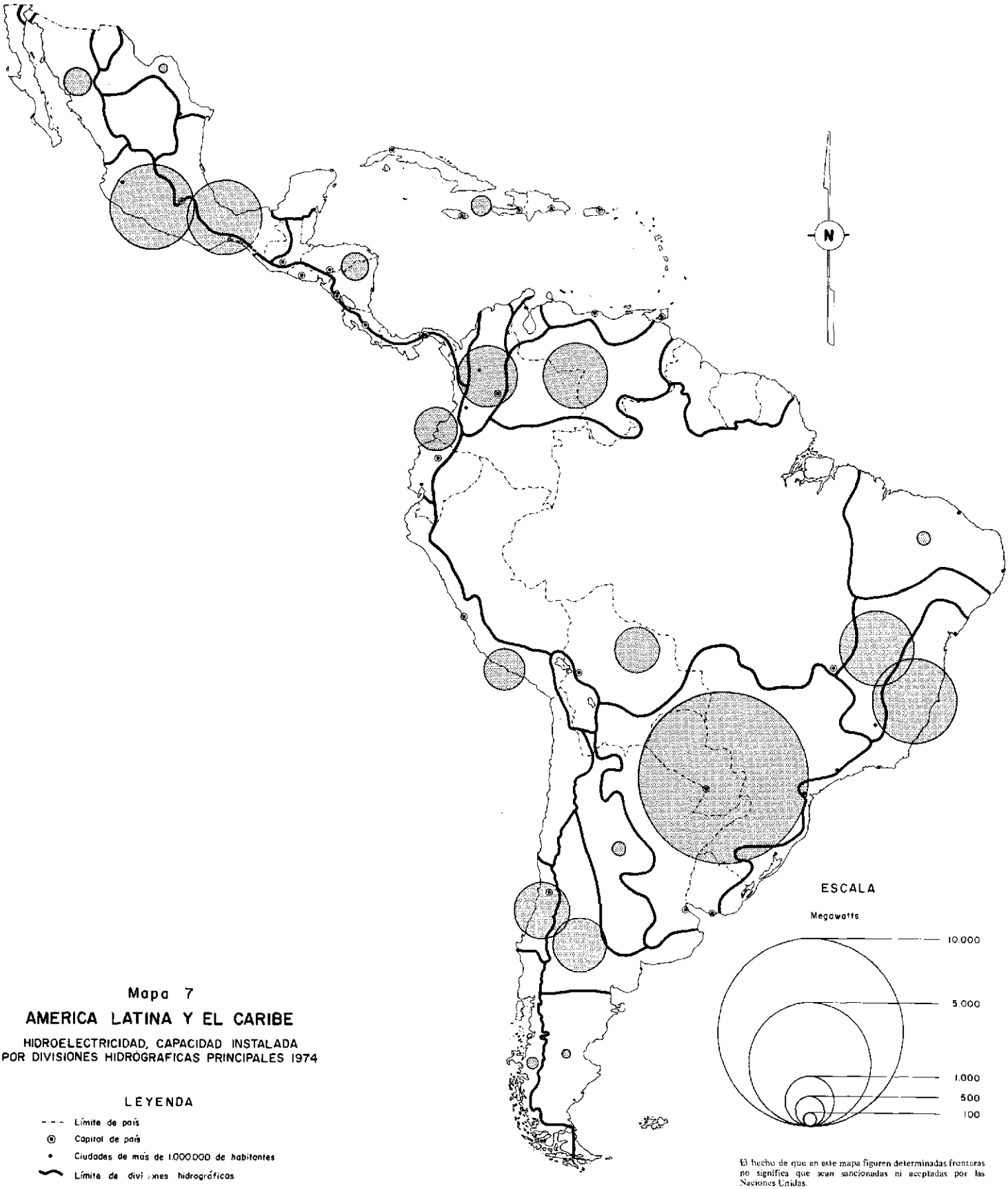
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

CENTRALES ELECTRICAS TERMICAS, CAPACIDAD INSTALADA POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES, 1974

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.



Mapa 7

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

HIDROELECTRICIDAD, CAPACIDAD INSTALADA
POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES 1974

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Mapa 8

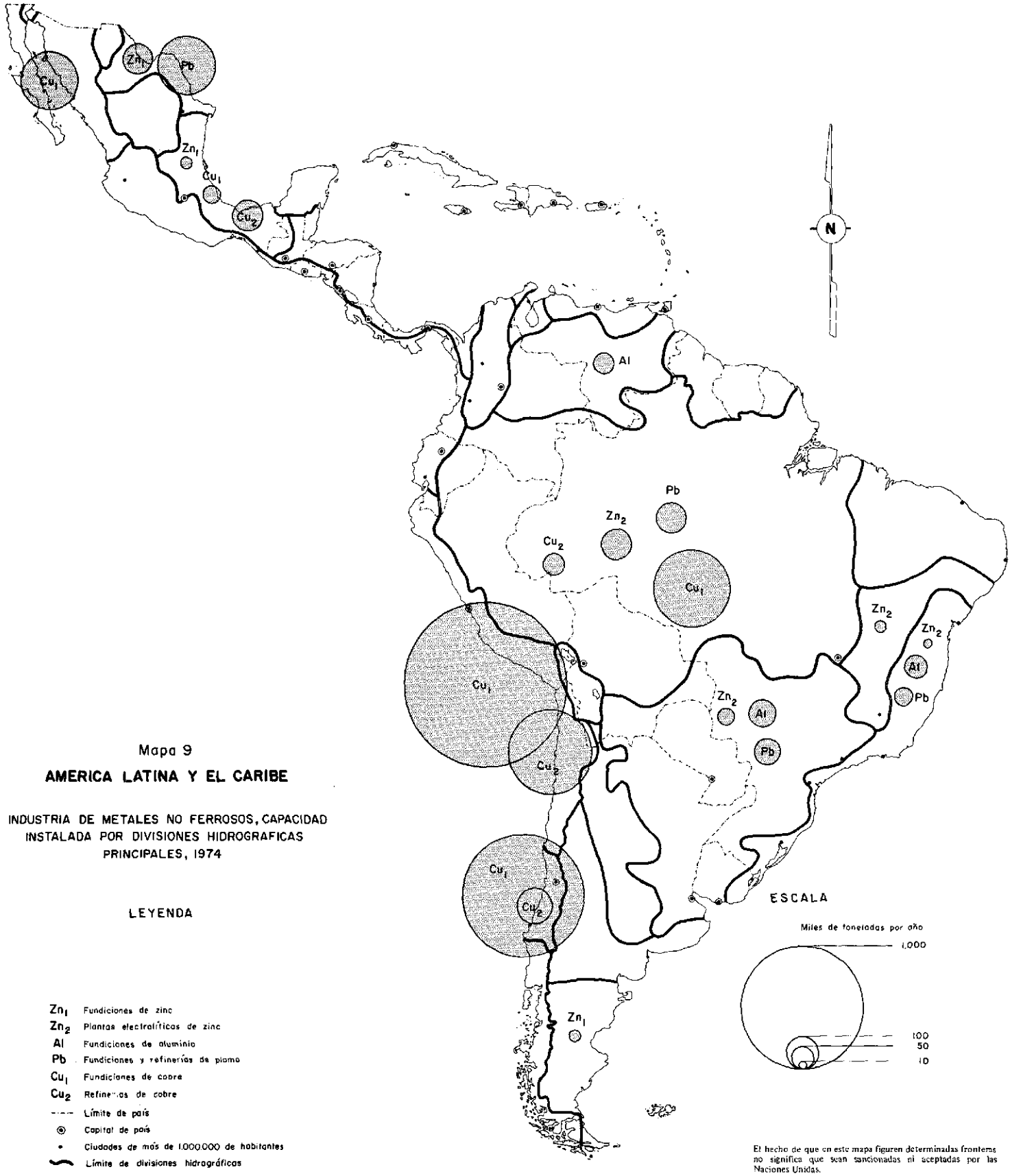
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

UBICACION DE CENTRALES ELECTRICAS

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

LEYENDA

- ● Centrales térmicas
- ▲ Centrales hidroeléctricas
- Límite de país
- ⊛ Capital de país
- Ríos con tráfico de navíos de mar
- Ríos con tráfico de navíos fluviales



Mapa 9

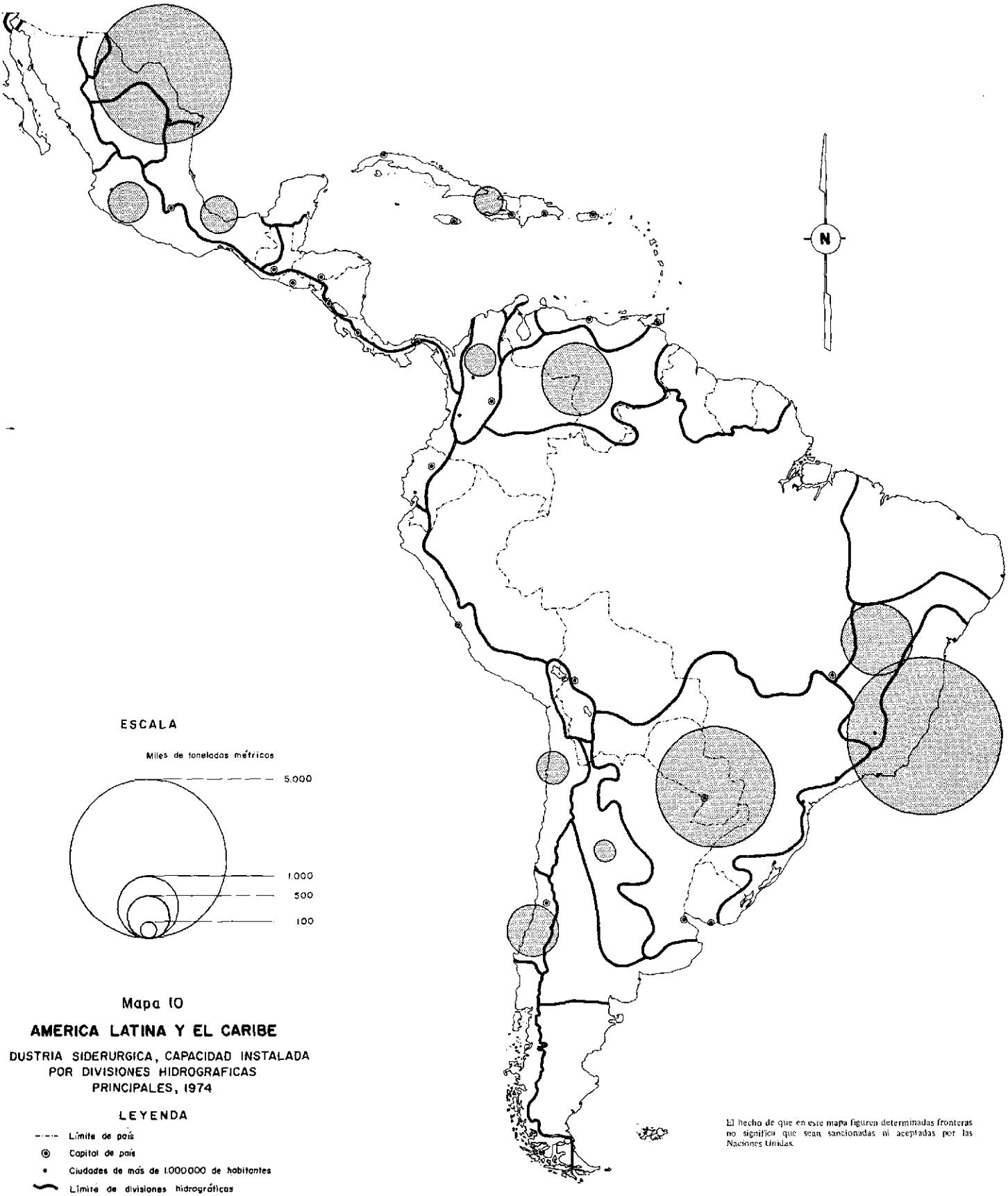
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

INDUSTRIA DE METALES NO FERROSOS, CAPACIDAD INSTALADA POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES, 1974

LEYENDA

- Zn_1 Fundiciones de zinc
- Zn_2 Plantas electrolíticas de zinc
- Al Fundiciones de aluminio
- Pb Fundiciones y refinerías de plomo
- Cu_1 Fundiciones de cobre
- Cu_2 Refinerías de cobre
- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.



Mapa 10

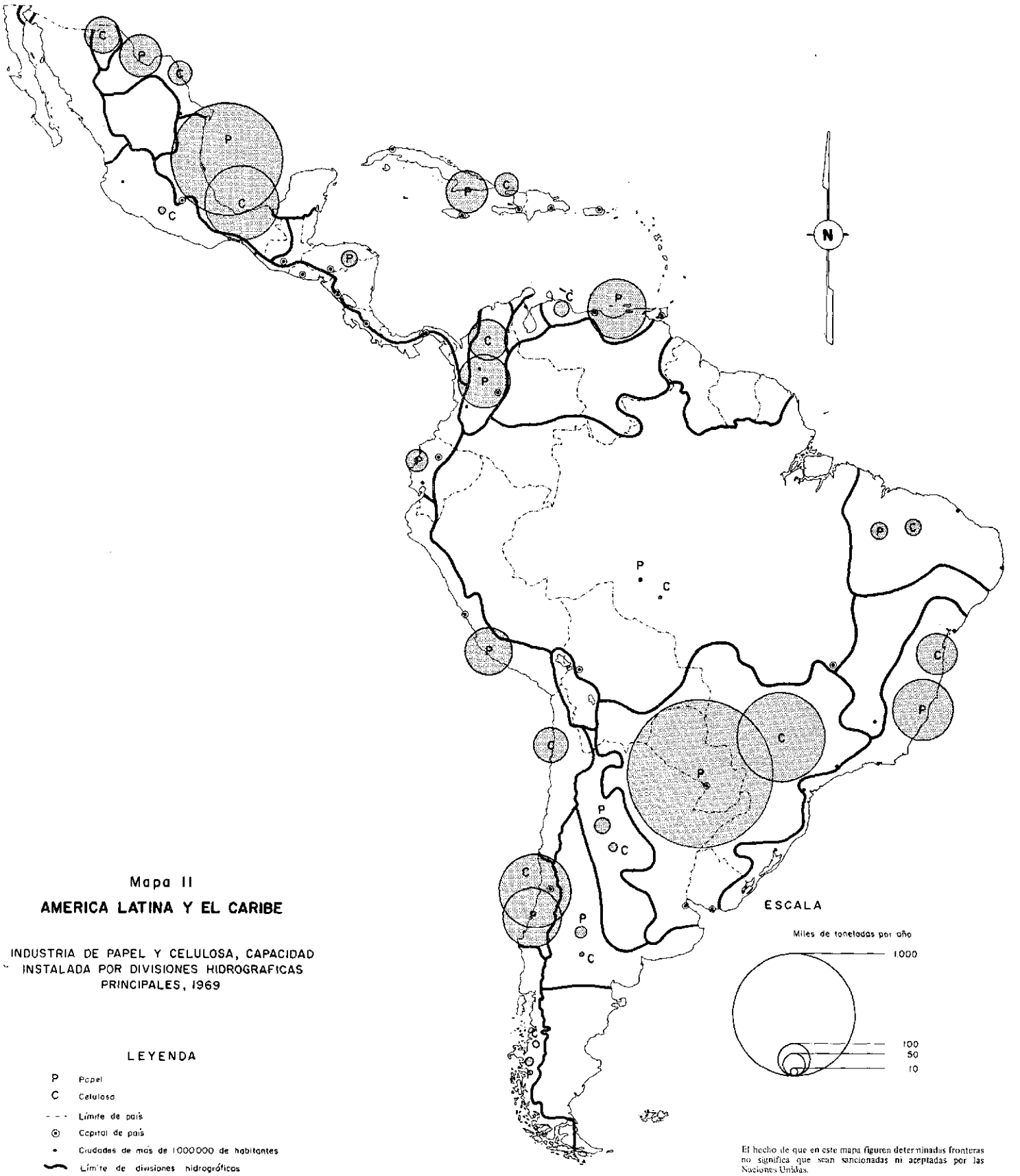
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

DUSTRIA SIDERURGICA, CAPACIDAD INSTALADA POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES, 1974

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.



Mapa II

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA, CAPACIDAD INSTALADA POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES, 1969

LEYENDA

- P Papel
- C Celulosa
- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1000000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Mapa 12

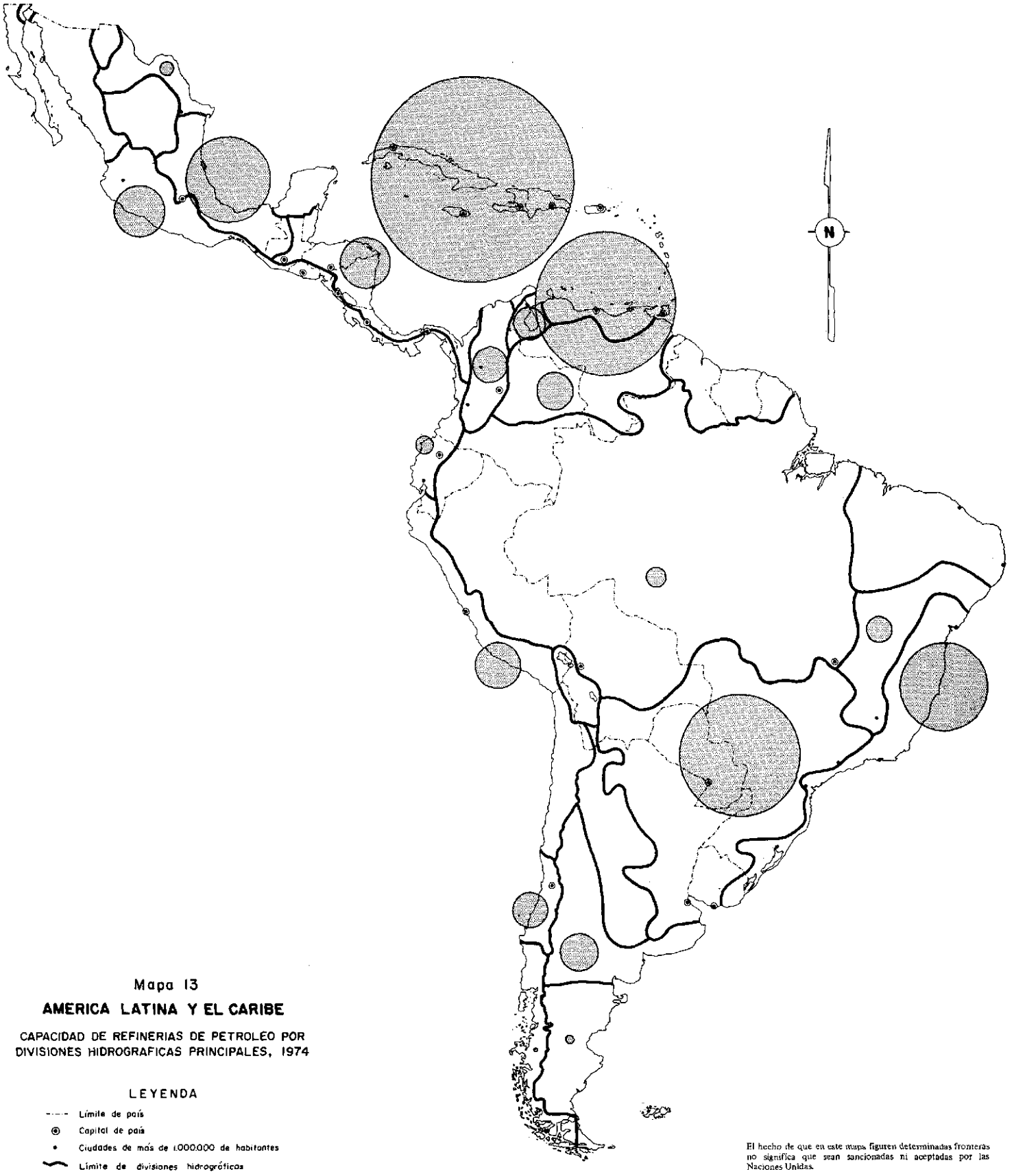
AMERICA LATINA Y EL CARIBE

UBICACION DE ALGUNAS INDUSTRIAS USUARIAS DE AGUA

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

LEYENDA

- Metales no ferrosos
- Celulosa
- Papel
- Siderurgia
- Celulosa y papel
- Límite de país
- Capital de país
- Ríos con tráfico de navíos de mar
- Ríos con tráfico de navíos fluviales



Mapa 13

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

CAPACIDAD DE REFINERIAS DE PETROLEO POR DIVISIONES HIDROGRAFICAS PRINCIPALES, 1974

LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ciudades de más de 1.000.000 de habitantes
- Límite de divisiones hidrográficas

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

Mapa 14

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

UBICACION DE LA INDUSTRIA PETROLERA

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

LEYENDA

- Campos petrolíferos
- Puertos tanqueros
- Refinerías
- Límite de país
- Capital de país
- Ríos con tráfico de navíos de mar
- Ríos con tráfico de navíos fluviales

Mapa 15

MERICA LATINA Y EL CARIBE

AGUA Y ESPARCIMIENTO

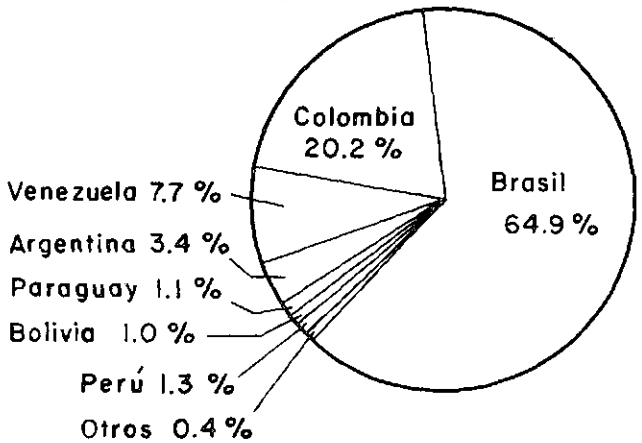
LEYENDA

- Límite de país
- Capital de país
- Ríos con tráfico de navíos de mar
- Ríos con tráfico de navíos fluviales
- Embalses
- Zonas de acceso diario (Radio 150 kilometros)
- Lugares en que el agua sirve para fines recreativos

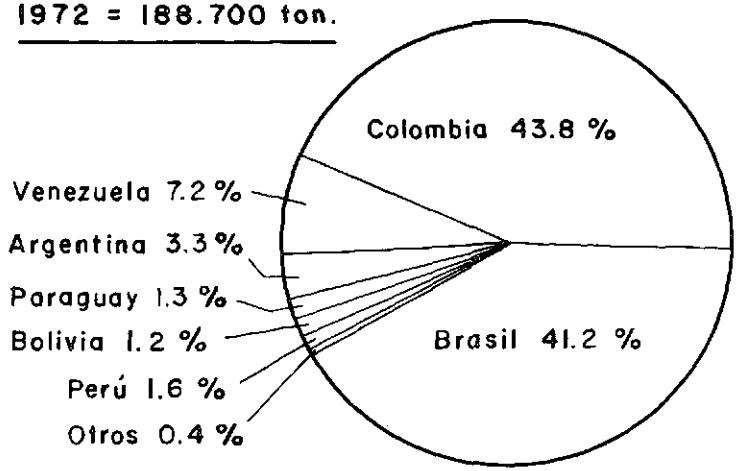
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.

CAPTURAS NOMINALES EN AGUAS INTERIORES : Peces, Crustáceos, Moluscos.

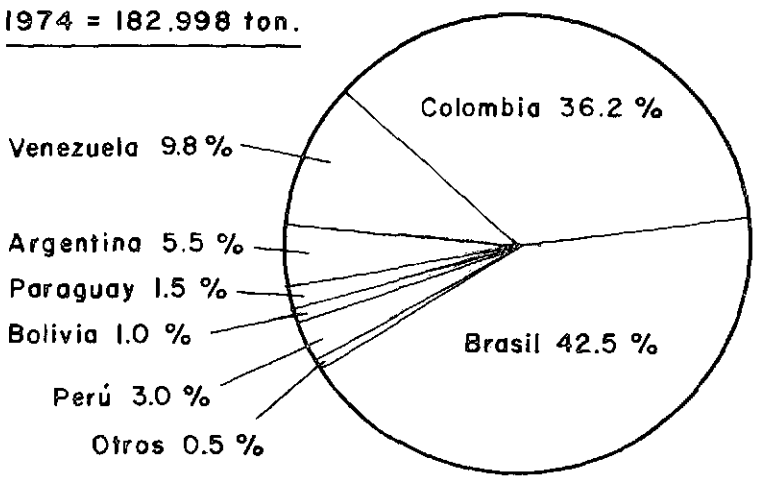
1970 = 159.500 ton.



1972 = 188.700 ton.



1974 = 182.998 ton.



Fuente: Estadísticas de la F.A.O.

estas industrias están ubicadas fuera de las zonas urbanas y, con la excepción de la generación de energía hidroeléctrica, utilizan mucho el agua para el procesamiento y transporte de residuos.

e) Esparcimiento, pesca y navegación

Se considera que la demanda de esparcimiento en ríos y lagos se concentra en un radio de 200 kilómetros en torno a los mayores centros urbanos. La ubicación de los principales cuerpos de agua actual o potencialmente utilizables para este propósito en dichas zonas se presenta en el mapa 15.

El uso de aguas interiores para la pesca comercial tiene escasa importancia en América Latina. En el gráfico 3 se muestra la información disponible sobre capturas. Con la acelerada expansión actual y proyectada de los lagos artificiales se presenta una oportunidad de aumentar la pesca comercial, incluso a través de la piscicultura.

En función del tonelaje, el transporte en ríos y canales es relativamente limitado. Sin embargo, los ríos son el único acceso a gran parte de la zona tropical húmeda. A pesar de que no hay información reciente, la información correspondiente al período 1965-1972 sugiere que la carga total transportada por vía fluvial en América Latina era del orden de los 40 millones de toneladas anuales. De este total, un 40% correspondía a minerales transportados por el Orinoco, 30% a fletes en la cuenca del Plata, 2% al Jacui y 1% a la cuenca del Amazonas. Desde el punto de vista de la calidad del agua, el movimiento de petróleo y sus derivados constituye el mayor peligro de la navegación. Este rubro alcanza a 12 millones de toneladas, es decir un 30% de la carga transportada por vía fluvial.

3. Intensidad del uso del agua

No sorprende comprobar que el uso del agua en la región no guarda relación con su disponibilidad. El cuadro 3 muestra indicadores del uso en las 35 cuencas regionales que presentan en términos absolutos un uso más intensivo. La relación entre la población urbana y el caudal medio (columna 11 del cuadro 3) da una idea de la intensidad

/relativa del

relativa del uso. Según dicho indicador, la intensidad de uso del Tietê es 3 000 veces mayor que la del Amazonas. El gráfico 4 muestra la gama del uso en ocho cuencas fluviales en función de cuatro indicadores de demanda de agua y regulación de caudales: i) población urbana, ii) volumen de embalses, iii) capacidad hidroeléctrica y iv) capacidad de tonelaje anual en relación con metales no ferrosos, acero, celulosa y papel y elaboración del petróleo. Cualquier indicador de una intensidad global del uso del agua exigiría la ponderación relativa de los diversos usos. Puesto que no existe base para tal ponderación, el gráfico 5 muestra un indicador general de la diversa intensidad de uso del agua de los ocho ríos. La intensidad del uso en cada río se expresa como un porcentaje del río que en el grupo examinado aparece con máxima intensidad; dichos porcentajes se acumulan luego para cada uso y cada río en el histograma. Ambos gráficos muestran la gran diversidad existente en cuanto a intensidad del uso.

/Cuadro 3

Cuadro 3

AMERICA LATINA: PRINCIPALES CUENCAS Y SUBCUENCAS

División hidrográfica	Cuenca o subcuenca	Población urbana a/ (10^3 hab.)	Capacidad de embalses (10^6 hab.)	Capacidad de generación de energía hidroeléctrica (MW)	Capacidad de generación de energía termoeléctrica (MW)	Refinerías de petróleo b/ (10^3 barriles por día)	Industrias: Siderurgia (10^3 toneladas anuales)	Industrias: Metales no ferrosos c/ (10^3 toneladas anuales)	Industrias: Celulosa y papel (10^3 toneladas anuales)	Caudal promedio (m^3 por segundo)	Población urbana/caudal (miles de habitantes/ m^3 por segundo)
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1. California	Culiacán	330	3 995	90	-	-	-	-	-	76	4.34
2. California	Yaqui	152	8 625	135	32	-	-	-	-	110*	1.38
3. Interior Sur	Nazas	487	3 600	-	217	-	-	-	-	...	-
4. Río Bravo	Río Bravo d/	3 738	15 506	56	913	21	4 055	361	210	150*	24.92
5. North Pacific	Lerma	2 790	2 067	799	365	210	-	-	-	364	7.66
6. North Pacific	Balsas	-	10 702	1 466	-	-	-	-	7	387	-
7. Golfo de México	Papaloapán	-	6 515	-	-	-	-	-	55	1 300	-
8. Golfo de México	Pánuco	10 942	483	776	1 328	100	-	136	1 050	600	18.23
9. Golfo de México	Grijalva	-	8 300	1 260	-	-	-	-	-	3 300*	-
10. Pacífico: clima tropical	Guayas	1 006	-	-	-	-	-	-	9	1 500	0.67
11. Pacífico: clima tropical	Lempa	400	620	82	59	-	-	-	13	380	1.02
12. Magdalena	Magdalena	1 807	1 472	280	356	198	300	-	2	6 000	0.30
13. Magdalena	Bogotá	3 416	882	551	137	-	-	-	17	44	77.63
14. Magdalena	Cauca	4 169	200	516	53	-	-	-	349	906	4.60
15. Maracaibo	Lago Maracaibo	292	2 069	-	255	977	-	-	-	570	0.51
16. Orinoco	Orinoco	739	21 318	1 578	50	125	1 250	50	-	33 000*	0.02
17. Pacífico: clima seco	Rimac	3 901	1	555	-	12	330	-	36	29	134.51
18. Cuenca amazónica	Amazonas	1 546	447	817	219	41	-	666	2	180 000*	0.01
19. Sao Francisco	Sao Francisco	2 001	20 752	2 022	-	61	1 278	15	-	3 900	0.51
20. Argentina (interior)	Dulce	1 407	2 083	50	33	-	-	-	34	82	17.16
21. Cuenca del Plata	Grande	957	26 164	3 804	-	-	-	30	117	1 035	0.92
22. Cuenca del Plata	Paraguay	781	26	-	34	34	-	-	75	3 107	0.25
23. Cuenca del Plata	Tietê	11 073	5 389	1 794	463	330	425	45	473	394	28.10
24. Cuenca del Plata	Paraná Superior	2 030	20 694	2 286	20	-	-	15	393	11 800	0.17
25. Cuenca del Plata	Paraná Inferior	1 843	597	38	768	125	-	62	415	14 457	0.13
26. Cuenca del Plata	Uruguay	-	8 822	515	212	-	-	-	5	4 660	-
27. Cuenca del Plata	Río de la Plata	19 440	29	-	2 993	455	2 750	17	418	22 000*	0.52
28. Atlántico Sur	Paraiba Do Sul	602	5 137	783	34	10	1 970	-	198	1 463	0.41
29. Atlántico Sur	Lagoa Dos Patos	2 099	295	275	166	61	110	-	61	...	-
30. Atlántico Sur	Bahía de Guanabara	8 325	-	21	644	197	50	-	22	...	-
31. Sistema Central de Chile	Aconcagua	-	2	-	-	50	-	76	-	45	-
32. Sistema Central de Chile	Maipo	3 036	251	62	100	-	-	-	10	100	30.42
33. Sistema Central de Chile	Bío-Bío	481	4 000	536	33	-	650	-	582	900	0.53
34. Pampa argentina	Mendoza	772	-	69	220	113	-	-	3	35	22.06
35. Pampa argentina	Negro	-	20 000	800	48	5	-	-	2	1 050	-
Total de la muestra		82 562	201 242	22 016	9 812	2 245	13 168	1 473	4 508	238 940e/	0.08f/
Total de América Latina		107 607	246 866	27 056	17 004	7 159	17 243	5 159	6 205	370 127	0.29
Porcentaje del total de América Latina		77	82	81	58	31	76	29	73	92	-

Fuente: CEPAL, sobre la base de diversos datos.

a/ Población estimada (1975) en ciudades con 100 000 ó más habitantes (1970).

b/ El bajo porcentaje del total se debe a que un gran número de refinerías de alta capacidad están ubicadas en la costa, especialmente en el Caribe (44% del total).

c/ La baja proporción porcentual de las industrias de metales no ferrosos en el total de los países latinoamericanos se debe principalmente a que se ubican en zonas semidesérticas y sobre ríos menores no incluidos en el estudio.

d/ En Río Bravo sólo se incluyen las industrias de los Estados Unidos de México.

e/ Incluye el total del caudal de los ríos marcados con asteriscos.

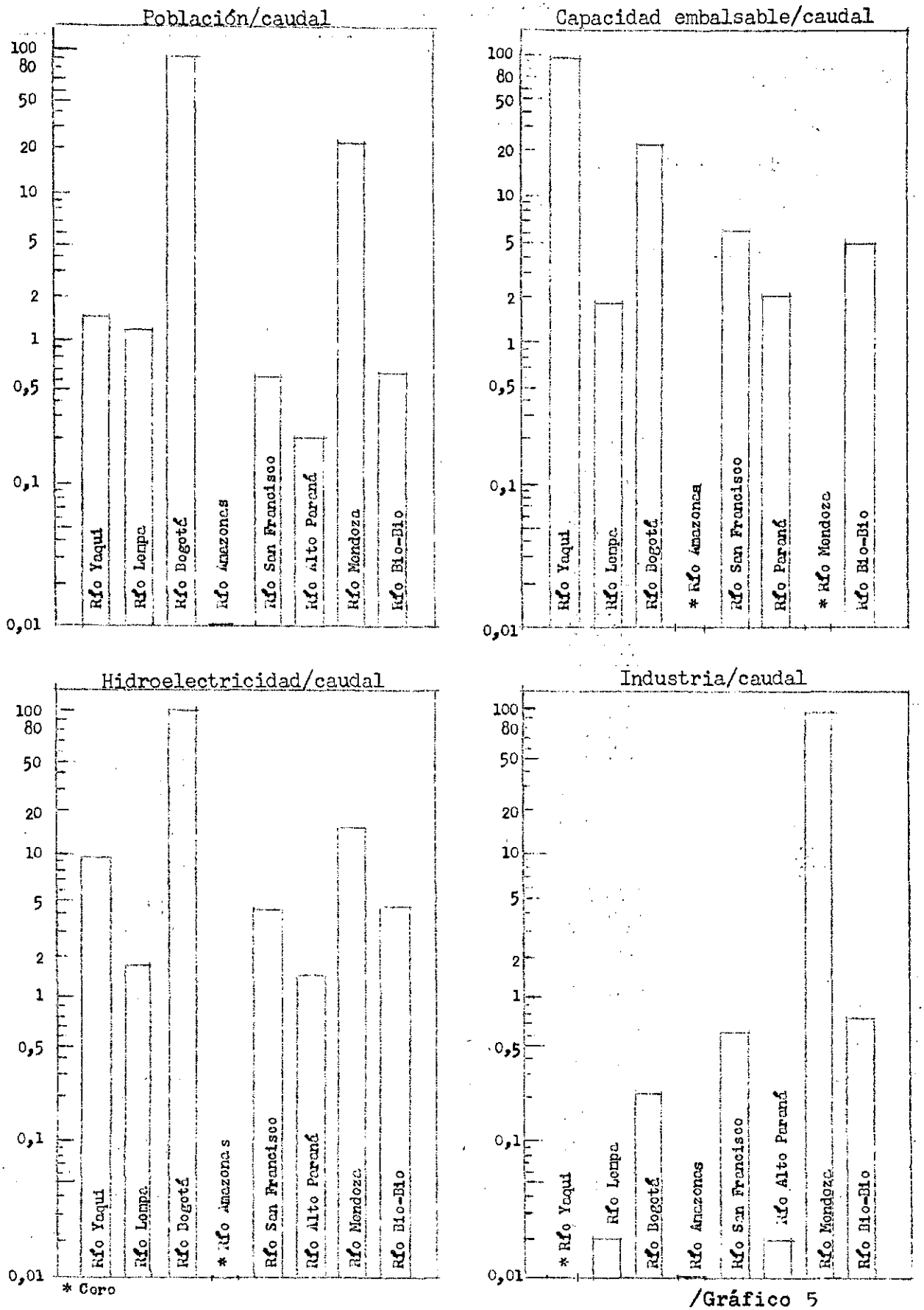
f/ Cifra obtenida basándose en la población de ciudades ubicadas sobre ríos cuyo caudal está marcado con asteriscos.

* Datos de caudal obtenidos de Alberto Martínez, La meteorología e hidrología para el desarrollo de los recursos hidráulicos en América Latina.

Gráfico 4

INDICADORES DE USO DE AGUA EN ALGUNOS RIOS DE AMERICA LATINA

Escala semilogarítmica

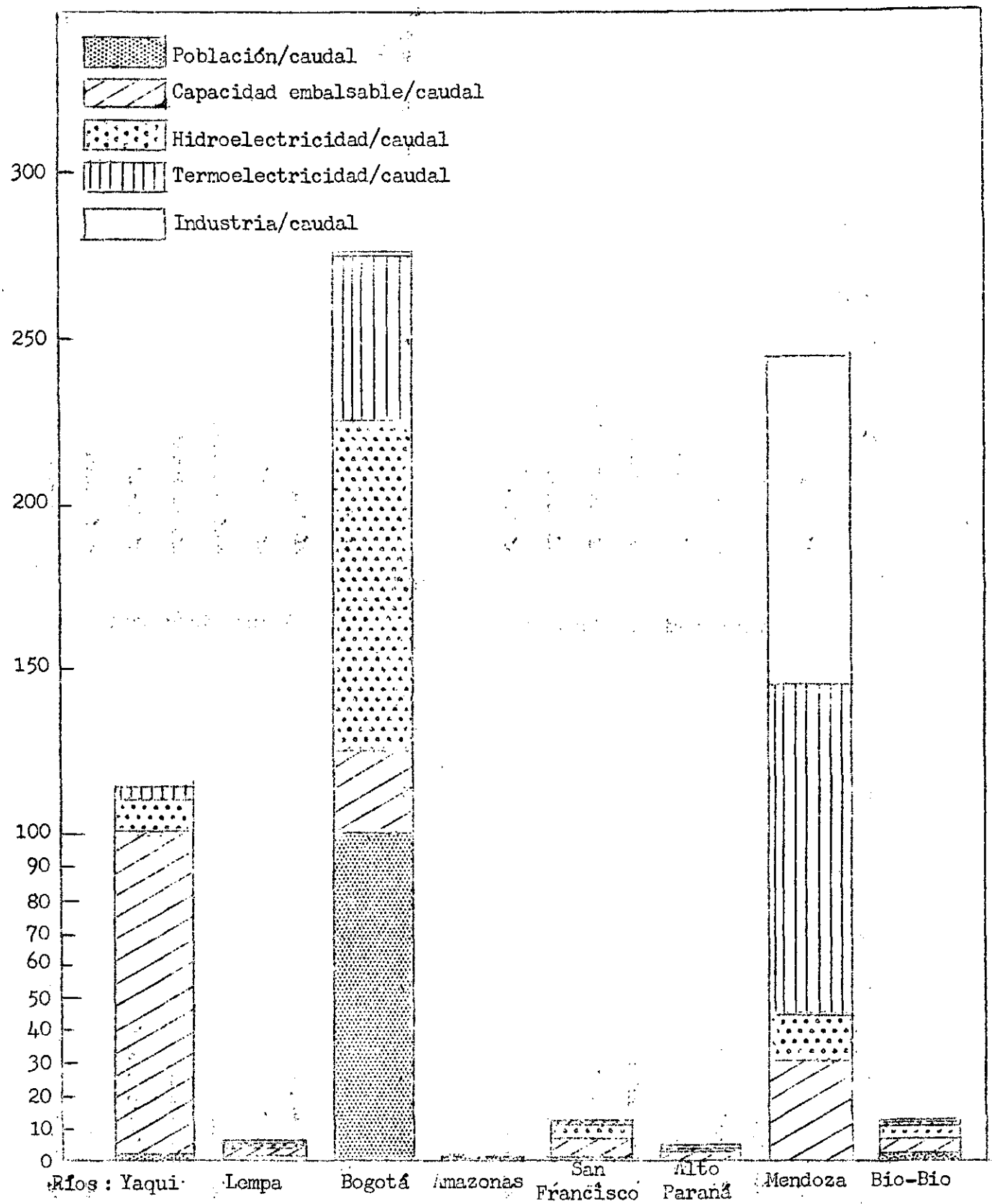


/Gráfico 5

Gráfico 5

INDICE ILUSTRATIVO DE CONCENTRACION DE USOS DE AGUA
EN OCHO RIOS DE AMERICA LATINA

Escala natural



Anexo C

AGUA Y MEDIO AMBIENTE: ALGUNOS CRITERIOS ANALITICOS

1. Introducción

En los últimos años se ha escrito mucho acerca de la naturaleza del medio ambiente y la relación entre la calidad del mismo y el desarrollo económico. El tema fue muy destacado durante la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Humano, y ha seguido en un primer plano especialmente debido a trabajos auspiciados por el PNUMA y el Club de Roma.1/ En gran medida, la relación depende de qué se considera que es el medio ambiente. En un extremo de la gama de opiniones, el medio ambiente se define como "... la existencia (o la corriente) de recursos físicos y sociales disponibles en un momento dado para atender las necesidades humanas".2/ Tal definición incorpora la mayor variedad posible de elementos y contempla el examen de alternativas de estilos de vida y de modelos de desarrollo basados en nuevos valores sociales relativos al uso de los recursos naturales, de la tecnología de la producción y de las formas y la distribución del consumo. En el otro extremo, el medio ambiente puede restringirse hasta significar sólo los recursos renovables o los ecosistemas naturales. Entre estos dos extremos, el ámbito de análisis que se seleccionará dependerá del problema de que se trate y, a su vez, del nivel de decisiones o de manejo que deba resolverlo.

1/ Véanse: Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, publicación de las Naciones Unidas, Nº de venta E.73.II.A.14, Nueva York, 1973; B. Ward y R. Dubos, Una sola Tierra, Fondo de Cultura Económica, México, 1972; PNUMA, "Medio Ambiente y Desarrollo", UNEP/GC/76, Nairobi, 26 de enero de 1976 (documento mimeografiado); D. Meadows y otros, The Limits to Growth, Universe Books, Nueva York, 1972; M. Mesarovic y E. Pestel, La humanidad en la encrucijada, Fondo de Cultura Económica, México, 1975. Véanse asimismo: Sterling Brubaker, To Live on Earth, Johns Hopkins Press, Baltimore, 1972; A.O. Herrera, Catastrophe or New Society, The Latin American World Model, IDRC-064C, Ottawa, junio de 1976; Wilfred Beckeman, "The Desirability of Economic Growth", en Nicholas Kaldor (ed.) Conflicts in Policy Objetives, Augustus M. Kelley, Nueva York, 1971, págs. 38-61, y H.S.D. Cole et. al., (Eds.), Models of Doom, Universe Books, Nueva York, 1973.

2/ PNUMA, "Medio Ambiente y Desarrollo", op. cit.

/Parte considerable

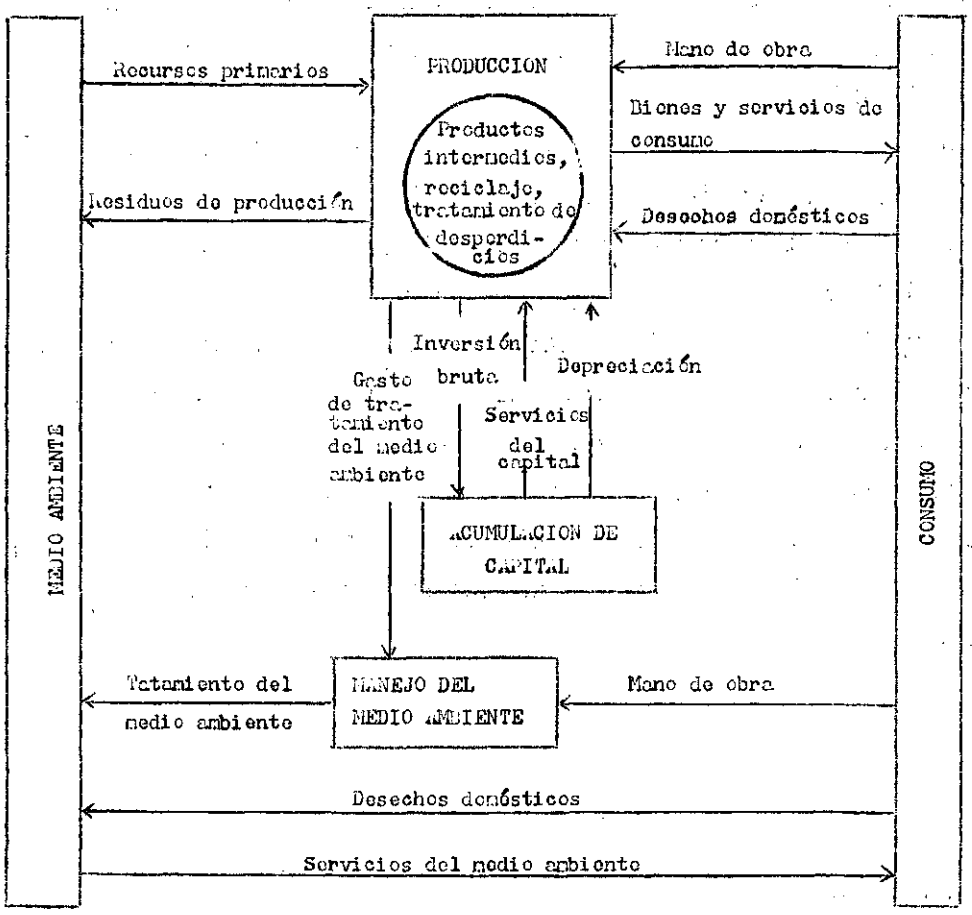
Parte considerable del corpus teórico acerca del manejo del medio ambiente proviene de los países urbano-industriales, por lo cual no sorprende ver que los temas más destacados son los del esparcimiento, la salud humana, la estética y la conservación de bancos bióticos de genes como base para la futura tecnología de la producción. Se ha subrayado la capacidad del medio ambiente natural para absorber residuos del proceso económico. La degradación del medio ambiente (disminución de su capacidad de proporcionar la corriente continua de bienes y servicios que necesita el hombre) es la misma si resulta de la descarga de desechos del proceso de producción y consumo, de la extracción de recursos de reserva o del uso directo de recursos fluentes tales como el agua. A pesar del desarrollo de varios centros urbanos de gran tamaño en América Latina, los cuales evidentemente traen consigo una acumulación concentrada de residuos, puede decirse que las cuestiones ambientales más fundamentales son las relativas a la extracción y el uso del vasto acopio regional de recursos naturales.

El gráfico 1 presenta esquemáticamente una interpretación de la relación de la sociedad con el medio ambiente natural, interpretación que se basa en el equilibrio de materiales. El esquema muestra el flujo de recursos primarios al consumo directo y al proceso de producción, donde éstos se combinan con el trabajo y el capital para producir bienes y servicios para el consumo y la inversión. El flujo de materiales dependerá de la demanda por habitante y del tamaño de la población. Con el desarrollo, aumentan tanto el ritmo de extracción de los recursos como el de producción de residuos. Así todas las economías producen efectos perjudiciales sobre el medio ambiente; sólo la intensidad de dichos efectos variará con el desarrollo. Tales efectos pueden variar también exclusivamente debido al

/Gráfico 1

Gráfico 1

UN ESQUEMA SIMPLE DE EQUILIBRIO DE MATERIALES



Fuente: Karl-Goran Mäler, Environmental Economics: A Theoretical Inquiry, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1974, pag. 3

/crecimiento de

crecimiento de la población o debido a cambios en la distribución de la misma.3/ En este último caso, el efecto de las actividades humanas sobre la calidad del medio ambiente probablemente se expresará más directamente a través de presión sobre el medio ambiente físico, que indirectamente mediante la descarga de residuos y desechos, la cual se vincula más con la cantidad de materiales procesados por la economía y por lo tanto no depende tanto del tamaño de la población.4/

En ningun caso existe una relación simple entre la población, la productividad y la calidad del medio ambiente. La naturaleza de dicha relación depende de los componentes específicos de la situación, por lo cual resulta difícil proponer una tesis general. Sólo puede afirmarse con certeza que la productividad intensifica la presión ejercida por el hombre sobre el medio ambiente natural. El resultado de dicha intensificación puede probablemente ser un aumento en el nivel de deterioro del medio ambiente. La magnitud de dicho deterioro variará, sin embargo, de acuerdo con la base económica, la tecnología empleada, la naturaleza del medio ambiente, las formas institucionales y las tradicionales de la sociedad.

3/ Véanse: Yi-fu Tuan, "Discrepancies between environmental attitudes and behaviour: examples from Europe and China, Canadian Geographer, Vol. 12, Nº3, octubre de 1968, págs. 176-191; y Peter Cox y John Peel (eds.), Population and Pollution, Proceedings of the Eighth Annual Symposium of the Eugenics Society, Londres, 1971, Academic Press, Londres, 1972.

4/ Véase Ralph C.d'Arge, "Economic Growth and the Natural Environment" en Allen V. Kneese y Blair T. Bower, Environmental Quality Analysis, Johns Hopkins, Baltimore, 1972, págs. 11-34.

2. Evaluación de los efectos ambientales 5/

a) Estimaciones de los efectos sobre el medio ambiente

Desde 1970, varios organismos nacionales e internacionales han pedido estimaciones formales acerca de los efectos sobre el medio ambiente como requisito previo a la aprobación de algunos proyectos de desarrollo, y se han publicado pautas para la preparación de dichas estimaciones.6/ La mayor parte de los métodos usados tienen por objeto principal atender la necesidad de hacer evaluaciones completas, y se basan en listas de comprobación, matrices o diagramas funcionales destinados a garantizar que todas las interacciones y los efectos posibles estén al menos señalados, con alguna indicación de su importancia relativa.7/ Hay tres métodos frecuentemente utilizados que ilustran la gama de ellos: la matriz de Leopold, el sistema Batelle de evaluación del medio ambiente y el criterio de superposición de McHarg. Recientemente han sido objeto de una evaluación crítica en un estudio auspiciado por el PNUMA.8/

5/ Esta sección se basa principalmente en un informe preparado para CEPAL/PNUMA como parte de esta investigación por los consultores G.R. Conway y P.E. O'Connell, titulado "The Analysis of the Environmental Component of Water Resource Management Projects in Latin America", Imperial College of Science and Tecnology, Londres, noviembre de 1976.

6/ Véanse World Bank, Environmental, Health and Human Ecologic Considerations in Economic Development Projects, Washington D.C., 1974, y Agency for International Development, Environmental Assessment Guidelines Manual, Washington D.C., 1974.

7/ Para un examen de éstos, véanse M.L. Warner y E.H. Preston, Review of Environmental Impact Assessment Methodologies, Batelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, 1973, y D. Daetz y B. Schesinger "A Conceptual Framework Applying Environmental Assessment Techniques", Journal of Environmental Sciences, Nº 16, 1973.

8/ R.E. Munn (Ed.): Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures, Informe Nº 5 del Comité Científico sobre los Problemas del Medio Humano (SCOPE), Toronto, 1975.

/i) La

i) La matriz de Leopold: el sistema de Leopold consiste en una matriz celular abierta en la cual cien acciones proyectadas en el eje horizontal se ponen en relación con 88 características y condiciones del medio ambiente colocadas en el eje vertical.9/ Dentro de cada célula se jerarquiza la magnitud e importancia de cada efecto posible - beneficioso o dañino - según una escala de 1 al 10 con signo positivo o negativo.

ii) Sistema Batelle de evaluación del medio ambiente: el sistema Batelle, originalmente destinado para el desarrollo de recursos de agua, es más elaborado. Las características del medio ambiente figuran como una lista de componentes en cuatro rubros: ecológicos, físico/químicos, estéticos y de interés humano o social. Los componentes son calificados y relacionados con un índice de calidad ambiental (escala 0-1) mediante una "función de valor". La forma de la función es determinada por especialistas y las ponderaciones por grupos de consulta.10/

iii) Sistema de superposiciones de McHarg: tanto el sistema Leopold como el Batelle consideran gran cantidad de elementos. El sistema de McHarg sacrifica esta amplitud por una evaluación detallada de los efectos determinada en primer lugar por las relaciones espaciales en la zona del proyecto.11/ Esto se consigue mediante una serie de mapas superpuestos, cada uno de ellos relacionado a un conjunto de factores ambientales. El proyecto se evalúa mediante la comparación visual de las superposiciones.12/ La producción de los mapas puede hacerse mediante computadoras, y también pueden utilizare computadoras para la evaluación.

9/ Véase L.B. Leopold y otros, "A Procedure for Evaluating Environmental Impact", United States Geological Survey, Circular Nº 645, Washington D.C., 1971

10/ N. Dee y otros, "An Environmental Evaluation System for Water Resource Planning", Water Resources Research, Nº 9, 1973 y I.C. Whitman y otros, "Design of an Environmental Evaluation System", Batelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, 1971.

11/ T.M. Krauskopf y D.C. Bunde, "Evaluation of Environmental Impact through a Computer Modelling Process" en Environmental Impact Analysis: Philosophy and Methods, R. Ditton and T. Goodale (Eds.), University of Wisconsin Press, Madison, 1973.

12/ Ian McHarg: "A Comprehensive Highway Route-selection Method", Highway Research Record, Nº 246, 1968, págs. 1-15 y Design with Nature, Natural History Press, Nueva York, 1969.

/Los tres

Los tres sistemas descritos pueden principalmente criticarse por la rigidez de sus criterios. Esencialmente, entregan un conjunto de imágenes estáticas de la realidad, las cuales pueden proyectarse para realizar comparaciones entre diversos momentos. Sin embargo, toman poco en cuenta los procesos dinámicos que caracterizan las relaciones ambientales y la incertidumbre y el riesgo que conlleva la predicción de los efectos ambientales.

b) Modelos

Los trabajos recientes encaminados a buscar criterios alternativos para la evaluación de efectos ambientales se concentran en una serie de talleres auspiciados por el PNUMA y dirigidos por la Universidad de British Columbia.13/ Utilizando un conjunto de estudios de casos, han comparado los sistemas ya descritos con enfoques basados en técnicas de simulación mediante computadoras. En casos de cierta escasez de información, les ha sido parcialmente útil una técnica conocida como KSIM.14/ Dicha técnica proporciona un conjunto de simulaciones que sigue explícitamente la dinámica de los sistemas. Entrega una aproximación primera a las relaciones ambientales potencialmente importantes y a cómo pueden producirse algunos efectos; tiene sin embargo varias desventajas, entre ellas el supuesto de que las relaciones son lineales o, a lo más, se aproximan a la ecuación logística.

i) Modelos de simulación: estos modelos dinámicos se han utilizado en general para describir y explicar el comportamiento de los ecosistemas o de sus componentes cuando se ven sometidos a una

---

13/ R. Yorgue (Ed.), Ecological and Resilience Indicators for Management - Managing the Unknown: Methodologies for Environmental Impact Assessment, PR-1, Institute of Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver, octubre de 1975.

14/ Julius Kane, "A Primer for a new Cross Impact Language - KSIM", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 4, Nº 2, Nueva York, 1972.

/alteración debida

alteración debida al desarrollo.15/ Un uso corriente es la generación de las probabilidades de variación en el caudal de los ríos partiendo de una información hidrológica limitada. Desde fines de los años sesenta se han construido en gran escala varios modelos de simulación de ecosistemas. El desarrollo de dichos modelos fue estimulado en gran parte por una serie de estudios del bioma (pastizales, desiertos, tundras, bosques caducos y coníferos) que constituían el Programa Internacional de Biología.16/ Los modelos del bioma producidos en dichos estudios han permitido comprender mucho más a fondo la estructura y la dinámica de los ecosistemas, especialmente entre quienes hacen los modelos; sin embargo, la experiencia no parece sugerir que se presten fácilmente para responder a preguntas específicas sobre manejo y efectos ambientales. Esto sucede en parte porque, como los sistemas Leopold y Batelle de evaluación de los efectos sobre el medio ambiente, dan gran valor a la comprensión y están hechos para garantizar que todos los componentes posibles se vinculen unos con otros, normalmente a través de corrientes de energía o de materiales. Así, aunque toman en consideración las relaciones no lineales y pueden simular con exactitud procesos ambientales relativamente complejos, muestran deficiencias en la descripción de muchos fenómenos dinámicos, especialmente aquellos vinculados a interacciones entre la población. Además, se interesan sobre todo en los componentes de la fauna y de la flora de los ecosistemas naturales, por lo cual pasan por alto muchas de las relaciones que interesan a la planificación de los recursos hídricos.

15/ Véase Clifford S. Russell (Ed.) Ecological Modelling in a Resource Management Framework, Resources for the Future Inc., Washington D.C., 1975; D. Daetz y R.H. Pantell, Environmental Modelling: Analysis and Management, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, 1973; y C.S. Holling y otros, Modelling and Simulation for Environmental Impact Analysis, International Institute for Applied System Analysis (IIASA), Laxemburg, febrero de 1974.

16/ B.C. Patten (Ed.) Systems Analysis and Simulation in Ecology, Vol. III, Academic Press, Nueva York, 1975.

/Estas observaciones

Estas observaciones no deben interpretarse como una crítica a los trabajos destinados a explorar las complejas interrelaciones entre todos los posibles componentes de un sistema natural, el cual puede también incluir aspectos económicos y sociales. Tales trabajos deberían contribuir a aclarar elementos del comportamiento del sistema que actualmente deben considerarse impredecibles.

También se han construido modelos de simulación de los recursos hídricos, destinados a explorar cuestiones de manejo, y estos parecen tener gran capacidad para esclarecer una serie de cuestiones acerca de los efectos ambientales.17/ Representan un posible medio para superar una serie de deficiencias de los métodos vigentes de evaluación de efectos ambientales. Sin embargo, la mayor parte de ellos se ha dedicado a aspectos hidrológicos o de calidad del agua, sin tomar en cuenta otros componentes principales del ecosistema.

Además, resultan onerosos de producir y de operar. Exigen gran aporte de información y considerable pericia técnica en la obtención de las informaciones, en la construcción de los modelos y en su programación. Lo que es más importante es que, al igual que las técnicas convencionales de evaluación como las de Leopold y Batelle, pueden inducir a error a los responsables de la política y de las decisiones en materia de agua. A menos que la estructura y el grado de agregación del modelo hayan sido diseñados para cumplir con un objetivo muy claro, las proyecciones deben ser tratadas con mucha reserva. Dichos modelos tratan con gran amplitud las variables

17/ Véanse: H.D. Jacoby y D.P. Loucks, "Combined Use of Optimization and Simulation Models in River Basin Planning", Water Resources Research, Vol. 8, Nº 6, 1972, pp. 1401-1414; Patten, op. cit.; Carl Walters, "An Interdisciplinary Approach to Development of Watershed Simulation Models", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 6, Nº 3, 1974, pp. 299-313, y O.T. Sigvaldson y otros, The St. John Study as an example of Complementary Usage of Optimization and Simulation Modelling in Water Resources Planning, Procedings of the International Symposium on Mathematical Modelling Techniques in Resource Systems, Canadian Ministry of Environment, Ottawa, 1972.

/ambientales, por

ambientales, por lo que dan la impresión de que todo se conoce y de que todos los efectos están previstos. Sin embargo, sigue siendo muy deficiente el actual estado del conocimiento de importantes procesos ambientales, especialmente en los países de menor desarrollo relativo, y los métodos que no consideren esta incertidumbre pueden resultar más engañosos que informativos.

ii) Modelos de manejo: a medida que se intensifica el uso de los recursos hídricos, crece la demanda de procesos efectivos de decisión aplicables a los problemas de manejo del agua. En este sentido, en los últimos quince o más años se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de tales técnicas, especialmente por parte de ingenieros, economistas y analistas de sistemas. El programa hídrico de Harvard alcanzó un nivel más elevado de refinamiento económico y de ingeniería en la construcción de modelos, en los procedimientos de planificación y en los métodos analíticos que constituyen el eje de los procesos decisorios en el manejo de los recursos hídricos.18/ Desde entonces, se ha realizado un considerable perfeccionamiento de estas técnicas y del desarrollo de planteamientos más completos en cuanto al proceso decisorio. Se ha debido en gran parte a la conciencia cada vez mayor de la necesidad de considerar otros objetivos, además de los de eficiencia económica, al evaluar las inversiones en el campo de los recursos hídricos. Se ha dedicado mucho esfuerzo al desarrollo de técnicas para la cuantificación de los efectos ambientales de diversos planes de desarrollo de los recursos hídricos, así como a la formulación de técnicas decisorias de objetivos múltiples, capaces de considerar en alguna medida la calidad ambiental entre diversos objetivos muchas veces conflictivos o desproporcionados.19/

18/ A. Mass, y otros, Design of Water Resource Systems, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1962.

19/ Véase J.L. Cohon y D.H. Marks, "A Review and Evaluation of Multiobjective Planning Techniques", Water Resources Research, Vol. II, Nº 2, abril de 1975, págs. 208-220; y D.P. Loucks, en C.R. Blitzer y otros (Eds.) "Economy Wide Models and Development Planning", Oxford University Press, 1975, págs. 213-233; "Economic Modelling for Water Policy Evaluation", Eds. R.M. Thall, y otros, North Holland-American Elsevier, Amsterdam, 1976, y "Conflicts in Water Resource Planning", editado por E.F. Gloyna y W.S. Butcher, Water Resources Symposium Nº 5, Center for Research in Water Resources, Universidad de Texas, Austin, 1974.

/La especificación

La especificación de un plan para el desarrollo de los recursos hídricos de una región implica la siguiente secuencia de etapas: i) seleccionar y dimensionar los componentes del sistema hídrico, tales como embalses, canales de desviación, zonas por regar o instalaciones de tratamiento de aguas servidas; ii) programar la construcción de los diversos componentes en el horizonte temporal económico del proyecto; iii) manejar el sistema para cumplir con los objetivos fijados. Es evidente que existirá interacción entre las diversas etapas, e idealmente se necesitaría una técnica de planificación capaz de enfrentar simultáneamente las tres etapas a fin de llegar a una solución total "optima". Sin embargo, tal proceder sólo es posible en caso de los sistemas de menor importancia, y el procedimiento común consiste en abordar separadamente cada una de las etapas, lo que da como resultado una solución total subóptima. Esto puede exigir un modelo de clasificación estocástico de programación lineal para la primera etapa, un modelo de programación dinámica para resolver la segunda etapa y un modelo de simulación para evaluar el resultado de un conjunto limitado de opciones de política operativa en la tercera etapa.20/

Tales planteamientos en general sólo aspiran a definir las tendencias o acontecimientos que son económicamente preferibles y presentarlas a los encargados de tomar las decisiones. La necesidad de considerar otros objetivos, tales como los efectos ambientales y sociales, hace entrar la planificación de los recursos hídricos en otro plano de complejidad. Las dificultades particulares consisten en cómo cuantificar objetivos que representen medidas realistas de los efectos ambientales y sociales, cómo abordar la incompatibilidad entre objetivos, y hasta qué punto sacrificar un objetivo en beneficio de otro. Debido a la incertidumbre producida por las presiones políticas, los esquemas de comportamiento social, los efectos ambientales o la variabilidad hidrológica, no se puede garantizar que la selección de un plan óptimo conduzca a la realización de los objetivos.

20/ Véase Jacoby y Loucks, op. cit.

/La demanda

La demanda de técnicas de objetivos múltiples aplicables a la toma de decisiones en los problemas de planificación de los recursos hídricos ha dado origen a progresos en diferentes planos. Puede ponerse en duda la flexibilidad de las técnicas formales de optimización basadas en programación matemática para afrontar la complejidad de las decisiones del mundo real. Sin embargo, se han hecho intentos para extender las técnicas de optimización de un sólo objetivo hasta hacerlas aplicables a casos de objetivos múltiples. Tratándose de programación lineal, la optimización de objetivos múltiples lleva al concepto de optimización de vectores. Sin embargo, un vector no puede estrictamente maximizarse o minimizarse, y la función objetivo establecida en forma vectorial debe ser transformada en una función escalar. Esto se hace aplicando un conjunto de ponderaciones óptimas a las diversas funciones objetivo, o bien por un método de restricciones que implica establecer funciones de transacción, es decir, basadas en la comparación de ventajas y desventajas (trade-off) entre los objetivos.21/

Otro método de análisis de objetivos múltiples conocido como el método de transacción entre valores sustitutivos (surrogate worth trade-off method), se centra en la determinación de las ponderaciones óptimas que se aplican a los diversos objetivos.22/ La ventaja de este método consiste en que la elección de ponderaciones óptimas debe hacerse sabiendo que la transacción entre objetivos es una función de los niveles que alcanza el cumplimiento de tales objetivos.

21/ Véase J.L. Cohon y D.H. Marks, "Multiple Screening Models and Water Resource Investment", Water Resources Research, Vol. 9, Nº 4, agosto de 1973, págs. 826-836, y W.L. Miller y D.M. Byers, "Development and Display of Multiple-Objective Project Impacts", Water Resources Research, Vol. 9, Nº 1, febrero de 1973.

22/ Y.Y. Haimes y W.A. Hall, "Multi-objectives in Water Resource Systems Analysis: The Surrogate Worth Trade-Off Method", Water Resources Research, Vol. 10, Nº 4, agosto de 1974, pp. 615-624.

/Al considerar

Al considerar los objetivos en pares, se determinan funciones de transacción que muestran la relación entre la ponderación de un objetivo cuando se enfrenta con el otro y los valores de dicho objetivo.23/

La participación activa del decisor en las diversas etapas del procedimiento de optimización es el objeto de un método conocido como SEMOPS (sequential multi-objective problem-solving, proceso secuencial de múltiples objetivos para resolver problemas). Este planteamiento surge de que un decisor maximiza o minimiza, porque puede no saber cómo transar entre un objetivo y otro. SEMOPS utiliza cíclicamente un sustituto de función objetivo basado en las metas y en las aspiraciones del decidor respecto del cumpliento de estas metas.24/

Una técnica de objetivos múltiples muy nombrada recientemente y que ha sido aplicada a una amplia gama de problemas de decisión es la teoría de la utilidad de múltiples atributos, que se basa en la teoría de la decisión estadística antes que en la optimización matemática. Por esto dicha teoría tiene la ventaja de tratar la incertidumbre en forma rigurosa.

El criterio de análisis basado en la decisión estadística comprende cuatro etapas: estructuración del problema; cuantificación de las incertidumbres; cuantificación de las preferencias del decisor, y evaluación de las alternativas.25/ La estructuración del problema supone su definición y la identificación del decisor. Una vez especificados los objetivos, se asocia a cada uno un atributo utilizado para indicar en qué grado se cumple. La cuantificación de las incertidumbres supone describir la incertidumbre respecto de las posibles consecuencias de cada alternativa; esto se consigue utilizando una

---

23/ Ibid.

24/ Véase D.E. Monarchi y otros, "Interactive Multi-objective Programming in Water Resources: A Case Study", Water Resources Research, Vol. 9, Nº 4, 1973, págs. 837-850.

25/ R.L. Keeney, "Multi-attribute Utility Analysis: A Brief Survey", IIASA, Research Memorandum Nº RM-75-43, Laxenburg, 1975.

/distribución de

distribución de probabilidades para describir qué consecuencias pueden producirse para dicha alternativa, y la probabilidad relativa de las mismas. Las distribuciones de probabilidades que se requieren pueden especificarse utilizando cualquier combinación de modelos analíticos, modelos de simulación, evaluaciones subjetivas e información disponible y pertinente.

La cuantificación de las preferencias supone evaluar la estructura de preferencias del decisor frente a múltiples objetivos. Esta estructura de preferencias se representa matemáticamente mediante una función de utilidad de múltiples atributos, cuya base es un vector que indica los niveles de los diversos atributos. La evaluación y verificación de una función de utilidad constituye el principal paso en la aplicación de la técnica; la verificación supone establecer ciertas propiedades de interdependencia entre los atributos para el decisor, y la valoración supone establecer valores de utilidad (normalizados entre 0 y 1) para diversos niveles de cada atributo. La función global de utilidad de múltiples atributos se especifica entonces mediante la combinación de las funciones de utilidad de cada atributo, ya sea mediante adición o multiplicación, según corresponda. Las transacciones entre objetivos son una función de los niveles de los respectivos atributos. La evaluación de alternativas consiste en el cálculo de la utilidad esperada de cada una de las alternativas; la alternativa preferida será la que rinda el máximo de utilidad. Pueden entonces realizarse análisis de sensibilidad respecto de los parámetros de las distribuciones de probabilidad y de la función de utilidad, a fin de ver cómo afectan la utilidad esperada de las alternativas.26/

Este examen de las técnicas decisorias para objetivos múltiples muestra que la mayor parte de estos procedimientos se apoyan en

---

26/ R.L. Keeney y E.F. Wood, "An Application of Multi-attribute Utility Theory to Water Resources Planning", Water Resources Research, 1977 (en prensa) y A.R. Ostrom y J.G. Gross, Application of Decision Analysis to Pollution Control: The Rhine River Study, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) agosto de 1975.

/técnicas matemáticas

técnicas matemáticas formales para estructurar el problema de decisión y definir un plan óptimo de desarrollo.

Al hacerlo, invariablemente deben adoptarse ciertos supuestos, a fin de que el problema sea abordable, y siempre existe la posibilidad que el formalismo matemático y estadístico tienda a oscurecer los problemas críticos. Para intentar evitarlo, actualmente se destacan las técnicas en las cuales el decisor está sujeto a interacciones; la teoría de la utilidad de múltiples atributos parecería ofrecer algunas posibilidades en este campo, pero ciertos aspectos de la técnica necesitan mayor desarrollo antes de que ésta pueda captar en forma realista los elementos esenciales de las situaciones decisorias reales. Todas las técnicas decisorias consideradas más arriba son estáticas, en cuanto intentan identificar un plan de desarrollo óptimo que regiría durante la vida del proyecto. Tal estrategia sería realista en el caso de que las consecuencias de un determinado plan de desarrollo fueran completamente predecibles dentro de una situación determinista; sin embargo, en la mayoría de los sistemas naturales no es este el caso, y por lo tanto debe considerarse el componente dinámico del proceso decisorio.

En el mundo real, el proceso decisorio es tan complejo que es razonable preguntarse si cualquiera de las técnicas decisorias disponibles actualmente puede aspirar a captar los principales elementos de un problema decisorio. En la mayor parte de los casos, las decisiones constituyen un proceso dinámico; es decir, el decisor responde a resultados imprevistos, y puede no regirse por un plan de desarrollo preconcebido.

No se han utilizado técnicas refinadas de modelos para abordar los complejos problemas de la interrelación entre recursos hídricos, desarrollo económico y calidad del medio ambiente. Esto se debe en parte al limitado conocimiento de las interrelaciones entre la actividad económica, los efectos ambientales y los cambios en los parámetros de calidad del medio ambiente. Según la opinión de Dorfman y Jacoby, "... la ecología económico - hidrológico - biológico - política de una cuenca fluvial viviente trasciende ampliamente la

/capacidad de

capacidad de cualquiera de los métodos disponibles de análisis de decisiones.27/ Incluso en el campo más circunscrito de la calidad del agua, ciertas relaciones no se conocen lo suficiente como para permitir que muchos factores se incorporen fácilmente en modelos de cuencas fluviales de gran escala. Cuando se han utilizado modelos como parte integral del proceso de planificación y de decisión, las relaciones han sido muy simplificadas. Incluso en modelos refinados se ha hecho necesaria la simplificación, como por ejemplo el uso de una característica ambiental como índice para representar la calidad ambiente global del agua. Los peces se utilizan para este efecto en el Ruhr Genossenschaften, y en varios estudios los niveles de oxígeno disuelto se han tomado como única función objetiva.28/ El uso de índices limitados que representan las situaciones del mundo real, mucho más compleja, permiten un uso de modelos que de otro modo sería impracticable.

iii) Modelos de flujos de energía:29/ estos modelos han sido utilizados para conceptualizar y para evaluar el impacto de acciones complejas sobre el medio ambiente. La base teórica es la segunda ley de termodinámica y el principio Lotka. Según la primera, ningún proceso que suponga transformación de energía ocurrirá espontáneamente si no existe una degradación de parte de la energía de una forma concentrada a otra forma dispersa, incapaz ya de trabajo útil (entropía). Así, el proceso de producción, sea éste natural o inducido por el hombre, crea efectos secundarios entrópicos en la forma de disipación de energía, que puede darse a través del calor o de

---

27/ R. Dorfman y H.D. Jacoby, "A Public Decision Model Applied to a Local Pollution Problem", en R. y N.S. Dorfman, op. cit., pág. 248.

28/ Véase Ostrom y Gross, op. cit., y Allen V. Kneese, The Economics of Regional Water Quality Management, Johns Hopkins, Baltimore, 1964.

29/ Basado en J.C. Dickinson, "Report on Ecological Terms of Reference: ADEMA", Gainsville, Noviembre 1975. Informe preparado para CEPAL/PNUMA como parte del proyecto ADEMA.

/desechos materiales.

desechos materiales. El principio de Lotka, una extensión del concepto darwiniano de selección natural, sostiene que la maximización del flujo de energía para propósitos útiles tiene una ventaja selectiva en la competencia entre individuos, comunidades o naciones. El principio puede aplicarse en dos situaciones: el crecimiento, cuando la energía y otros recursos no constituyen fuertes limitaciones; y la madurez, en la cual la energía es considerablemente limitante. En ambas situaciones, se califica de negativa a una acción si viola el principio de maximización del flujo de energía útil. Los modelos estimulan las transformaciones de masa en energía, el transporte y el almacenamiento en ecosistemas naturales interrelacionados, subsistemas naturales manejados y subsistemas construidos o artificiales, en los cuales las únicas fuentes exógenas son la energía solar y la fuerza gravitatoria de la luna.30/ Para diversas situaciones de manejo, los insumos y la producción de energía se derivan como criterios para enjuiciar la eficiencia del uso de la energía y el efecto sobre el medio ambiente.

iv) Modelos de calidad del agua:31/ tradicionalmente, en América Latina los organismos respectivos han prestado escasa atención a la especificación de las cuestiones relativas al manejo de la calidad del agua. Es necesario enunciar claramente los objetivos en términos socioeconómicos y no sólo especificar las metas físicas para el uso del agua.

Hasta hace poco muchas autoridades responsables del control de la contaminación del agua en la región creían que su función era la siguiente: i) evaluar los aspectos físicos del problema y reunir información respecto de los parámetros convencionales; ii) evaluar los niveles de contaminación mediante comparaciones con normas internacionales o nacionales; iii) identificar las fuentes de contaminación; iv) establecer normas de calidad del agua, y v) desarrollar un

30/ Véase H.T. Odum, "Environment, Power and Society", Academic Press, Nueva York, 1971.

31/ Análisis basado en un informe preparado para CEPAL/PNUMA como parte de esta investigación: W.A. Castagnino, "Enfoques Modernos de Control de Polución e Interefectos de Usos y Calidad de Aguas en América Latina", OPS/CEPIS, Lima, abril de 1976.

/programa de

programa de vigilancia para exigir el cumplimiento de tales normas. Con algunas excepciones, los resultados de programas así diseñados han sido desalentadores. La legislación y las reglamentaciones adoptadas según este procedimiento han sido con frecuencia pasadas por alto. Aunque no es fácil señalar todas las causas de su fracaso, ciertamente entre ellas se encuentran los problemas económicos y los intereses creados, que en diversa medida han sido descuidados por las autoridades.

Un planteamiento alternativo exige: i) estimar el deterioro tangible (sujeto a cuantificación en términos físicos o financieros) y el deterioro intangible de la salud, el esparcimiento, las pesquerías, etc., que causa la contaminación; ii) establecer las características de las fuentes de contaminación; iii) determinar los costos de medidas alternativas necesarias para disminuir el deterioro, y iv) desarrollar y poner en práctica programas de control que minimicen la suma de costos de control más deterioro. Cualquier cambio en la curva de deterioro debido a usos de agua que entran en competencia cambia la curva de costo mínimo del control. (Véase más adelante, en la sección 3 a) y el gráfico 6, la presentación gráfica de las curvas de control y de deterioro.) Así, se hace imposible fijar un nivel general de contaminación aceptable sin un estudio independiente de cada caso.

La concentración de elementos contaminantes en un río, que determina la curva de deterioro inicial, se da mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\lambda \quad W}{Q + q}$$

En ella:

C = concentración de elementos contaminantes en el río, que es lo que determina el deterioro, en gramos por metro cúbico.

W = carga de contaminantes por hora, descargados por la industria en gramos por hora.

λ = porcentaje entregado por la instalación de tratamiento.

Q = caudal del río en metros cúbicos por hora.

q = caudal de agua residual descargada por la planta industrial, en metros cúbicos por hora.

/Puede apreciarse

Puede apreciarse que la concentración C puede reducirse, ya sea aumentando el tratamiento (es decir, disminuyendo el valor de λ) o aumentando el denominador. Si la producción no varía, tampoco varía q. El valor de Q puede acrecentarse, sin embargo, por ejemplo a través de la construcción de represas en el curso superior y la descarga de agua para dilución en momentos oportunos. Este hecho tiene una importancia fundamental, y demuestra la interdependencia entre un fenómeno de control de la contaminación y el manejo cuantitativo de los recursos hídricos. Así, la demanda de agua para dilución, destinada a mejorar un aspecto de la calidad del agua, puede entrar en competencia con otros usos. La contaminación del agua no es por lo tanto un elemento aislado en el sistema hídrico, y tiene por ello su lugar en el complejo de intereses que finalmente determinarán la cantidad y la calidad del agua disponible en cada punto del sistema.

El objetivo del manejo de agua puede formularse como la distribución geográfica y temporal socialmente óptima del agua, tanto en cantidad como en calidad. Para formular dicho objetivo en términos manejables, es necesario especificar cómo se distribuyen, en las diversas alternativas de manejo, los beneficios y los costos (tangibles e intangibles) a través del tiempo y entre los diversos grupos de la sociedad. Respecto de la preservación de la calidad del agua, es muchas veces difícil, si no imposible, expresar objetivos en términos monetarios. En estos casos se debe fijar un rango aceptable para ciertos parámetros, tales como oxígeno disuelto o bacterias, vinculados a ciertas condiciones estéticas, ecológicas o de esparcimiento deseadas; éstas se transforman en restricciones de toda función objetiva. Así, se imponen condiciones de calidad de agua que reflejan claramente las decisiones políticas. Estas restricciones no provienen de capricho particular de ciertos técnicos o políticos, sino de la conjunción de aspiraciones que se refleja en su voluntad por pagar, de los usuarios directos e indirectos del sistema hídrico. La selección de objetivos no es en modo alguno simple, y parece haber buenas razones para la clarificación de las decisiones mediante modelos de calidad del agua para evaluar una serie de estrategias de manejo.

/Varios factores

Varios factores influyen sobre la selección del tipo de modelo que se aplicará. En primer lugar, es necesario fijar los límites espaciales y el horizonte temporal que se considerarán en cada problema. En grandes cuerpos de agua tales como el lago Titicaca, puede esperarse que las respuestas a cambios significativos en la calidad del agua demoren meses o aun años. Un estuario como el Guayas necesitaría tal vez un plazo de semanas. El tiempo disminuye, sin embargo, si el objeto del estudio no es el cuerpo de agua total, sino un aspecto más restringido, como los efectos locales de descargas sumergidas, de efluentes en las playas adyacentes. Otro conjunto de factores está relacionado con la termodinámica del cambio de parámetros. Dicho cambio puede ser físico, químico o biológico, y su magnitud en relación con el tiempo influirá en la elección de un tipo de modelo. Finalmente, el análisis de la distribución temporal de las cargas contaminantes y de la magnitud de su efecto constituyen frecuentemente un elemento decisivo en la selección de modelos.

Los modelos de calidad del agua son recursos de predicción específicos para cada caso considerado. Para predecir el valor de diversos parámetros en forma fidedigna, deben pasar una prueba básica: la reproducción aceptable de las condiciones reales. Así, si se escogen uno o más parámetros como representativos de los cambios que se investigarán en la calidad del agua, es esencial que el modelo elegido sea capaz de dar valores de concentración muy cercanos a los obtenidos mediante pruebas de laboratorio de muestras de agua. Puesto que tal verificación se aplica generalmente a un intervalo específico de tiempo, tal como el período de menor caudad de un río, es normal validar el modelo durante un período de tiempo distinto. El proceso de verificación y validación da la base de las pruebas de sensibilidad en la evaluación del comportamiento de los componentes del modelo en relación con las condiciones reales. La estructura del modelo está determinada por el tipo de cuerpo de agua receptor (ríos y canales, lagos y embalses, estuarios u océanos); los procesos que se producen cuando se descargan residuos en dicho cuerpo de agua

/(dispersión, transporte,

(dispersión, transporte, y reacción o degradación), y el equilibrio neto entre la introducción y la extracción de cargas residuales en el espacio y en el tiempo.

v) Un proceso iterativo de interacción: el estudio y la evaluación del medio ambiente exigen un planteamiento flexible que permita obtener rápidamente nuevos conocimientos e incorporar la experiencia adquirida. Recientemente se ha llegado a un planteamiento de este tipo para un ecosistema de sabana.32/ El procedimiento se apoya en dos supuestos: en primer lugar, que a pesar de la complejidad de los ecosistemas, éstos son comprensibles, y su comportamiento puede en gran parte predecirse a través de un número limitado de procesos claves; y segundo, que, también a pesar de la complejidad de los problemas de manejo, puede alcanzarse un mejoramiento mediante la alteración de un pequeño número de decisiones básicas. De este modo, el éxito de un estudio depende de la definición y formulación de un conjunto de cuestiones claves relativas a los procesos y a las decisiones.

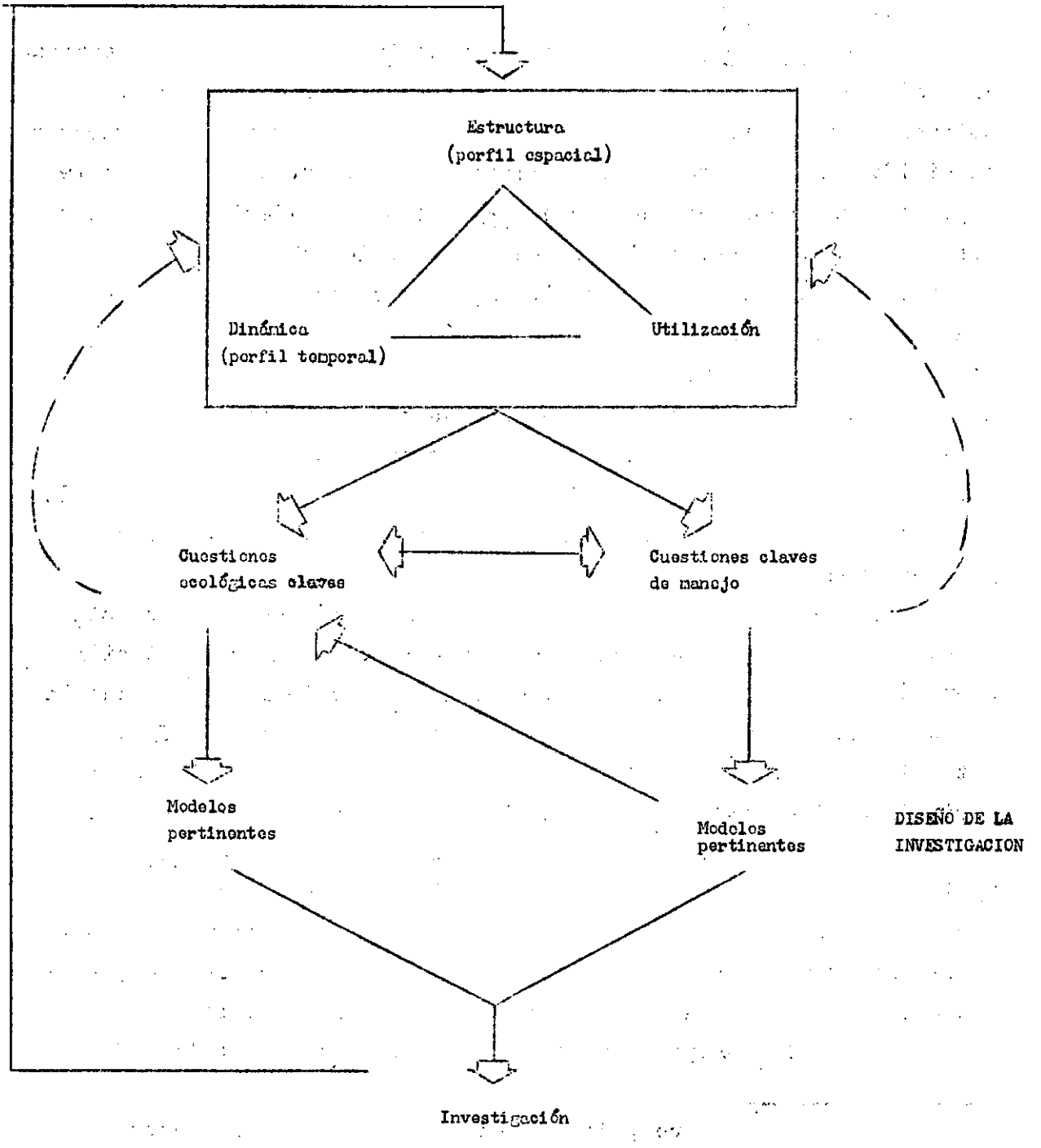
A fin de crear un marco para la formulación de estas cuestiones esenciales, este planteamiento intenta garantizar la presentación simultánea de temas ecológicos y de manejo durante la investigación, lo cual permite un contacto mutuamente creador de ideas. En una situación ideal, el procedimiento se lleva a cabo a través de una serie de seminarios con participantes de una gama de disciplinas pertinentes. El gráfico 2 muestra un esquema del procedimiento. Comienza definiendo los límites del sistema y luego hace una descripción estructural en la cual se relacionan en términos espaciales los componentes geológicos, topográficos, hidrológicos, y de flora y fauna, contando con la ayuda de perfiles espaciales. Luego se extiende a las propiedades dinámicas del sistema, utilizando

32/ B.H. Walter y otros, "A Procedure for Multidisciplinary Ecosystem Research with Reference to the South African Savanna Ecosystem Project", Journal of Applied Ecology, 1977 (en prensa).

/Gráfico 2

Gráfico 2

PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA EL ESTUDIO DE UN ECOSISTEMA



Fuente

Fuente: Walker y otros, op. cit.

/perfiles temporales

perfiles temporales para señalar las relaciones en el tiempo entre los diversos componentes y la influencia de las perturbaciones. Al mismo tiempo, se hace un análisis de cómo se utiliza actualmente el sistema, así como de los objetivos presentes y futuros del manejo.

El procedimiento no entrega una receta para definir cuestiones claves. Estas surgen de la experiencia y de la penetración de los participantes en el estudio, disciplinadas por la necesidad de acercarse ordenadamente a la decripción del estudio y estimuladas por la interacción que se produce en un grupo de seminario. En las etapas pertinentes, los participantes pueden decidir que el planteamiento de ciertas interrogantes puede hacerse más fácil mediante intentos parciales de construcción de matrices de efectos, de superposiciones de planificación física o del uso de otras técnicas.33/ Sin embargo, la mejor definición y formulación de las interrogantes dependerá en gran parte del conocimiento de las interrogantes planteadas en los respectivos estudios de casos. Una vez definidas las interrogantes, éstas sirven de base para el desarrollo de modelos matemáticos u otros que pueden recurrir a diagramas funcionales o a modelos analíticos, de insumo-producto, de simulación o de programación. Se supone que el estado de los conocimientos en este campo no permite que un solo modelo responda a todas las interrogantes, y que no existe una formulación ideal para cada una de ellas.

Finalmente, el procedimiento está hecho para ser iterativo. En cada etapa existe la libertad de volver a etapas previas y reexaminar temas y hechos, de modo de redefinir las interrogantes. El resultado final de cada estudio pueden ser proposiciones de investigación, o recomendaciones sobre diseño de proyectos o sobre políticas. Sin embargo, es importante que cada labor de estudio se vea como parte de una secuencia interrelacionada de tales labores. En los

---

33/ Véase por ejemplo el criterio llamado de "Mirada hacia afuera" (looking outward approach) analizado en "Ecological and Resilience Indicators for Management - Managing the Unknown: Methologies for Environmental Impact Assessment", R. Yorgue (Ed.) PR-4, Institute of Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver, abril de 1976.

/proyectos de

proyectos de recursos hídricos existe una secuencia típica de estudios de proyectos, desde factibilidad preliminar hasta revisión final. (Véase el gráfico 3.) A menudo, la secuencia termina en la etapa de diseño; sin embargo, incluso cuando la secuencia es más larga, los nuevos estudios tienden a limitar su campo. Con frecuencia los estudios posteriores se hacen en respuesta a problemas que se presentan, e inevitablemente se concentran en el respectivo campo. Sin embargo, parece importante que el procedimiento se aplique en los diversos niveles de la secuencia, a fin de mantener una visión amplia durante cada una de las etapas de la misma. Los estudios posteriores deben considerar especialmente los cambios en la definición de los límites del sistema, en sus rasgos espaciales y temporales y en sus modalidades de utilización.

3. Los problemas que presenta el planteamiento de las cuestiones ambientales 34/

a) Especificación del sistema

El problema de los límites del sistema que se va a evaluar surge tanto al comienzo como a intervalos frecuentes a lo largo del estudio.

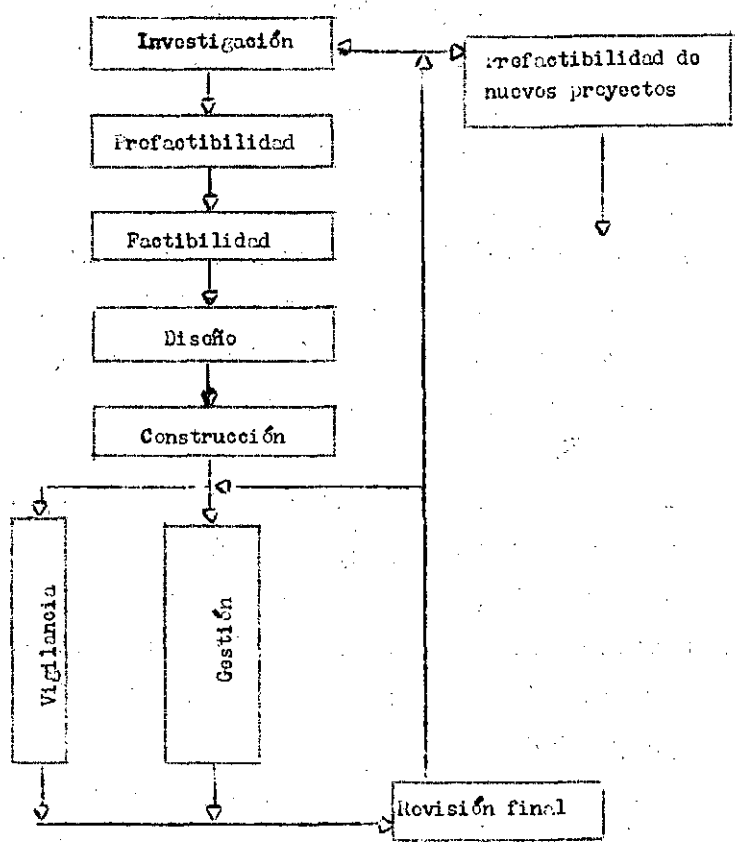
Desde el punto de vista material, uno de los límites definidos más claramente, aplicable de manera especial a los recursos hídricos, es la cuenca hidrográfica. Sin embargo, los proyectos que se centran en una sola cuenca a menudo tienen vinculaciones externas tales como trasvases entre cuencas y, por lo tanto, los estudios deben dirigirse al sistema más amplio. También hay que considerar la posibilidad de que haya vinculaciones más sutiles que no entrañen el paso directo de agua. Por ejemplo, puede suceder que en una nueva cuenca hidrográfica aparezcan enfermedades tales como la Onchocerciasis (oncocarciasis) sea por la migración de su agente, la mosca Simulium, o por el traslado de personas infectadas. La probabilidad de que aparezca la enfermedad aumentaría enormemente si la cuenca coincidiese con la localización de un proyecto que facilite la propagación de la mosca.

34/ Basado en Conway and O'Connell, op. cit.

/Gráfico 3

Gráfico 3

UNA SECUENCIA DE ESTUDIOS DE DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRICOS



/En lo

En lo que toca a las instituciones y a su respectiva jurisdicción, el problema radica en distinguir cuáles son los límites más importantes que reflejan su eficacia y su capacidad de adoptar aquellas decisiones que producen efectos de gestión más decisivos en los campos de interés para el medio ambiente. Por otra parte, no siempre es fácil determinar la línea divisoria entre los límites socioeconómicos establecidos por factores culturales y la zona de intercambio. Hay una serie de otros elementos, tales como las esferas de influencia, que pueden chocar con cualquier sistema y es preciso especificar sus límites. Para evaluar los problemas ambientales es fundamental definir cuidadosamente estos distintos límites. Uno de los métodos útiles para hacerlo es construir esquemas de límites simplificados basados en diagramas Venn, modificados, que indican claramente cuáles son los distintos límites geográficos y funcionales de los diversos elementos que influyen en el manejo de un determinado sistema de agua.

La etapa siguiente del análisis consiste en relacionar los componentes, tanto grandes como pequeños, dentro del sistema. La conexión puede ser sencilla, en forma de cadena, pero a menudo los efectos pueden transmitirse a través de múltiples caminos, formando un efecto de telaraña. Estos procesos de vinculación determinan en gran medida las propiedades del ecosistema y es importante comprender no sólo cómo funcionan sino hasta qué punto se ven afectados cuando se alteran una o más partes de un ecosistema. A menudo se produce un importante efecto ambiental porque una actividad como la construcció de una presa o la eliminación de contaminantes pone en movimiento una cadena o telaraña de sucesos cuyas consecuencias son de vastos alcances

Desde el punto de vista conceptual muchas de las vinculaciones importantes son sencillas y llevan envueltas una serie de etapas bien conocidas. Por ejemplo, la probabilidad de inundaciones es una función directa de la topografía, de la altura de la presa, del almacenamiento del embalse y de la distribución de las precipitaciones. Los modelos pertinentes son complejos pero han sido bien estudiados y a menudo pueden obtenerse buenas distribuciones de las probabilidades

/Sin embargo,

Sin embargo, los caminos que describen algunas de las consecuencias de las inundaciones (o falta de ellas) son menos conocidos y a menudo complejas. Por ejemplo, al evaluar el valor y los efectos de las obras de prevención de crecidas es importante comprender y cuantificar las innumerables formas en que el sector público, el privado y los particulares pueden adaptarse a las crecidas que normalmente se producen en una llanura aluvial.35/ La construcción de obras de protección parcial contra las crecidas puede llevar a abandonar las formas de adaptación, con desastrosas consecuencias en el caso poco probable de que se produzcan crecidas. En tal circunstancia, la predicción de los efectos contiene un elemento de incertidumbre mucho mayor. Las consecuencias que lleva consigo la modificación del régimen de crecidas en los nutrientes de la tierra y del agua y en la fauna plantean problemas análogos. Es importante preguntarse en qué medida las aguas de las crecidas proporcionan los nutrientes necesarios para los cultivos tradicionales y hasta qué punto se ve afectada la reproducción de los peces de aguas litorales y ríos. Cuando la corriente es baja en la desembocadura de los ríos, sea por la prevención expresa de las crecidas o por la extracción de agua para usos urbanos y agrícolas, a menudo se produce una intrusión de agua salada que afecta a la producción de peces y a las capas acuíferas de las que se obtiene agua potable.

Los contaminantes conducidos a través del agua a menudo causan efectos que pueden medirse en forma fácil y directa, de manera que las consecuencias eventuales pueden predecirse con bastante seguridad. La descomposición de materias orgánicas, por ejemplo, de las aguas servidas en los ríos hace bajar el nivel del oxígeno disuelto, lo que está intimamente relacionado con la existencia de peces, puesto que si tal nivel es bajo los peces mueren. Hay una correlación análoga entre la propagación de los peces y la temperatura del agua. Por lo

35/ Véase G.F. White (Ed.), "National Hazards Research: Concepts, Methods and Policy Implications", en: Natural Hazards: Local, National and Global, Oxford University Press, Londres, 1974, pp. 3 a 16.

/tanto, es

tanto, es relativamente sencillo fijar normas ambientales para tales parámetros.36/ Sin embargo, el cuadro puede complicarse por la existencia de efectos sinérgicos entre los distintos contaminantes. El agua caliente efluente de las industrias puede coincidir con la efluente de la eliminación de aguas servidas urbanas y los niveles de oxígeno previstos serán una función más compleja de ambos factores. Algunos contaminantes tales como los pesticidas o las materias radioactivas pueden avanzar por caminos más complejos y concentrarse a lo largo de una cadena de alimentación de organismos acuáticos y causar un efecto final distante en el tiempo o en el espacio del punto en que se incorporan al sistema de aguas.

Sin embargo, cabe destacar que hay que demostrar los efectos nocivos en cadena de los contaminantes en cada situación analizada. Por ejemplo, en el caso de los contaminantes radioactivos el método utilizado en el Reino Unido consiste en identificar y vigilar de cerca el componente del medio ambiente más sensible al contaminante, o que corre mayor peligro.37/ La evaluación de los posibles efectos de tales componentes parece ofrecer una base inicial más realista para determinar el valor del tratamiento de las descargas urbana e industria que recurrir a un conjunto de normas ambientales foráneas.

Aparte de la experiencia obtenida de otros estudios, hay varias técnicas que pueden utilizarse para identificar los posibles efectos en cadena. La construcción de perfiles espaciales y temporales y de diagramas de corriente por un grupo formado por distintos especialistas puede ser útil, siempre que el estudio proceda luego a analizar la probable forma funcional de las relaciones. Teóricamente, el "análisis

---

36/ Véase "Environmental Assessment Guidelines Manual", op. cit.

37/ Royal Commission on Environmental Pollution, Sexto informe, "Nuclear Power and the Environment", Comisión 6618, HMSO, Londres, 1976.

/iterativo" es

iterativo" es de gran utilidad para predecir los efectos cualitativos.38/ El "bucle" describe los "efectos circulares" entre los componentes de un sistema en función de sus acciones recíprocas positivas o negativas. Utilizando álgebra matricial sencilla el análisis indica la modificación cualitativa que experimenta el sistema cuando se ha alterado un solo componente. Sin embargo, en la práctica, la técnica no ha sido probada

Una vez percibidos, los efectos en cadena, pueden comprenderse mejor utilizando modelos de simulación o de funciones de transferencia basados, por ejemplo, en los modelos existentes de redes tróficas (efectos contaminantes), dinámica de las comunidades acuáticas (crecidas y producción de peces) o localización industrial, aspectos demográficos y habilitación de tierras (riego y crecimiento urbano).

b) El problema de la flexibilidad

En los distintos efectos en cadena antes descritos el proceso es relativamente gradual, aunque normalmente tiende a acelerarse hacia el término de la cadena. Como se dijo, tales efectos pueden tratarse mediante una serie de técnicas de manejo adaptables, como la programación dinámica, siempre que se establezca desde el comienzo un sistema adecuado de vigilancia. Sin embargo, se han registrado muchos casos, y otros son teóricamente factibles, en que los efectos en los ecosistemas se traducen en cambios que en muchos sentidos son irreversibles.

El fenómeno presenta una serie de ángulos diferentes. Ante todo, hay que considerar la pérdida de recursos potencialmente valiosos que se producen invariablemente como consecuencia de los proyectos de desarrollo. Esta pérdida puede ser deliberada, en el sentido de que es una consecuencia obvia del desarrollo y se acepta tácitamente, o bien fortuita. Los ejemplos van desde la destrucción de ecosistemas completos por la construcción de un embalse hasta

38/ R. Levins, "Evolution in Communities Near Equilibrium", en Ecology and Evolution of Communities, M.L. Cody y J.M. Diamond (Eds.), Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1976, pp. 16 a 50.

/la pérdida

la pérdida de especies vegetales escasas como consecuencia de los efectos combinados del riego, de la agricultura y del desarrollo industrial. Basándose en el criterio de la utilidad actual es posible que estas pérdidas resulten aceptables, pero los valores futuros pueden cambiar y las innovaciones tecnológicas pueden dar lugar a la demanda de recursos que actualmente no se utilizan.

Quizá sea posible preservar las especies en jardines zoológicos o botánicos, pero su composición genética puede variar a través de la pérdida de valiosos factores de adaptación. En general, se justifica establecer reservas de los habitat naturales. Abocados al desarrollo general resulta imposible preservar todas las especies, pero la teoría ecológica moderna ofrece una base para estimar el tamaño que deben tener las reservas para fines determinados. Dicho con más precisión hay modelos matemáticos que relacionan el procentaje de especies conservadas con el tamaño de la reserva.39/

Una cuestión más fundamental es la flexibilidad a los cambios que poseen los ecosistemas.40/

Usualmente se parte de la base, al menos en el análisis y toma de decisiones formales, que los ecosistemas naturales o el medio ambiente humano se caracteriza por una amplia estabilidad o una tendencia ascendente, medida sobre la base de la productividad y que el sistema, después de ser alterado, rebotará. No obstante, la experiencia histórica ofrece amplias pruebas de que los sistemas pueden romperse y volver á formarse en un esquema muy diferente pero estable, que por una u otra razón es poco deseable. La flexibilidad mide la tendencia a cambiar de un estado a otro y la posibilidad de que el proceso se invierta, como ilustra el gráfico 4. Las alteraciones que se traducen en modificaciones de los parámetros X e Y a través de la línea divisoria pq hacen que el sistema varíe de A a B.

39/ Véase J.M. Diamond y R.M. May, "Island Biogeography and the Design of Natural Reserves", en: Theoretical Ecology: Principles and Applications, R.M. May (Ed.), Saunders, Filadelfia, 1976, pp. 163 a 186.

40/ Véase C.S. Holling, "Resilience and Stability of Ecological Systems", American Review of Ecological Systems, Nº 4, 1973, pp. 1 a 24.

/Gráfico 4

Gráfico 4

CAPACIDAD DE RECUPERACION DE UN SISTEMA CON DOS CAMPOS DE ATRACCION EN FUNCION DE DOS PARAMETROS. LAS PERTURBACIONES QUE PRODUCEN ALTERACIONES EN LOS PARAMETROS A TRAVES DE LA LINEA DIVISORIA HACEN QUE EL SISTEMA CAMBIE DE UN ESTADO A OTRO

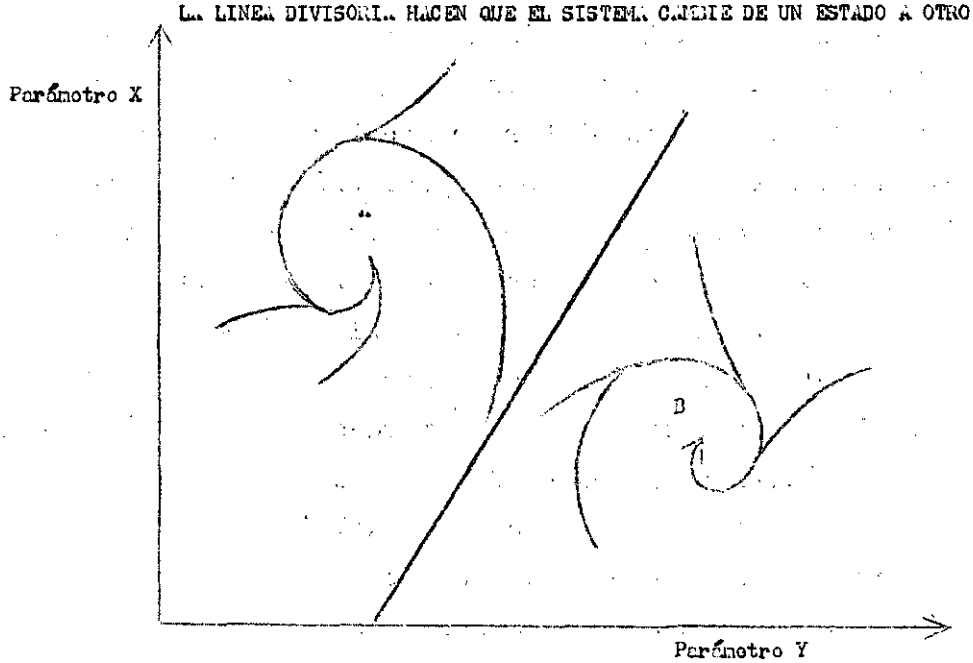
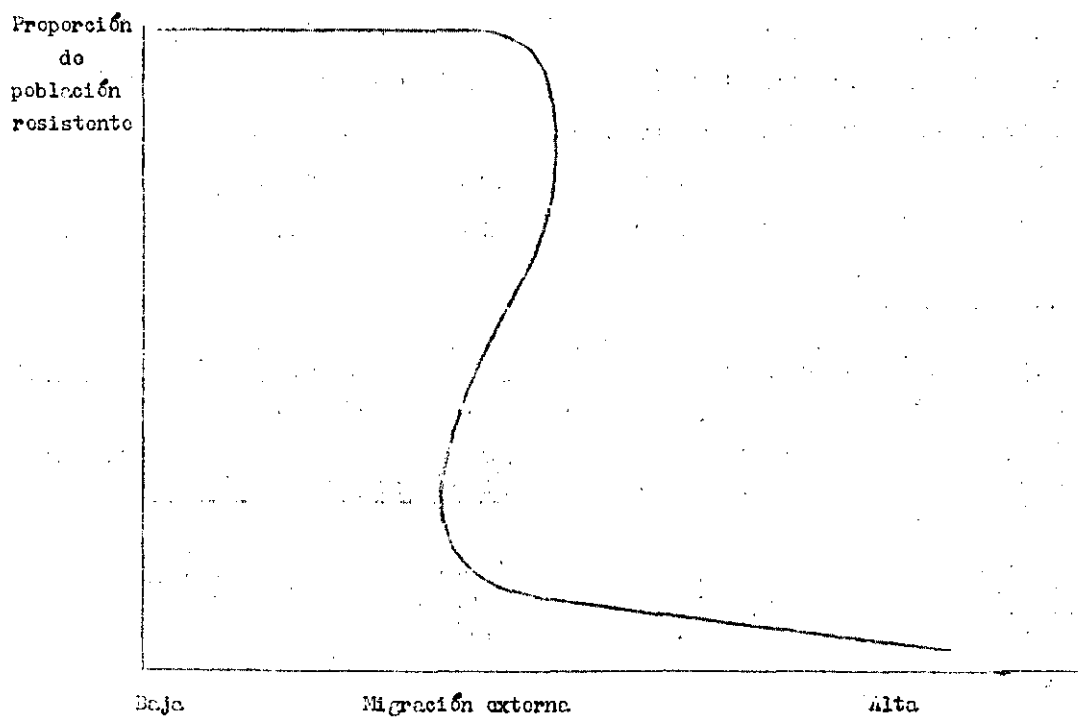


Gráfico 5

EFECTO DE LA ANTERIOR MIGRACIÓN DE PLAGAS EXTERNAS SOBRE EL DESARROLLO DE RESISTENCIA A LOS PLAGUICIDAS EN UN AREA FUMIGADA



/Los modelos

Los modelos relativos a los fenómenos de flexibilidad en ecosistemas completos sólo se encuentran en sus primeras etapas de desarrollo. No obstante, se han elaborado modelos matemáticos analíticos para una serie de fenómenos de población tales como las epidemias de plagas forestales 41/ la esquistosomiasis y la resistencia a los pesticidas 42/ que parecen describir de manera realista la transición repentina de un estado a otro. El fenómeno general se ha descrito bajo el título de teoría de los desastres.43/ El gráfico 5 ilustra la resistencia a los pesticidas como función de la migración de plagas. Esta relación puede utilizarse para predecir qué tasa de migración de la plaga desde fuera del área fumigada hay que tolerar para impedir que se origine resistencia.

El desafío que plantea el análisis de los efectos ambientales es que trata de predecir tales cambios radicales. La experiencia recogida de los estudios de casos es una ayuda poderosa pero limitada. Por lo tanto, resulta decisivo que los estudios para nuevos proyectos investiguen la forma que revisten las relaciones entre los distintos componentes del medio ambiente con el expreso objeto de revelar aquellas modificaciones producidas en el curso del desarrollo que pueden traducirse en cambios catastróficos. Por desgracia, hasta ahora los modelos de simulación no han sido de especial utilidad para revelar tal irreversibilidad y, en general, el conocimiento de los fenómenos ha emanado de otros modelos analíticos.44/ Aunque tales modelos simplifican enormemente las relaciones, a menudo logran

---

41/ Véase C.S. Holling, D.D. Jones y W.C. Clark, "Ecological Policy Design: Lessons from a Study of Forest-Pest Management", Institute of Resource Ecology, UBC, Vancouver, 1976.

42/ H. Comins, "The Development of Insecticide Resistence in the Presence of Migration", Journal of Theoretical Biology, 1977, (en prensa).

43/ R. Thom, "Topological Models in Biology", en Towards a Theoretical Ecology, C.H. Waddington (Ed.), Edinburgh University Press, 1972, pp. 89 a 116.

44/ Véase May, op. cit.

/captar la

captar la dinámica fundamental y, por lo tanto, pueden dar una idea de lo que puede suceder si se altera el sistema.

Pese a que un nuevo estudio del proyecto puede predecir con exactitud una serie de estos fenómenos, lo más probable es que exista una marcada irreversibilidad, por grandes que sean los conocimientos del equipo de estudio y por muchas que sean las disciplinas que abarque. Se sostiene que el problema se agrava por la tendencia a que las decisiones de políticas o diseño que son erradas desde el la partida den lugar a nuevas decisiones erradas cuando surgen problemas críticos.45/ Una vez embarcados en el camino equivocado es posible que los esfuerzos por paliar la situación aparten aún más el proceso de su objetivo original. Existe una exclusión de opciones que emana en parte de la renuencia a reconocer los errores. La tendencia a que las características físicas y biológicas del sistema sean irreversibles puede ir aparejada a una tendencia análoga de las opciones de política y diseño.

Al evaluar la potencialidad y las probabilidades de que las consecuencias sean irreversibles hay que preguntarse si disminuirían mucho los efectos inmediatos y remotos si el proyecto de desarrollo fuera más pequeño o si se efectuara por etapas a través de un plazo más largo. Los grandes proyectos a menudo producen economías monetarias de escala, pero la experiencia indica que por lo general éstas van acompañadas de deseconomías igualmente logarítmicas en lo que toca a los efectos ambientales.

La hipótesis implícita en el análisis anterior de los efectos en cadena y de la irreversibilidad es que la función del análisis es evaluar con exactitud los efectos ambientales que han de producirse. Sin embargo, puede argumentarse con razón que es más provechoso considerar un ecosistema o conjunto de ecosistemas y las instituciones

---

45/ C.J. Walters, "Foreclosure of Options in Sequential Resource Development Decisions", IIASA, Research Report Nº RR-75-12, Laxemburg, 1975.

/relacionadas con

relacionadas con su utilización y buscar a partir de una amplia gama de opciones, algunas de las cuales pueden ser bastante novedosas, un camino de desarrollo que asegure la supervivencia y contemple respuestas flexibles en el futuro y maximice la utilidad actual.46/ Un enfoque de esta naturaleza no concibe al medio ambiente como un estorbo que hay que tener en cuenta sino como un recurso que se puede utilizar, ampliar y enriquecer.47/ Obviamente esto conduce a un conjunto de preguntas claves. Por lo general, tales enfoques optativos se evalúan en función de su posible costo económico inferior pero además son atractivas porque crean un camino futuro de desarrollo en que hay menos probabilidades de tener que renunciar a opciones.

46/ Véase G.A. Norton, "Towards a Concept of Strategic Resource Planning", International Journal of Environmental Studies, Nº 4, 1973, pp. 189 a 199.

47/ Véase E.P. Odum y H.T. Odum, "Natural Areas as Necessary Components of Man's Total Environment", Actas de la 37ª Conferencia sobre la Vida Silvestre y los Recursos Naturales en América del Norte, 1972, pp. 178 a 189.

/4. La

4. La aplicación de criterios ambientales al manejo de los recursos hídricos

a) El marco económico

La economía de los recursos procura comprender la distribución del uso de los recursos en el tiempo en función de la relación entre los procesos de producción técnica, las motivaciones individuales y las instituciones que circunscriben el comportamiento social y económico; evaluar las fuerzas económicas que tienden a modificar esta distribución y evaluar los criterios con arreglo a los cuales se estima que las modalidades de utilización de los recursos son mejores (u óptimas) desde el punto de vista privado y social. Los recursos naturales poseen propiedades especiales - posibilidad de renovarse, de agotarse, de reproducirse, de recuperarse de manera natural o artificial - que indican un interés especial por las existencias y la conservación (como parte de un proceso global de acumulación de capital o de conservación del capital) como base de una corriente permanente de servicios productivos. En el manejo de estos recursos, el contar con plazos muy largos reviste mucho más importancia que en la mayoría de los demás sectores económicos. Además, muchos recursos poseen las características de propiedad común, lo que entraña dispositivos institucionales especiales para regular su uso.

En términos económicos, puede considerarse que el medio ambiente es un activo no susceptible de reproducción que le ofrece al hombre una corriente de servicios. Estos servicios pueden ser de dos clases: i) los que diseminan, almacenan o asimilan residuos del proceso de producción y consumo; ii) los que proporcionan insumos materiales, sirven para mantener la vida y ofrecen esparcimiento. De esta manera, una vez más desde el punto de vista económico, la calidad del medio ambiente puede definirse como la corriente y composición de los servicios ambientales de la segunda clase - aquellos que no consisten en la recepción de desechos - y medirse de acuerdo con el valor que les asigna la sociedad. Hay daño ambiental si la corriente de estos servicios se ve menoscabada por una mala administración, por ejemplo, si se extraen demasiadas materias primas o se elimina un exceso de residuos.

/Para evaluar

Para evaluar la eficiencia con que se manejan los recursos y el daño ocasionado al medio ambiente hay que asignar valores sociales o personales a la corriente de beneficios que se obtiene de estos servicios, no obstante que muchos de ellos no pasen por el mercado. El grado de daño se mide por la reducción que experimente la corriente de servicios por el manejo inapropiado de los recursos o de los residuos. En el caso de los servicios de los recursos hídricos y conexos, que no consisten en la recepción de residuos, el análisis económico se centra en la definición de la gama de costos y beneficios externos y en elementos relacionados con el tiempo, tales como las fluctuaciones de las existencias de recursos, la tasa de descuento, la incertidumbre y la corriente de insumos y productos.48/

Uno de los marcos económicos elaborados para analizar la calidad del medio ambiente en función del manejo de los residuos comienza por desagregar el producto total (W) en: consumo, gastos e inversiones del gobierno (N) y los servicios ambientales netos (E), de manera que $W = N + E$.49/

Si no hubiese daño al medio ambiente el valor de E sería igual a los servicios ambientales brutos; como consecuencia de él, hay que descontar la corriente de servicios ambientales por el perjuicio ocasionado sea directamente o a través de la eliminación de residuos. Esta relación puede representarse introduciendo E^* igual a los servicios ambientales brutos. La disminución del valor de los servicios ambientales (D) que se produce como consecuencia del daño ambiental es igual a la diferencia $E^* - E$. Sin embargo, si se adoptan medidas para reducir (D), hay que destinar a ello algunos bienes y servicios. Si N^* es igual al valor de los bienes y servicios que se producirían

---

48/ Véase D.R. Helliwell, "Discount Rates and Environmental Conservation", Environmental Conservation, vol. 2, Nº 3, 1975.

49/ R.H. Havemann, "On Estimating Environmental Damage: A survey of recent research in the United States", en OCDE, Environmental Damage Costs, París, 1974, pp. 101 a 135.

/si no

si no hubiese protección ambiental y T es igual al valor de los recursos absorbidos por las actividades de protección del medio ambiente, el valor neto de los bienes y servicios producidos es igual a $N^{*} - T$, de manera que,

$$W = (N^{*} - T) + (E^{*} - D)$$

$$\text{o bien } W = (N^{*} + E^{*}) - (T + D)$$

La suma (T + D) es el costo total del daño al medio ambiente y constituye una disminución real del bienestar económico. De esta manera, el nivel óptimo de bienestar económico se logra minimizando (T + D). El punto se alcanza cuando el aumento marginal de los costos de la protección ambiental es igual a la reducción marginal del daño al medio ambiente, es decir, $\triangle T = \triangle D$.

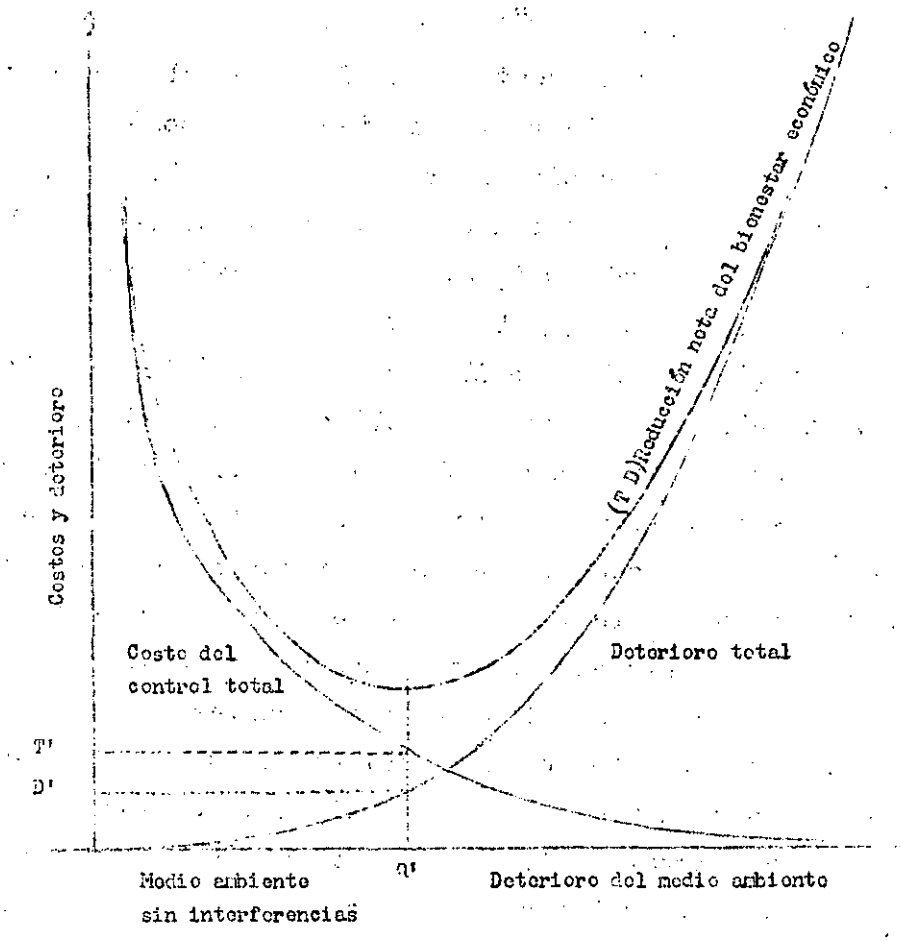
Esta relación sencilla se ilustra en el gráfico 6. La función del daño (D) se eleva a medida que declina la calidad del medio ambiente. El costo de la función de control (T) aumenta a medida que sube el nivel de la calidad ambiental. El costo total (D + T) en función del bienestar económico a que se renuncia para conservar la calidad del medio ambiente y de la pérdida ocasionada a través de la calidad del medio ambiente se representa por la suma de las ordenadas correspondientes a las otras dos curvas. El nivel óptimo de calidad del medio ambiente se encuentra en el punto Q' en que los costos o pérdidas se minimizan, con un nivel de costos de protección T' y un nivel de daño igual a D'. En una situación de desarrollo dinámico, cambiaría la relación en que se encuentran T y D respecto de W, y lo mismo sucedería con las funciones del costo y del daño. Además, como se modifica la modalidad de producción, cambiaría la relación entre las funciones.

El marco analítico descrito en el gráfico 6 también puede aplicarse a las cuestiones de calidad del medio ambiente no relacionadas con los residuos. En este caso el eje horizontal podría representar pérdida de tierra o reducción de las biomasas, en lugar de concentración de residuos. La función del daño sigue siendo la medida de la pérdida de servicios ambientales. La función del costo refleja la creciente

/Gráfico 6

Gráfico 6

CALIDAD OPTIMA DEL MEDIO AMBIENTE



Fuente: Adaptación de H. Hanemann, "On Estimating Environmental Damage"; A Survey of Recent Research in the United States, en OECD. Environmental Damage Costs, París, 1974, pag. 110

/desviación de

desviación de recursos para proteger el medio ambiente (por ejemplo, educación, vigilancia, o medidas directas de conservación de los recursos) a fin de que los servicios ambientales que se desean se mantengan en un nivel alto. Uno de los problemas fundamentales es la estructura de los servicios ambientales deseados en relación con la tecnología, el producto y la distribución espacial de la actividad, que también entrañan cuestiones éticas relativas al bienestar social y a la distribución.

Además se han adaptado las técnicas de insumo-producto, a fin de incorporar insumos y productos tradicionalmente considerados como deseconomías, es decir, efectos secundarios poco deseables de la actividad económica e insumos naturales valiosos, pero que no se han pagado. La especificación de los coeficientes técnicos (insumo físico por unidad de producto o producto secundario por unidad de producto) permite evaluar con exactitud las transacciones "extra-mercado" entre el medio ambiente y el sistema económico que, a través de la interdependencia de los sectores, permite vincular los cambios de la calidad del medio ambiente con aquellos que tienen lugar en la demanda final de bienes y servicios específicos o con los cambios en la estructura técnica de un sector.50/

Es axiomático que el desarrollo y el manejo del medio ambiente entrañan la elección de una opción al distribuir los recursos de modo de alcanzar objetivos múltiples. Uno de estos objetivos es la preservación de un determinado nivel de calidad del medio ambiente. El problema radica en determinar qué nivel, dadas las demás exigencias de la sociedad. Esto puede examinarse dentro del marco del análisis de los beneficios. Desde el punto de vista conceptual, para la toma de

---

50/ Véase W. Leontief, "Environmental Repercussions of the Economic Structure: An Input-Output Approach", The Review of Economics and Statistics, vol. LII, Nº 3, agosto de 1970, pp. 262 a 271; W. Izard y R. Van Zele, "Practical Regional Science Analysis for Environmental Management", International Regional Science Review, vol. 1, Nº 1, 1975, pp. 1 a 24; y T.R. Lee y P.D. Fenwich, "The Environmental Matrix: Input-Output Techniques Applied to Pollution Problems in Ontario", Water Resources Bulletin, vol. 9, Nº 1, febrero de 1973, pp. 25 a 33.

/decisiones del

decisiones del sector público en materia de calidad del medio ambiente pueden aplicarse tres criterios relativos a la eficiencia - la utilidad social, la productividad física y el PIB - 51/ que se indican en el gráfico 7. En el gráfico 7A si una economía opera en el punto A, el traslado a cualquier punto situado entre u y v en la curva de posibilidades de utilidad resultará más eficiente desde el punto de vista social. Por definición, una economía que se encuentre en A es ineficiente puesto que si se combinan en otra forma los recursos podrían aumentar ambas clases de utilidad. El traslado a cualquier punto de la curva situado entre B y C constituirá una solución eficiente en el sentido atribuido por Pareto puesto que aumenta el bienestar total sin posibilidades de que disminuya el bienestar de ningún grupo de la sociedad.52/ El traslado al punto D es óptimo en el sentido de que es el punto de tangencia con la curva más alta de indiferencia social, a lo largo de la cual el valor de la función del bienestar social global es constante. Este óptimo sólo es relativo a una determinada distribución del ingreso. En América Latina se han sostenido argumentos de peso en favor de la redistribución del ingreso. Cuando una distribución determinada no satisface los estándares de la sociedad, el valor que resulta óptimo de acuerdo con la teoría de Pareto no es el máximo de bienestar. En estos casos, se puede seguir una política de desarrollo deliberada que reduzca el bienestar de algunos grupos de la sociedad. Teóricamente, esto se reflejaría en curvas de indiferencia social de configuración diferente que tendrían puntos de tangencia con la frontera de posibilidades de utilidad situados fuera del margen paretiano óptimo BC. Las relaciones anteriores sólo tienen valor en la medida en que esclarezcan

---

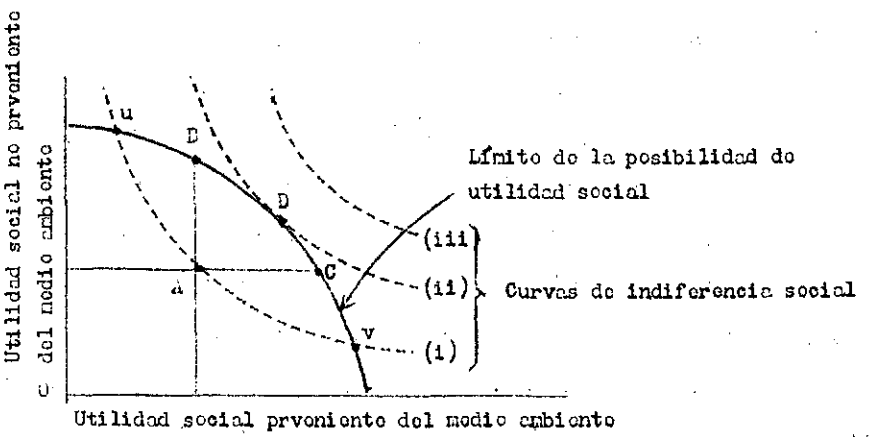
51/ "Economics of the Environment", Eds. R. Dorfman y N.S. Dorfman, W.W. Norton and Co., Nueva York, 1972, pp. xix a xxxiii.

52/ En el valle del Rin, donde inevitablemente se producen conflictos, se han aplicado al problema del control de la contaminación normas sobre la toma de decisiones que de acuerdo con la teoría de Pareto resultarían aceptables. El modelo se utiliza para generar un conjunto de resultados aceptables de acuerdo con Pareto en que las limitaciones políticas, económicas y técnicas menoscaban las opciones factibles. Estas opciones se introducen en el proceso de toma de decisiones. Véase: Gross y Ostrom, op. cit.

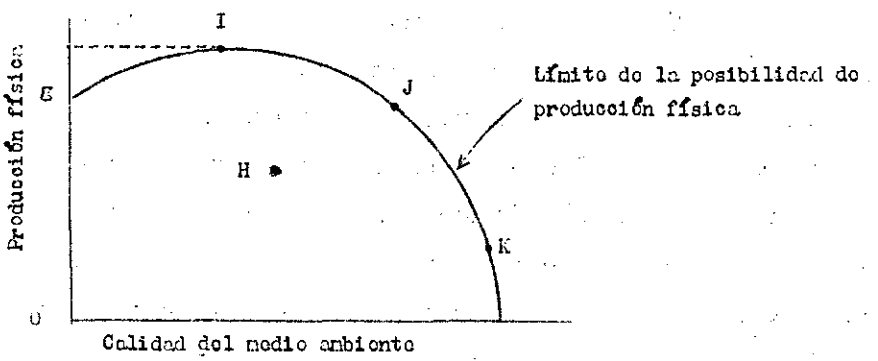
/Gráfico 7

Gráfico 7

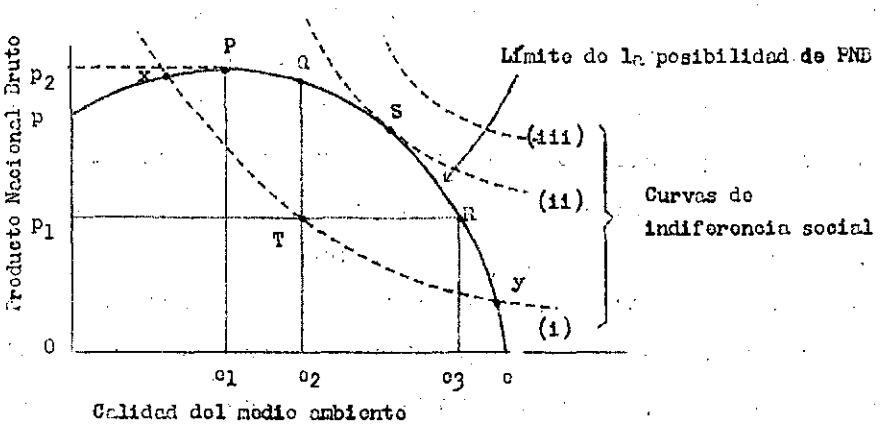
A: LIMITE DE LA POSIBILIDAD DE UTILIDAD SOCIAL



B: LIMITE DE LA POSIBILIDAD DE PRODUCCION FISICA



C: LIMITE DE LA POSIBILIDAD DE PRODUCTO NACIONAL BRUTO



Fuente: Adaptación de R. and N.S. Dorfman, Economics of the Environment W.W. Norton & Co. N.Y. 1972. Op. cit, pp XXI - XXV, and J.L. Cohon and D.H. Marks (eds) "Multiple Screening Models and Water Resource Investment" Water Resources Research, vol. 9, Nº 4, agosto de 1973, p. 827

/los problemas

los problemas conceptuales - no tienen aplicación práctica para la toma de decisiones puesto que no se cuenta con una medida significativa para la función de bienestar social y la utilidad social global, o sus componentes ambientales o de otra naturaleza.

El gráfico 7B indica la relación entre la producción física de bienes y servicios y la calidad del medio ambiente. A lo largo del margen de posibilidades de producción gI, la producción total aumenta a medida que mejora la calidad del medio ambiente, y a partir de entonces la producción declina a la par que mejora la calidad el medio ambiente. Una economía que opere en el punto H será más eficiente en cualquier punto situado en la curva Ie. Sin embargo, no hay razones para concluir que un punto como J o K sea más eficiente que cualquier otro, y además existe el problema de encontrar una unidad de medida para una producción heterogénea.

El gráfico 7C indica la misma relación que el gráfico 7B, en que el producto se expresa en términos monetarios como PIB. La forma de las curvas de indiferencia social supuestas, indica que una economía que opere de manera ineficiente en el punto T debería tratar de trasladarse a algún punto situado entre x e y en la frontera de posibilidades del PIB. Pese a que este planteamiento del problema es superior a los otros dos por cuanto se conoce al menos una variable (PIB), nada se sabe sobre la forma de la curva de transformación PIB - calidad del medio ambiente pe. Además, tampoco hay indicación del punto en que opera realmente la economía. Gran parte de la discusión sobre el manejo del medio ambiente entraña que, en general, las economías operan en algún punto situado en el área bajo pP. En este caso, el mejoramiento de calidad del medio ambiente se convierte en requisito previo para aumentar el PIB. La consecuencia alternativa es que las economías operan en el área situada bajo Pe. Si la economía funciona bajo T la persona encargada de administrar el medio ambiente debe al menos procurar que la calidad de éste mejore hasta alcanzar el punto e_1. Si la economía opera en T el problema decisivo al seleccionar los proyectos de desarrollo es la ponderación relativa que se asigna a trasladar el PIB de P_1 a P_2 frente a mejorar

/la calidad

la calidad del medio ambiente de e_2 hacia e. Los recursos pueden distribuirse de manera más eficiente por un traslado en cualquiera de las tres direcciones siguientes: i) hacia el segmento xQ aumentando el PIB a expensas de la calidad del medio ambiente; ii) hacia el segmento Ry aumentando la calidad del medio ambiente a expensas de la reducción del PIB y iii) hacia el segmento QR, en que aumentan ambos.

El empleo del PIB como indicador del desarrollo social y económico se critica justificadamente por una serie de motivos. Sin embargo, cuando lo que interesa es evaluar los proyectos de desarrollo y sus efectos en el medio ambiente puede estimarse que el incremento esperado del PIB (beneficio) que emana de un proyecto es un elemento de la decisión puesto que proporciona un índice para comparar las opciones.

Los economistas han centrado la atención en la forma de eliminar la diferencia entre los costos marginales privados y sociales, con lo que se eliminarían o reducirían los efectos perjudiciales de la actividad humana en el medio ambiente. Lamentablemente no se han ideado medios apropiados para internalizar la totalidad de tales costos sociales.53/ Los principales obstáculos que impiden resolver el problema son las dificultades administrativas para manejar la situación, la falta de información sobre la naturaleza y magnitud de las repercusiones ambientales de muchas actividades y lo difícil que resulta evaluar las preferencias reales de la sociedad.

La dificultad radica en la forma de utilizar los conceptos anteriores como punto de partida para elaborar una política sobre la calidad del medio ambiente, es decir, realizar una estimación empírica de las funciones de los costos y del daño. Los problemas que plantea el llevar a cabo esta clase de estimación son enormes, ya que obviamente la relación entre las actividades de producción-consumo, y las posibilidades de protección y el deterioro del medio ambiente es sumamente compleja. En el mejor de los casos, sólo puede

---

53/ Véase D.W. Peters y S.G. Stumey "Private and social costs and benefits: A Note on Terminology", The Economic Journal, vol. 76, marzo de 1966, pp. 152 a 158.

/esperarse lograr

esperarse lograr una estimación limitada de funciones parciales. Pese a sus limitaciones, este enfoque permite determinar cuáles son los principales componentes del problema como base para considerar la posibilidad de aplicar estrategias optativas.

El obstáculo más importante que se confronta cuando se procura aplicar los conceptos sería su naturaleza manifiestamente aleatoria debida a lo difícil que resulta obtener conocimientos acerca del futuro. Toda medida que se adopte en relación con el manejo del medio ambiente debe basarse en la experiencia previa. Lamentablemente, la experiencia histórica es sólo una guía imperfecta respecto de lo que sucedería en el futuro y por lo tanto, es posible que las medidas que se adopten para proteger el medio ambiente sean insuficientes o indebidamente restrictivas. Además, la constante variación de las funciones debido a la naturaleza dinámica del mundo real haría imposible alcanzar el punto óptimo; puede que las decisiones adoptadas en un momento determinado comprometan recursos que a mayor plazo produzcan baja rentabilidad.

b) Criterios optativos

Las dificultades antes bosquejadas se han traducido en una controversia sobre el manejo del medio ambiente que se centra en la obsolescencia o quiebre del mecanismo de mercado como instrumento de política pública, o como ayuda para la toma de decisiones del sector público, en la búsqueda de eficiencia en la distribución de los recursos, la preservación a largo plazo de la calidad del medio ambiente y la distribución equitativa de los frutos del proceso económico. Koenig, Cooper y Falvey expresan que "en principio ... la economía de mercado ... no puede funcionar como mecanismo de regulación para administrar el desarrollo y el funcionamiento de nuestro sistema de mantener la vida en el marco de un ambiente restrictivo ... las fuerzas económicas influyentes y dominantes deben ser supeditadas por otros instrumentos de administración social".54/

54/ H.E Koenig, W.E. Cooper y J.M. Falvey, "Engineering for Ecological, Sociological and Economic Compability", Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc. (IEEE), Transactions on Systems Management and Cybernetics, SMC-2, julio de 1972, p. 331. Véase además, Ignacy Sachs "Environmental Quality Management and Development Planning: Some Suggestions for Action" en Development and Environment, Mouton, París, 1972, pp. 130 a 131; y Nicholas Georgescu-Roegen "Energy and Economic Myths", Ecologist, vol. 5, Nº 5, junio de 1975, pp. 164 a 174, y vol. 5, Nº 7, agosto de 1975, pp. 242 a 252. /Las dos

Las dos principales objeciones que se formulan son: primero, que la estructura del mercado, que determina la relación de intercambio y los precios internacionales de productos básicos, no refleja adecuadamente las metas sociales de largo plazo para el uso de los recursos, la producción, la tecnología, las modalidades de consumo y la distribución internacional del consumo.55/ Además, aceptar la estructura de precios dominantes, sea intranacional o internacional, entraña aceptar el status quo, en circunstancias que lo que implícitamente deja establecido la preocupación por la calidad del medio ambiente es que las actuales modalidades de producción y consumo son dispendiosas, perjudiciales para la productividad a largo plazo del sistema de mantener la vida y socialmente inequitativas.

Segundo, el mercado sencillamente no determina la utilización eficiente de los bienes públicos (aquellos cuyo consumo por una persona no reduce la cantidad disponible para el consumo de otros) o los recursos de propiedad común (aquellos cuyos derechos de uso, por razones materiales o institucionales deben ser colectivos más bien que individuales).

Hasta ahora, los modelos económicos han acusado la tendencia a atribuir un valor cero a los servicios ambientales debido a que es difícil si no imposible reducir a términos monetarios el intercambio de elementos materiales y energía con el medio ambiente. Además, aun en los casos en que el precio de los recursos naturales se determina en el mercado y partiendo de la base de que se corrijan los inconvenientes antes señalados de éste, ese precio prácticamente hará caso omiso de las necesidades de las generaciones futuras. Los precios fijados por la actual generación de abastecedores y consumidores se basan en la expectativa de que la capacidad del sistema natural de suministrar insumos y absorber los desechos no se verá afectada por el aumento sostenido de la población y de la actividad económica. No hay una base racional para fijar un precio que conservaría los

---

55/ "Medio Ambiente y Desarrollo", op. cit., p. 8.

/recursos para

recursos para beneficio de las generaciones futuras.56/ De esta manera, el mecanismo del mercado, como instrumento para distribuir los recursos, es incapaz de tener presente que, en definitiva, el consumo material de la sociedad está limitado por la disponibilidad de servicios ambientales - particularmente de energía.

Si se estima que el sistema de mercado no está en condiciones de distribuir los recursos para mantener o mejorar la calidad del medio ambiente de acuerdo con los deseos de la sociedad, hay que poner en juego la alternativa de la regulación, en que las decisiones relativas a la distribución de los recursos se adoptan sin considerar los precios del mercado y en que se aplican instrumentos sociales de control (económicos, políticos y legales) para asegurar que la administración del desarrollo es deseable desde el punto de vista social y ecológicamente compatible con el medio ambiente. Una de las preguntas básicas que cabe formular es qué clase de criterios de eficiencia se aplicarán en los procesos de decisión de un sistema de esta naturaleza.

Se ha sostenido que antes de reemplazar un sistema de mercado, que ya está sujeto a un conjunto de limitaciones legales, monetarias y políticas, por un sistema de regulación, hay que saber muchísimo más acerca de: a) la forma en que funciona el sistema de mercado sujeto a limitaciones; b) la naturaleza del sistema de regulación que corregiría las deficiencias del mercado; y c) cómo hay que llevar a cabo la transición de un sistema a otro.57/ Esta posición se basa en la premisa de que el mecanismo regulador no es gratuito desde el punto de vista social ni infalible y, por lo tanto, podría justificarse el uso modificado del sistema de precios a fin de simplificar los métodos de administración del medio ambiente, reducir la cantidad de información que se requiere para tomar decisiones y permitir la adaptación de la estructura institucional existente. Por ejemplo, en el campo de la calidad del agua, las soluciones económicas

56/ Georgescu-Roegen, op. cit., pp. 249 a 251.

57/ R.H. Coase, "The Problem of Social Cost", The Journal of Law and Economics, octubre de 1960, pp. 1 a 44.

/recomendadas generalmente

recomendadas generalmente han estado relacionadas con los costos, por ejemplo, mediante cargos, subsidios o un "mercado de derechos de contaminación" (derechos a utilizar el agua como medio para eliminar los desechos de la misma manera que se otorgan mercedes de aguas para la agricultura, pero transferibles).58/ La utilización de incentivos a través de un sistema de cargos se basa en que tenderá a minimizar el costo del control, su cumplimiento es más fácil de imponer que los reglamentos y estimula permanentemente a adoptar tecnologías que reduzcan a un mínimo la contaminación. Debido a las imperfecciones del mercado que le impiden corregir la diferencia entre los costos privados y sociales, se ha recurrido cada vez más a la reglamentación como un medio para resolver los problemas que plantean las consecuencias ambientales de la actividad económica. Sin embargo, la reglamentación presenta una serie de inconvenientes debido a su arbitrariedad y a la necesaria rigidez que imponen los problemas relacionados con su cumplimiento. En numerosos casos el resultado ha sido una combinación de impuestos, subsidios y normas ambientales arbitrarias que no guardan mucha relación con la distribución de los costos y de los beneficios sociales. A juicio de Kneese y Schulze: "El criterio favorable a la reglamentación confronta una disyuntiva ineludible. Si el sistema es lo suficientemente sencillo como para ser manejado por una burocracia central, lo más probable es que sea ineficiente. Pero si procura ajustarse a la enorme variedad de la economía ... la labor de reglamentación es insuperable".59/

Otra faceta que presenta el manejo de los recursos a través de la reglamentación es la forma en que el organismo regulador establece sus normas. Puede funcionar como un intercambio reiterado con los elementos que lo constituyen, tratar de llegar al consenso

58/ Véase: Allen V. Kneese y Charles L. Schultze, Pollution, Prices and Public Policy, Brookings, 1975, pp. 85 a 96; y J.A. Dales, Pollution, Property and Prices, University of Toronto, 1968.

59/ Véase Kneese y Schultze, op. cit., p. 91.

/con aquellos

con aquellos que son objeto de la reglamentación y a quienes favorece el programa de administración. Alternativamente, puede el organismo desempeñar un papel rector en el que formula objetivos para alcanzar el bienestar social. Puede fijar valores sociales para los eventuales beneficiarios basándose en que, por la complejidad de las materias, éstos no están en condiciones de adoptar la decisión correcta. En tales casos, quizás haya que ofrecer capacitación en materia de tecnologías nuevas y estilos de vida diferentes, antes de que los grupos beneficiarios locales puedan participar efectivamente en las decisiones de desarrollo y administración relacionadas con la calidad del medio ambiente.60/

c) La evaluación de proyectos

Al parecer, para elaborar criterios que permitan tener más en cuenta los factores ambientales en el manejo de los recursos hídricos, podrían combinarse técnicas de análisis económico y medidas de reglamentación. Una de las maneras de hacerlo sería la evaluación de proyectos, cuyas ventajas e inconvenientes han sido objeto de considerable atención en los últimos dos años.61/ Esta clase de análisis también se presta para incorporarlo en los modelos más amplios destinados a evaluar los efectos ambientales, ya examinados.

De acuerdo con este criterio, al diseñar programas o proyectos de manejo de los recursos hídricos es preciso hacer dos cosas, a saber, especificar una multiplicidad de objetivos y proporcionar información sobre los beneficios y sobre el comportamiento dinámico de los sistemas físicos y sociales.

La definición de los objetivos es en cierto modo un proceso a la vez intuitivo y reiterativo que entraña sopesar las ventajas y los inconvenientes de los costos que se prevé ha de llevar envuelto el logro de tales objetivos. No es necesario entrar a profundizar los inconvenientes relacionados con la aplicación de precios de cuenta

60/ Véase: "Ecodevelopment", PNUMA/UNEP/GC/80, Nairobi, 1976, p. 17.

61/ Véase I.M.D. Little y J.A. Mirrlees, "Manual of Industrial Project Analysis in Developing Countries", Centro de Desarrollo de la OCDE, París, 1969; y "Guidelines for Project Evaluation", ONUDI, N.Y., 1972.

/arbitrarios que

arbitrarios que dependen de la forma en que se interpreten las deformaciones del mercado y una vaga función de bienestar social. Se han realizado esfuerzos experimentales por obtener precios de cuenta a partir de la solución doble que ofrecen los modelos de programación lineal dinámicos multisectoriales.62/ Sin embargo, tales modelos han demostrado ser de mayor utilidad para investigar conjuntos de estrategias optativas y soluciones de transacción entre diversos objetivos. La definición de sistemas de ponderación de objetivos múltiples podría, cuando más, analizar las soluciones de transacción y el reconocimiento expreso por los decisores de la existencia de objetivos contrapuestos.

La cuantificación de los beneficios es un problema de información que, en especial tratándose de los aspectos ambientales, parece ser prácticamente insuperable y dudosamente se justifican los esfuerzos por tratar de realizar una cuantificación exacta. Ya se ha dicho lo suficiente sobre la reducción a términos monetarios y la asignación de precios de cuenta a las distintas clases de insumos y productos. La posibilidad de mejorar las bases de decisión parece ser mayor en el segundo tipo de problemas que plantea la información: el funcionamiento de los sistemas físicos y sociales. La utilización de técnicas relacionadas con la efectividad de los costos o una optimización limitada, en que se establecen a manera de restricción normas mínimas de protección del medio ambiente o bienestar social, permitiría evaluar las necesidades de regulación. Naturalmente, si se sabe más acerca del comportamiento de los componentes naturales y sociales se podrán evaluar mejor los objetivos originales, la necesidad de reglamentación y vigilancia, el diseño de proyectos optativos y los métodos de administración de los recursos.

62/ Véase: L.Taylor, "Multi-sectoral Models in Development Planning: A Survey", Economic Development Report Nº 230, Centro de asuntos internacionales, Universidad de Harvard, Cambridge, Mass., 1973.

/5. Limitaciones

5. Limitaciones que se encuentran en América Latina

¿Hasta qué punto pueden aplicarse de manera significativa los diversos criterios analíticos antes examinados a los problemas que plantea la administración de los recursos hídricos en América Latina? No hay duda que todas las técnicas podrían aplicarse a la gama de cuestiones relacionadas con el manejo del agua que se encuentran en la región, con las mismas limitaciones que en otros lugares. Hay que destacar al respecto dos puntos. Primero, los decisores rara vez están dispuestos a tener en cuenta la incertidumbre como parte específica del proceso de planificación. Segundo, frente a la incertidumbre el proceso de toma de decisiones es dinámico, puesto que si los objetivos son múltiples el quid pro quo entre los distintos objetivos cambiará a medida que las preferencias vayan variando con el tiempo. Sin embargo, por el momento las técnicas disponibles no son adecuadas para abordar estos problemas.

Es evidente que la selección de técnicas dependerá de la naturaleza específica de los problemas de administración que hay que abordar. En este caso, el planteamiento de los problemas es fundamental y está determinado por las condiciones culturales, políticas, socioeconómicas y ecológicas predominantes en cada caso concreto. No puede haber una regla general respecto del momento y de la forma en que hay que aplicar un conjunto de técnicas. En muchos casos, la falta de información o de personal capacitado puede impedir considerar modelos matemáticos complejos. De otro lado, cabe dudar que resulte realista tratar siquiera de concretar muchos de los problemas que presenta el manejo del agua en la región dentro de un marco de esta naturaleza; en realidad, tal formalismo podría confundir los efectos de la incertidumbre que surgen a través del tiempo. Sin embargo, ello no impide utilizar los modelos. El fundamento de la incorporación de aspectos ambientales en el manejo de los recursos hídricos es la adopción de un criterio sistemático que aborde de manera amplia los sistemas naturales, económicos y sociales que van interactuando a medida que se manifiestan las consecuencias de una decisión sobre

/la utilización

la utilización del agua. Los modelos conceptuales pueden ayudar a plantear los problemas de manejo, los objetivos sociales reales y las metas intermedias y problemas claves que hay que abordar. Estos modelos pueden ser matemáticos o no matemáticos. En el caso de los primeros, quizá no sea siempre necesario cuantificar todas las variables. El simple planteamiento del problema en forma exacta, que permite centrar la atención tanto en las variables naturales como en las sociales, económicas y de ingeniería, puede proporcionar útiles conocimientos.

La información será inevitablemente una limitación para la aplicación de cualquier clase de análisis destinado a ayudar a los encargados de administrar el agua.63/ En la mayoría de los casos resulta oneroso y toma tiempo reunirla; y en los países latinoamericanos hay mucha demanda de capital para el desarrollo y apremiante necesidad de inversiones para aumentar el bienestar social global. Sin embargo, lo más probable es que utilizando un criterio más sistemático se puedan definir aquellos campos en que los vacíos de información son decisivos y, de esta manera, evitar una acumulación de datos sin sentido. Otra limitación será la disponibilidad de personal idóneo y motivado en los organismos públicos (de planificación, manejo y uso del agua) para poner a prueba algunas de las técnicas a fin de explorar una gama más amplia de opciones de manejo en busca de mayor flexibilidad. No hay duda de que mediante aproximaciones sucesivas podrían eliminarse las limitaciones a la aplicación y a la aplicabilidad de estas técnicas. Sin embargo, el problema decisivo es el marco institucional de las indicaciones proporcionadas acerca de los objetivos de la administración del agua, de la reunión de datos, de la capacitación de personal y su incentivación, y la utilización real de los resultados de los análisis de las decisiones. Pese a que hay algunas excepciones que cabe destacar, el panorama general

---

63/ Véase: O.C. Herfindahl, "National Resources Information for Economic Development", Johns Hopkins, Baltimore, 1969.

/no es

no es alentador. En muchos países hay leyes vigentes o en tramitación sobre protección del medio ambiente, y se han creado nuevos organismos, consejos interministeriales y comisiones especiales para ocuparse de estos problemas. No obstante, en muchos casos ha sido difícil coordinar y llevar a cabo los esfuerzos para habérselas con los problemas reales de la calidad del medio ambiente y del manejo del agua.64/ A menos que se elabore una estructura institucional que responda a criterios analíticos que exigen una visión integral amplia del manejo de los sistemas naturales, tales enfoques no serán muy eficaces.

64/ Véase: Hugo A. Martiello, Víctor H. Pérez y Miguel R. Solanes, "Administración hídrica en América Latina", INELA, Mendoza, enero de 1977, pp. 31 a 34. Informe preparado para la CEPAL/PNUMA como parte del proyecto ADEMA.