

**NACIONES UNIDAS**  
**CONSEJO**  
**ECONOMICO**  
**Y SOCIAL**



Distr.  
LIMITADA  
E/CEPAL/L.291  
20 de septiembre de 1983  
ORIGINAL: ESPAÑOL

---

CEPAL

Comisión Económica para América Latina



EL AGUA Y LA EXPANSION URBANA EN ZONAS ARIDAS \*/

---

\*/ Este documento fue preparado por la División de Recursos Naturales y Energía para el Seminario sobre Medio Ambiente y Tecnología para Asentamientos Humanos en Zonas Áridas: Investigación y Experiencias en Argentina y Chile, organizado por la Universidad del Norte (Chile) y la Universidad de Mendoza (Argentina), 22 al 23 de marzo de 1983.

83-6-891



INDICE

	<u>Página</u>
1. El agua y la expansión urbana en zonas áridas .....	1
2. Elementos de decisión para el aprovechamiento racional del agua .....	1
3. Alternativas para el aprovechamiento racional del agua con fines urbanos en zonas áridas y semiáridas .....	7
4. Evolución de la demanda de agua en zonas áridas .....	11
5. Conclusiones y recomendaciones .....	23
Notas .....	24



## 1. El agua y la expansión urbana en zonas áridas

Los recursos hídricos se ven cada vez más exigidos por el constante crecimiento de la población y las necesidades propias del desarrollo. Sobre todo en zonas áridas, es fácil prever que en muy poco tiempo más será preciso buscar un máximo de aprovechamiento del agua. Si a esto se agrega que el agua tiene diversos usos, los que entran en competencia entre sí, y que dichos usos a su vez tienen diversas consecuencias ecológicas y sociales, puede apreciarse la necesidad de planificar cuidadosamente el aprovechamiento, manejo y conservación del agua, a fin de evitar conflictos graves a corto, mediano y largo plazo.

Las ciudades, y sobre todo las ubicadas en zonas áridas, son las que primero suelen verse enfrentadas a esta situación, como también -más de una vez- a conflictos ya creados por falta de previsión en el pasado. En América Latina este problema es muy generalizado. Según un estudio de la CEPAL,<sup>1/</sup> la enorme potencialidad de los recursos hídricos de la región se concentra en unos pocos sistemas fluviales: Amazonas, Alto Paraná, Orinoco y Grijalva-Usumacinta, cuencas que representan un 45% de la superficie y un 70% del escurrimiento de agua de América Latina, pero sólo un 10% de su población. La mayor población, al igual que los aprovechamientos más importantes de recursos hídricos se concentran en cambio en zonas con escasa disponibilidad de agua, situadas a lo largo del Pacífico medio, en el nordeste del Brasil y en altiplanicies de México, América Central y los Andes. Estas sólo abarcan el 20% de la superficie total y menos del 5% de los recursos hídricos, sin embargo albergan al 60% de la población. Hay que agregar que, dadas las tendencias a concentrar el desarrollo en estas zonas, puede pronosticarse que la situación seguirá agravándose.

En el mismo estudio de la CEPAL, que analiza cuatro situaciones urbanas -Santiago de Chile, Bogotá, São Paulo y Río de Janeiro- se destacan los conflictos más importantes provocados por la expansión urbana en regiones con relativa escasez de agua. El conflicto físico más evidente que se encontró fue la extensión del uso de los ríos para eliminar desechos, con una despreocupación casi total por sus posibles efectos en zonas ubicadas aguas abajo (ríos, lagos o mares). La experiencia permite afirmar que en los centros urbanos existe la misma despreocupación respecto de las zonas de captación de agua, sean éstas cuencas hidrográficas o mantos acuíferos subterráneos. Las ciudades simplemente amplían sus demandas e importan agua y energía generada por instalaciones hidroeléctricas de todos los alrededores, sin mayor preocupación por el manejo de las cuencas de donde proviene el agua superficial o subterránea. Todo ello acarrea conflictos de tipo social, económico y ambiental a los cuales los centros urbanos prestan escasa atención si ocurren fuera del área urbana: el desarrollo urbano de América Latina es de tal naturaleza que los centros metropolitanos son -o bien se sienten- sociedades aisladas y autosuficientes, separadas de las regiones que las rodean.

## 2. Elementos de decisión para el aprovechamiento racional del agua

El aprovechamiento racional del agua, sobre todo en zonas áridas, no es una actividad simple. En ella intervienen variables relativas a la cobertura espacial, al alcance sectorial, a los horizontes de planificación, a pronósticos de demanda y de oferta, a intereses institucionales, a agentes ejecutores y usuarios, a niveles de

/tecnología y

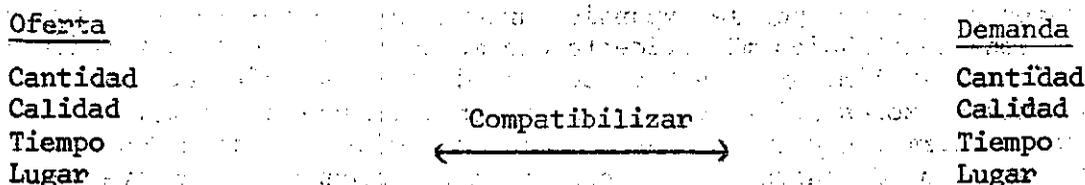
tecnología y de financiamiento disponibles y a sistemas de control; entre estos últimos, los que permiten o bien dificultan la formulación de planes adecuados, y también, especialmente, su aplicación o ejecución.

Por este motivo, y con la finalidad de considerar todas estas variables, es preciso aplicar un sistema de pensamiento lógico capaz de detectar, analizar y priorizar cada uno de los elementos que intervienen en los procesos de decisión de aprovechamiento racional del agua. Esto se puede hacer siguiendo un clásico enfoque de análisis de sistemas, cuya secuencia es la siguiente: (véase el cuadro 1)

- a) definir y cuantificar el objetivo u objetivos de desarrollo;
- b) identificar y describir el medio geosocioeconómico dentro del cual se desea alcanzar el objetivo;
- c) determinar las restricciones para alcanzar el objetivo deseado dentro del medio;
- d) elaborar y seleccionar soluciones para superar las restricciones previamente determinadas.

Además, en el caso en que no se conozcan o no puedan precisarse y describirse adecuadamente los objetivos, el medio, las restricciones o las soluciones, será preciso hacer las investigaciones necesarias para alimentar el sistema principal.

El objetivo general del aprovechamiento racional del agua es compatibilizar la oferta y la demanda de este recurso en función de los intereses sociales, económicos y ambientales, a fin de alcanzar los niveles de desarrollo deseado para una determinada región. La compatibilización de la oferta y la demanda de agua significa equilibrar la oferta y demanda de este recurso en cantidad, calidad, tiempo y lugar:



Además debe equilibrar esta oferta y demanda (ambas variables en el tiempo) para diversos sectores usuarios y diversos horizontes de tiempo. Cada uno de los sectores tiene diferentes demandas de cantidad, calidad, tiempo y lugar, las que entran en competencia entre sí; además, es preciso tomar en cuenta las necesidades propias de los sistemas ecológicos. De allí que las decisiones en este campo suelen tomarse recurriendo al análisis de sistemas complejos mediante diferentes técnicas de ingeniería de sistemas, tales como de simulación o la optimización.

El medio geosocioeconómico es el espacio geográfico, delimitado por razones hidrológicas o administrativas, dentro del cual es factible hacer un balance entre la oferta y la demanda de agua. En teoría, debería abarcar el total de una o más cuencas hidrográficas de captación de agua, tanto superficial como subterránea, así como el espacio donde se utiliza y luego se evacúa este recurso. El medio así descrito constituye la dimensión ambiental en la cual se hace la planificación y determina igualmente, por lo tanto, el espacio socioeconómico.

Cuadro 1

MARCO DE REFERENCIA

A. OBJETIVO

Disponer permanentemente de agua en la cantidad, la calidad, el lugar y el tiempo precisos para satisfacer las demandas de consumo, producción y medio ambiente

B. MEDIO GEOSECCIOECONOMICO

Cuenca o región hidrográfica que delimita el ámbito en el cual existe un equilibrio potencial entre la oferta y demanda de agua para satisfacer el objetivo

C. RESTRICCIONES

Físicas

Físicas  
y  
naturales

Para aumentar la oferta de agua, incrementar la eficiencia de uso o minimizar los problemas naturales y en general para satisfacer las demandas de agua y de conservación

Socioeconómicas

Políticas  
y  
legales

Para permitir ejecutar los planes en armonía con los intereses de la sociedad

Económicas  
y  
financieras

Para asignar los recursos económicos y otros necesarios para ejecutar las acciones técnicas

Sociales  
y  
culturales

Para ejecutar con conocimiento y preparación las acciones necesarias para alcanzar los objetivos

Institucionales  
y  
gerenciales

Para organizar y ejecutar las acciones en forma ordenada y racional

D. SOLUCIONES

Soluciones técnicas o de ingeniería: Para superar las restricciones físicas y naturales (soluciones directas)

Soluciones gerenciales: Para superar las restricciones socioeconómicas (soluciones indirectas)

Fuente: Dourojeanni, Axel, La planificación para el desarrollo, aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos, documento CDA-24, presentado al Curso sobre la Dimensión Ambiental en la Planificación del Desarrollo, organizado por el CIFCA, el ILPES, la CEPAL, y realizado en Santiago de Chile entre el 20 de octubre y el 28 de noviembre de 1980.

/Los medios

Los medios áridos y semiáridos, como los que se presentan en la costa del Pacífico del Perú y el norte de Chile, constituyen lugares en que el equilibrio ecológico es en general precario, sobre todo en lo hidrológico; por lo tanto, para poder manejarlos en forma adecuada, deben ser descritos con mucha precisión. Esto implica un estudio preciso y constante de la oferta y la demanda de agua. En este medio se deben medir y cuantificar todas las fuentes de agua disponibles, sean estas atmosféricas (como la camanchaca), superficiales (incluyendo las eventuales avenidas del verano) o subterráneas. La demanda, por su parte, también debe ser cuidadosamente estudiada, y posiblemente limitada mediante la aplicación de diversos sistemas de control, tanto técnicos como legales y educacionales.

Al procurar una compatibilización entre la oferta y las diversas demandas de agua suelen encontrarse restricciones de dos tipos:

- a) las impuestas por el medio físico o la propia naturaleza; y
- b) las impuestas por el medio socioeconómico o por el hombre.

En cuanto a las restricciones físicas, en las zonas áridas del Pacífico en que hay asentamientos humanos existe un marcado desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua. La oferta, además de ser relativamente escasa, se encuentra usualmente muy lejos de los centros urbanos, o en ríos de régimen muy variable, o a grandes profundidades o en zonas de extracción cercanas al mar y por ende con peligro de intrusión salina, o en forma de neblinas costeras bajas conocidas como "camanchaca".

Las restricciones de tipo socioeconómico pueden dividirse en:

- a) económico-financieras;
- b) político-legales;
- c) socioculturales;
- d) institucionales y administrativas.

Estas restricciones suelen ser en la práctica tanto o más difíciles de identificar, cuantificar y superar que las restricciones físicas. Es común observar que es en los procesos de gestión, y no en la falta de tecnologías adecuadas, donde se concentran los mayores problemas para utilizar eficientemente el agua. Las dificultades más comunes se vinculan a la falta de decisiones políticas, a la promulgación de legislaciones inadecuadas o al incumplimiento de las existentes, a superposiciones o conflictos entre instituciones, a falta de capacitación y organización de los usuarios, a escasa o deficiente formulación de proyectos y a otros aspectos ampliamente conocidos en materia de administración de programas y proyectos de aprovechamiento de agua.

Las soluciones para superar tanto las restricciones físicas o naturales como las restricciones socioeconómicas pueden agruparse en dos categorías (véase el cuadro 2):

- a) soluciones técnicas (también denominadas de ingeniería o directas);
- b) soluciones gerenciales (también denominadas administrativas o indirectas).

Las soluciones técnicas en el campo del agua suelen tener cinco etapas (véase el cuadro 3). La primera, de evaluación de recursos, incluye inventarios; estudios a nivel de reconocimiento, semidetallado o d detallado; evaluación propiamente dicha, y finalmente diagnóstico, referido usualmente a la comparación entre la oferta y la demanda del agua.

Cuadro 2

**CLASIFICACION Y SECUENCIAS DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO, USO Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS AGUA  
Y SUELO EN UNA CUENCA O SISTEMAS DE CUENCAS (Dist. Riego) a/**

Actividades de acción directa (técnicas)	Actividades de acción indirecta (gerenciales)
<b>1. Evaluación de los recursos agua y suelo</b> - Inventario de recursos agua y suelo - Evaluación de recursos agua y suelo - Diagnóstico de recursos agua y suelo - Estudios (preliminares, semi-detallados y detallados)	<b>1. Política</b>
<b>2. Formulación de proyectos (niveles de prefactibilidad, factibilidad, definitivos)</b>	<b>2. Planificación</b>
<b>3. Ejecución de proyectos</b> - Construcción de infraestructura hidráulica - Incorporación de tierras (desarrollo físico de tierras) - Equipamiento del distrito de riego	<b>3. Financiamiento (fuentes y montos)</b>
<b>4. Gestión para la distribución del agua</b> - Organización para la operación (estatal y privada) - Operación del distrito de riego y de la infraestructura mayor y menor - Mantenimiento de la infraestructura y obras auxiliares - Reparación de estructuras y equipos	<b>4. Apoyo logístico</b>
<b>5. Conservación de los recursos agua y suelo</b> - Ordenamiento para el uso racional del agua y el suelo - Manejo del agua y el suelo (nivel de parcela y de cuenca) - Protección de los recursos agua y suelo - Recuperación de tierras para la agricultura	<b>5. Organización y racionalización</b>
	<b>6. Legislación y reglamentación</b>
	<b>7. Tecnología</b>
	<b>8. Relaciones funcionales</b>
	<b>9. Servicios técnicos especializados</b>
	<b>10. Gestión de proyectos</b>
	<b>11. Otorgamientos</b>
	<b>12. Administración</b>
	<b>13. Investigación</b>
	<b>14. Capacitación</b>

Fuente: Dourojeanni, Axel, La planificación para el desarrollo, aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos, documento CDA-24, presentado al Curso sobre la Dimensión Ambiental en la Planificación del Desarrollo, organizado por el CIFCA, el ILPES, la CEPAL, y realizado en Santiago de Chile entre el 20 de octubre y el 28 de noviembre de 1980.

SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS DIRECTAS NECESARIAS PARA EL DESARROLLO CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN UNA CUENCA O REGIÓN HIDROGRÁFICA

NOMBRE GENÉRICO DE LA ACTIVIDAD	ACCIONES QUE COMPRENDE CADA ACTIVIDAD				RESULTANTE <sup>a/</sup>
Evaluación de la cuenca (Primera etapa)	Inventarios	Estudios (Reconocimiento semidetallado detallado)	Evaluaciones de los recursos	Diagnóstico para su aprovechamiento y conservación	Conocimiento, situación actual y potencial
Formulación de proyectos (Segunda etapa)	Determinación de objetivos y metas	Ejecución de estudios específicos	Diseños y planes de ejecución	Análisis económico-financiero y presupuestación	Planificación de la situación futura
Ejecución de proyectos (Tercera etapa)	Construcción de campamentos y obras auxiliares	Construcción de la infraestructura mayor y menor	Equipamiento de proyecto	Incorporación y puesta en operación del sistema construido	Ejecución de las metas en el tiempo
Operación y mantenimiento de estructuras (Cuarta etapa)	Organización de los usuarios y el estado de empresa	Operación del sistema estructural hídrico y auxiliar	Mantenimiento periódico de las estructuras y equipo en operación	Reparación de las estructuras y equipo auxiliar	Permanente uso eficiente de la inversión física
Manejo y conservación de recursos naturales (Quinta etapa)	Ordenamiento del uso de la cuenca según su capacidad	Manejo de los recursos agua-suelo, cultivos, pastos y bosques	Protección de los recursos y contra sus efectos dañinos	Recuperación o rehabilitación de zonas afectadas por mal uso o fenómenos naturales	Permanente calidad, cantidad y frecuencia de oferta de agua de la cuenca de captación y evacuación

Fuente: Dourojeanni, Axel, La planificación para el desarrollo, aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos, documento CDA-24, presentado al Curso sobre la Dimensión Ambiental en la Planificación del Desarrollo, organizado por el CIFCA, el ILPES la CEPAL, y realizado en Santiago de Chile entre el 20 de octubre y el 28 de noviembre de 1980.

a/ La sumatoria de todas las resultantes es la obtención de agua y producción (agrícola, energética, etc.), de manera sostenida en el tiempo.

/La segunda

La segunda, de formulación de proyectos, comprende el diseño de alternativas técnicas para compatibilizar la oferta y la demanda y el análisis de costos de proyectos de prefactibilidad y de factibilidad, así como la formulación de proyectos definitivos para su presentación a los organismos crediticios.

La tercera etapa, de obras hidráulicas, incluye la construcción de obras de captación, regulación, conducción, tratamiento, medición, evacuación y control del agua. Debe incluir también la construcción de obras auxiliares y equipamiento completo del sistema. Estas obras deben formar parte de los sistemas integrales de aprovechamiento del agua y considerar todas las posibles alternativas de captación, conservación y reutilización de este recurso.

La cuarta etapa, de operación y mantenimiento de los sistemas hidráulicos construidos, comprende la organización de los distritos operativos, el mantenimiento y operación de los sistemas y la reparación de las estructuras.

La quinta y última etapa, de manejo y conservación del recurso hídrico, incluye el manejo de las cuencas de captación de agua y también su protección; el manejo conjunto de agua superficial y subterránea; la captación de neblinas; el tratamiento y reutilización de aguas, y la conservación en general de este recurso, incluso mediante el fomento de cambios en los hábitos de consumo de los usuarios para mejorar la eficiencia de la utilización del agua.

Las etapas primera y segunda son etapas previas; la tercera es intermedia y las etapas cuarta y quinta operativas, periódicas o permanentes.

Las soluciones gerenciales no pueden subdividirse en etapas. En la práctica, vienen a ser las actividades que se efectúan para permitir que las soluciones técnicas se apliquen oportunamente de acuerdo a los objetivos planteados. Entre ellas se cuentan la formulación de políticas, planes y programas; la gestión de financiamiento, la fijación de tarifas y otros sistemas de cobranza y control, la dirección y coordinación de actividades, la administración del sistema, la contabilidad, la capacitación de técnicos y usuarios, la investigación, la legislación y otros aspectos directamente vinculados a la gestión de una empresa responsable del aprovechamiento racional del agua.

### 3. Alternativas para el aprovechamiento racional del agua con fines urbanos en zonas áridas y semiáridas

Tomando como base el marco de referencia presentado en el apartado anterior, es posible analizar sistemáticamente diferentes alternativas de solución para compatibilizar la oferta y la demanda de agua en zonas áridas, con especial referencia a las necesidades de los asentamientos humanos ubicados en dichos sectores.

a) Las alternativas técnicas de solución pueden clasificarse en dos grandes grupos: las que inciden sobre la oferta (obras hidráulicas de regulación y captación, mejoramiento de las áreas naturales de captación -manejo de cuencas, captación de neblinas y otros-), y aquellas que inciden sobre la demanda (equipos para mejorar la eficiencia de operación de los sistemas hídricos, cambios de hábitos en los consumidores y usuarios del agua, a fin de lograr un mejor manejo de este recurso y la aplicación de tecnologías para aumentar la eficiencia del uso del agua).

Las técnicas, antes de ser aplicadas en gran escala, deben ser adecuadamente investigadas. Para captar el agua que se presenta en muy pocas cantidades, por ejemplo, no debe menospreciarse ningún medio; puede ser que llevado a la escala adecuada represente un aporte significativo de este recurso. Los sistemas posibles van desde los convencionales, como pozos, presas y otros, hasta las tecnologías más específicas de captación de agua de lluvia o neblina en techos, árboles o captadores especiales de neblina, con sus correspondientes sistemas de almacenamiento. Lo mismo puede decirse respecto de las técnicas de conducción, distribución y uso del agua que, convenientemente diseñadas, permiten no sólo un ahorro del recurso sino también un control del consumo de agua, independientemente de los hábitos del consumidor: simplemente imponen una restricción mecánica al despilfarro del agua.

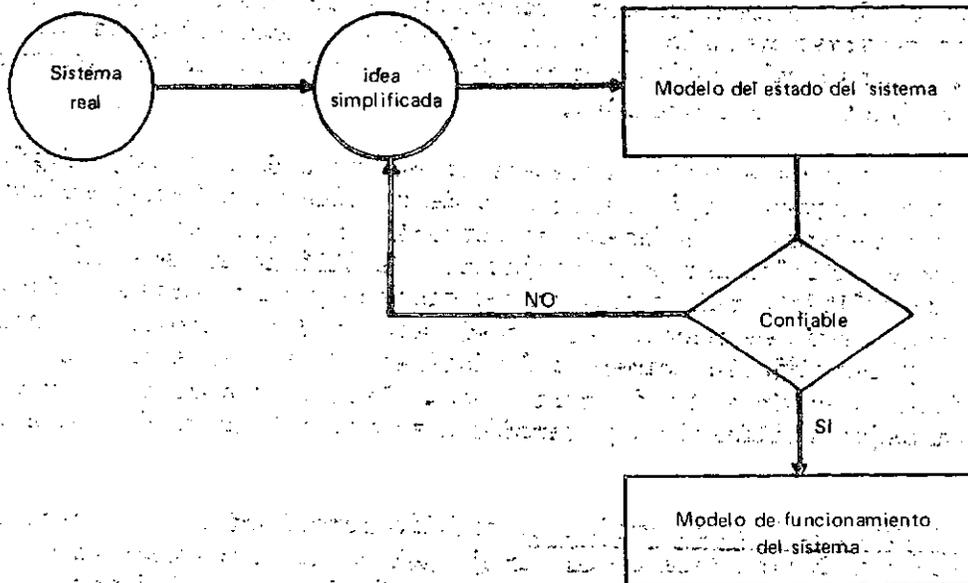
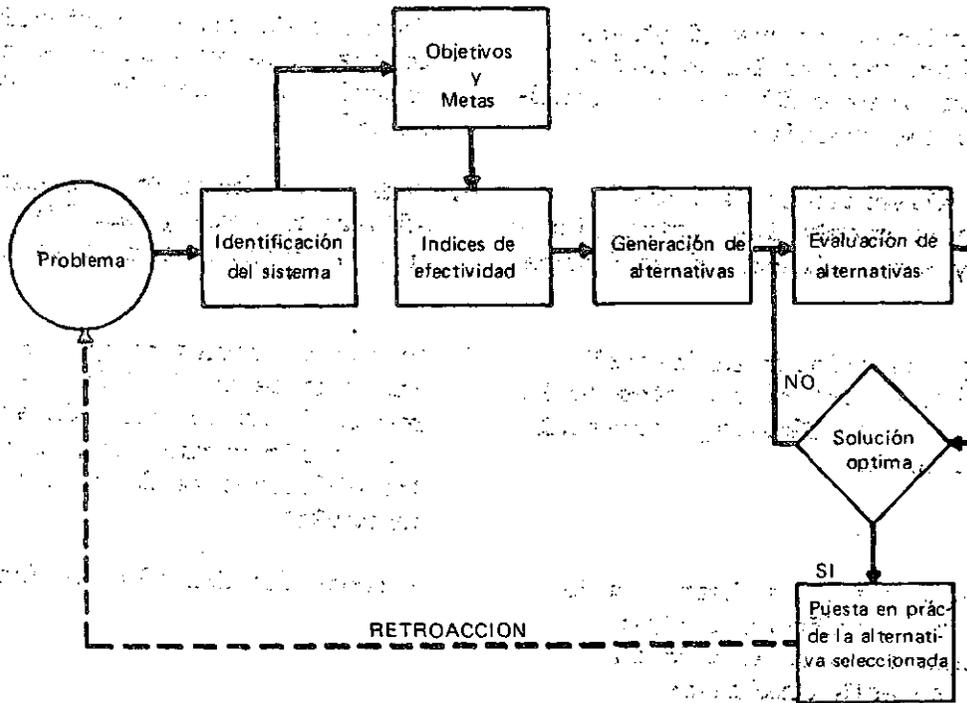
Es preciso delimitar cuidadosamente el área en que se ejercerá control sobre la captación, el uso y la posterior evacuación del agua. Las ciudades no pueden dejar de lado el manejo de las zonas de donde proviene el agua que consumen; y más bien deben incorporarlas plenamente a sus responsabilidades. Las cuencas de captación cuyo fin primordial sea abastecer de agua a una población urbana deben recibir un tratamiento especial, y por consiguiente estar sujetas a regulaciones especiales. Con este fin, pueden declararse "cuencas municipales", y ser conservadas y protegidas mediante una inversión proveniente de las tarifas de agua en la ciudad. Esta tarea puede ser asumida por los propios municipios o encargada por éstos a organismos especializados, transfiriéndoles el presupuesto necesario. El mismo tipo de acciones se puede realizar aguas abajo de la zona urbana, en particular para mejorar la calidad de las aguas servidas con fines de reutilización.

A estas actividades técnicas pueden agregarse todas aquellas que sirven para mejorar la eficiencia de la conducción del agua en grandes distancias y en zonas desérticas con alta evaporación, así como la eficiencia de la distribución y uso del agua dentro del perímetro urbano.

Todas estas variables técnicas deben ser analizadas en conjunto y en función de los múltiples usos potenciales del agua y no de uno solo de ellos. Es preciso conocer bien cuáles son las alternativas técnicas disponibles, y al igual que en la secuencia lógica presentada anteriormente, seleccionar la mejor alternativa de solución. Para ello se puede seguir una secuencia conocida en ingeniería de sistemas, que incluye los siguientes pasos y genera los siguientes modelos (véase el gráfico I):

<u>Pasos</u>	<u>Modelos</u>
1. Identificar y definir el problema de gestión	
2. Identificar el sistema funcional y recopilar los datos pertinentes	2. Conjunto de modelos que caracterizan la situación presente y no modificada de los sistemas y subsistemas estudiados (modelo del estado de los sistemas)

Gráfico I



Fuente: Colorado State University, "Management of water resources: A systems approach", 30 lectures for video tape, Fort Collins, Colorado, 1977.

- |  |   |
|--|---|
| 3. Definir objetivos y metas especificadas   | 3. Modelo de metas y objetivos, definiendo el objetivo como una situación deseada por una persona o un grupo de personas (modelo de objetivo)   |
| 4. Definir indicadores cuantitativos que permitan evaluar las soluciones propuestas en relación con el cumplimiento de los objetivos | 4. Modelo indicativo de efectividad, que señale si se ha alcanzado o no el objetivo deseado (índices de efectividad)  |
| 5. Elaborar alternativas de solución que tomen en cuenta las restricciones físicas y las socioeconómicas (etapa creativa)            | 5. Modelo que incorpora al modelo de la situación actual, las ideas de solución (modelo típico para simulación)   |
| 6. Evaluar y seleccionar la "mejor" alternativa de solución dentro de lo factible social, técnica, ambiental y económicamente        | 6. Modelo cuantitativo que analiza el comportamiento dinámico de las diferentes ideas de solución ante diferentes circunstancias, en relación con los objetivos (modelo típico de optimización) |
| 7. Ejecutar, revisar y volver a suministrar información actualizada para asegurarse que el objetivo original se está cumpliendo      | 7. Retroacción del sistema (feedback)   |

La utilización de esta secuencia y de estos modelos, sea mediante simples gráficos o complicados modelos de simulación u optimización, es prácticamente obligatoria para tener un enfoque realmente integral del problema y sus posibles soluciones. Su importancia aumenta junto con la competencia por el uso del agua entre varios sectores usuarios y con la relativa escasez del agua disponible para estos usos, que hace más posible el surgimiento de problemas de contaminación que afectan el conjunto de los usuarios.

Cabe destacar un aspecto fundamental: en zonas desérticas, ningún usuario del agua, como tampoco ningún sector, puede considerarse "independiente" de los demás, tarde o temprano, sus intereses entrarán en conflicto si no planifican sus actividades con anticipación y en conjunto. De allí la importancia de la planificación del uso múltiple del agua a corto, mediano y largo plazo a nivel regional. Esto que parece obvio es muchas veces olvidado por los sectores urbanos, sobre todo si la ley les fija la primera prioridad en el uso del agua; simplemente hacen valer ese derecho en desmedro de otros usos. Resulta entonces justo que contribuyan también a su mejor utilización, y también a proteger la zona de captación del agua.

b) Las alternativas gerenciales, también denominadas indirectas o administrativas, son muy importantes en el manejo del agua, sobre todo para garantizar la adecuada ejecución de todas las actividades técnicas. En América Latina, en general, los aspectos gerenciales son susceptibles de muchas mejoras, sobre todo

si se considera su incidencia en la formulación de políticas, la financiación de proyectos, la adecuada operación y mantenimiento de los sistemas construidos y de otros aspectos vinculados a la estructura institucional, la capacitación de los usuarios, la atención al público, la investigación y otros.

La interacción entre las actividades gerenciales y las actividades técnicas puede dar una idea de su efectividad en el plano del uso del agua (véanse cuadros 4 y 5) y en el plano de la gestión ambiental en general (véase el gráfico II).

Recientemente se ha manifestado un gran interés por mejorar los sistemas de gestión, en particular el funcionamiento de los sistemas hídricos. Tanto el Banco Mundial <sup>2/</sup> como la FAO <sup>3/</sup> realizaron estudios sobre la gestión de proyectos de riego. En el campo del agua potable, y con motivo del Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, la CEPAL, en coordinación con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), ha promovido la creación de una red latinoamericana formada por gerentes de empresas de agua potable y saneamiento, con la función de fomentar la cooperación entre dichas gerencias para mejorar la acción de sus empresas.<sup>4/</sup> A niveles más globales se han hecho también estudios sobre el tema, sobre todo en cuanto a la gestión ambiental.<sup>5/</sup> Todos estos estudios y actividades tienden a mejorar la ejecución de las actividades de tipo gerencial.

Los efectos de una buena actividad gerencial en el manejo del agua pueden o deben apreciarse en su capacidad de previsión de demandas, su efectividad para atenderlas oportunamente o bien para reducirlas, su acceso al usuario y los servicios que le brinda, su capacidad de coordinación con otras instituciones, su consideración de aspectos relacionados con el medio ambiente, su sensibilidad social, su eficiencia económica, y muchos otros aspectos muy importantes para la buena utilización y conservación del agua en función de la sociedad que se pretende servir.

#### 4. Evolución de la demanda de agua en zonas áridas

Aun cuando los factores que motivan los asentamientos humanos en zonas desérticas son muchos, el desarrollo de las zonas áridas depende en gran parte de la disponibilidad de recursos hídricos. Históricamente, el principal factor para establecer un asentamiento era la sola presencia natural del agua en alguna forma aprovechable. Sin embargo, a medida que el hombre fue explotando más recursos ubicados en zonas áridas (pesqueros y mineros, principalmente), se fue haciendo necesario conducir el agua desde los lugares de oferta de este recurso hasta los centros usuarios ubicados a grandes distancias. En otros casos fue sólo la decisión de expandir la frontera agrícola o la de poblar zonas desérticas lo que motivó una acción de desarrollo en estas regiones, como sucedió con la ejecución del proyecto Majes-Siguas en el Departamento de Arequipa, Perú <sup>6/</sup> (véase el gráfico III).

El proyecto Majes-Siguas es un ejemplo de asentamiento humano cuya prioridad principal es poblar un desierto en base a la ampliación de la frontera agrícola. La primera acción fue por lo tanto superar la falta de agua (véase el cuadro 6) con los costos que aparecen en el gráfico IV, y que son muestra elocuente de la magnitud de tales trabajos.

Cuadro 4

## INTERACCION ENTRE LAS ACTIVIDADES DIRECTAS E INDIRECTAS

Actividades de acción indirecta	(1) Política y dirección	(2) Planificación	(3) Financiamiento (fuentes y monto)	(4) Apoyo legislativo	(5) Organización y racionalización	(6) Legislación	(7) Tecnología	(8) Relaciones funcionales	(9) Servicios técnicos especializados	(10) Gestión de proyectos	(11) Otorgamiento de derechos de agua	(12) Administración	(13) Investigación	(14) Capacitación
(a) EVALUACION			a											
(b) FORMULACION														
(c) EJECUCION														
(d) GESTION														
(e) CONSERVACION														

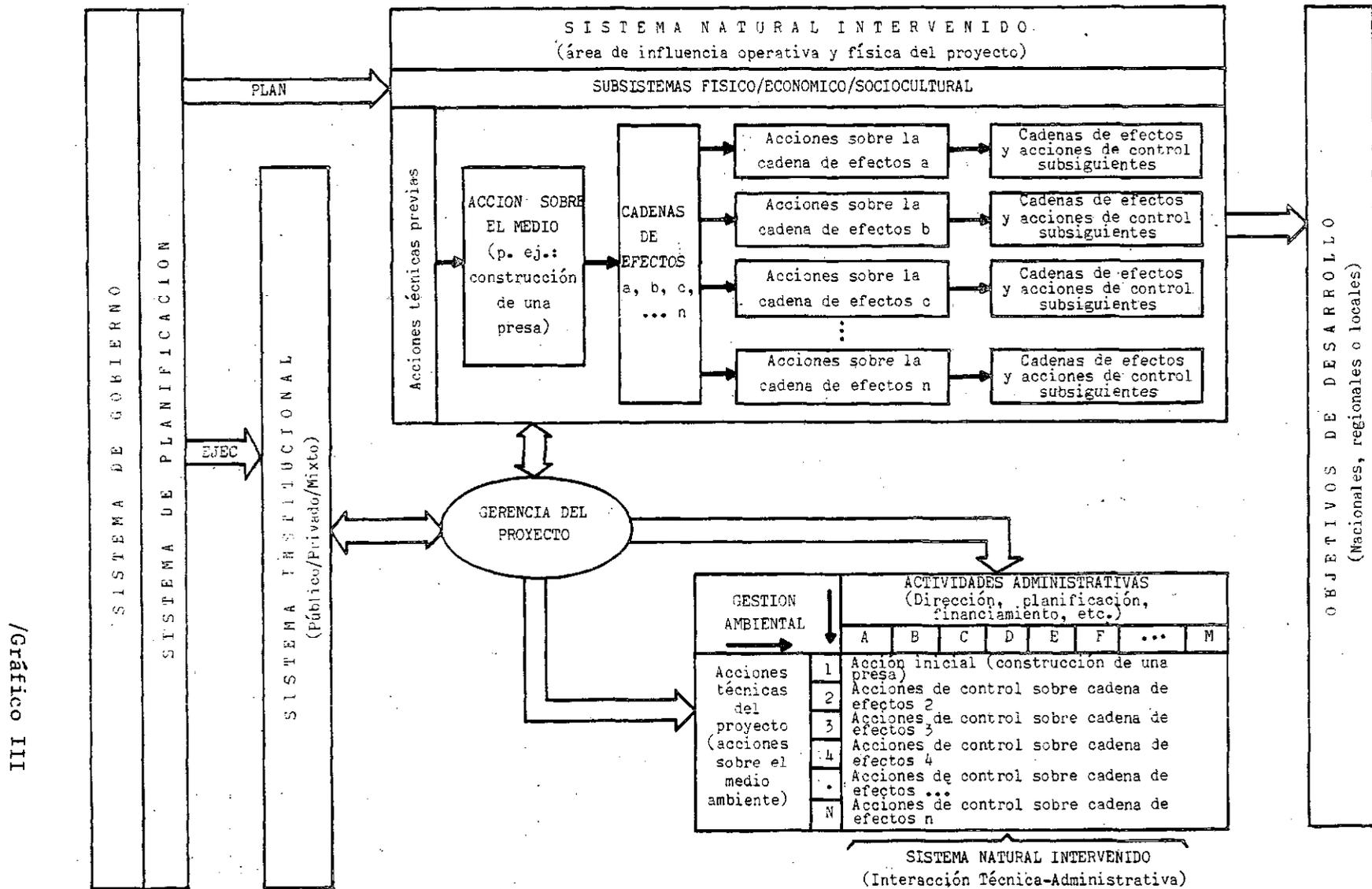
Fuente: Dourojeanni, Axel, La planificación para el desarrollo, aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos, documento CDA-24, presentado al Curso sobre la Dimensión Ambiental en la Planificación del Desarrollo, organizado por el CIFCA, el ILPES, la CEPAL, y realizado en Santiago de Chile entre el 20 de octubre y el 28 de noviembre de 1980.

a/Ver ejemplo (Cuadro7).



Gráfico II

ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LAS RELACIONES DE LA GERENCIA DE UN PROYECTO DE GESTION AMBIENTAL CON EL SISTEMA NATURAL INTERVENIDO Y LOS SISTEMAS INSTITUCIONALES <sup>a/</sup>

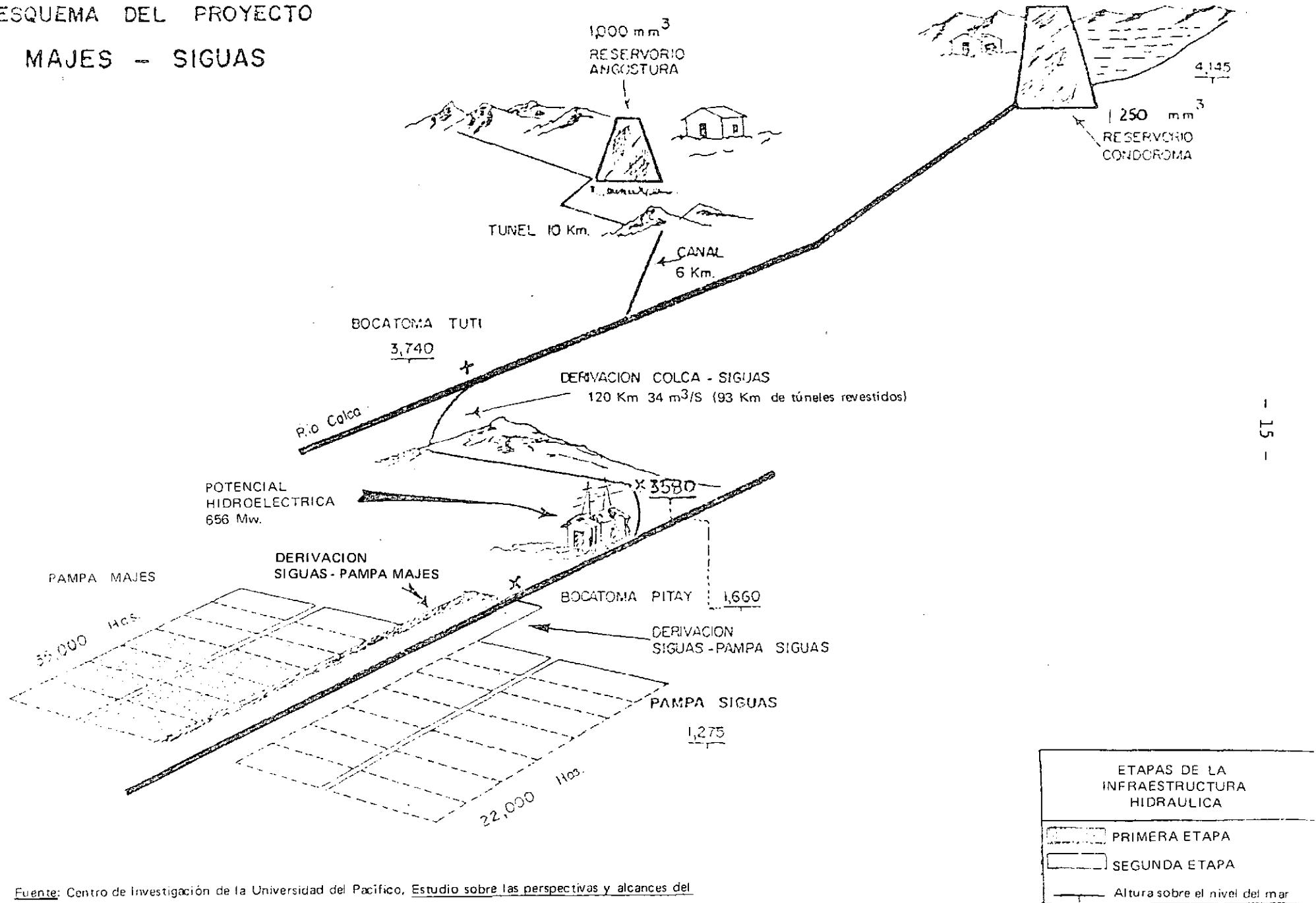


/Gráfico III

Fuente: CEPAL, La gestión ambiental y los grandes proyectos de Aprovechamiento de los recursos hídricos, documento E/CEPAL/G. 1203.

<sup>a/</sup> La gerencia del proyecto es responsable de ejecutar o coordinar todas las acciones técnicas de gestión ambiental que se efectúen dentro de su área de influencia operativa y física. Su organización es función de la cantidad de acciones técnicas de gestión ambiental que deba ejecutar o coordinar en el área del proyecto. De ella depende que estas acciones de gestión ambiental se ejecuten oportunamente para alcanzar los objetivos de desarrollo o metas del gobierno. Si existe más de una gerencia de proyectos interviniendo en el mismo sistema natural, éstas deben coordinarse entre sí.

ESQUEMA DEL PROYECTO  
MAJES - SIGUAS



Cuadro 6

Fuente: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Estudio sobre las perspectivas y alcances del Proyecto Majes - Siguas, Lima, 1980.

Cuadro 6

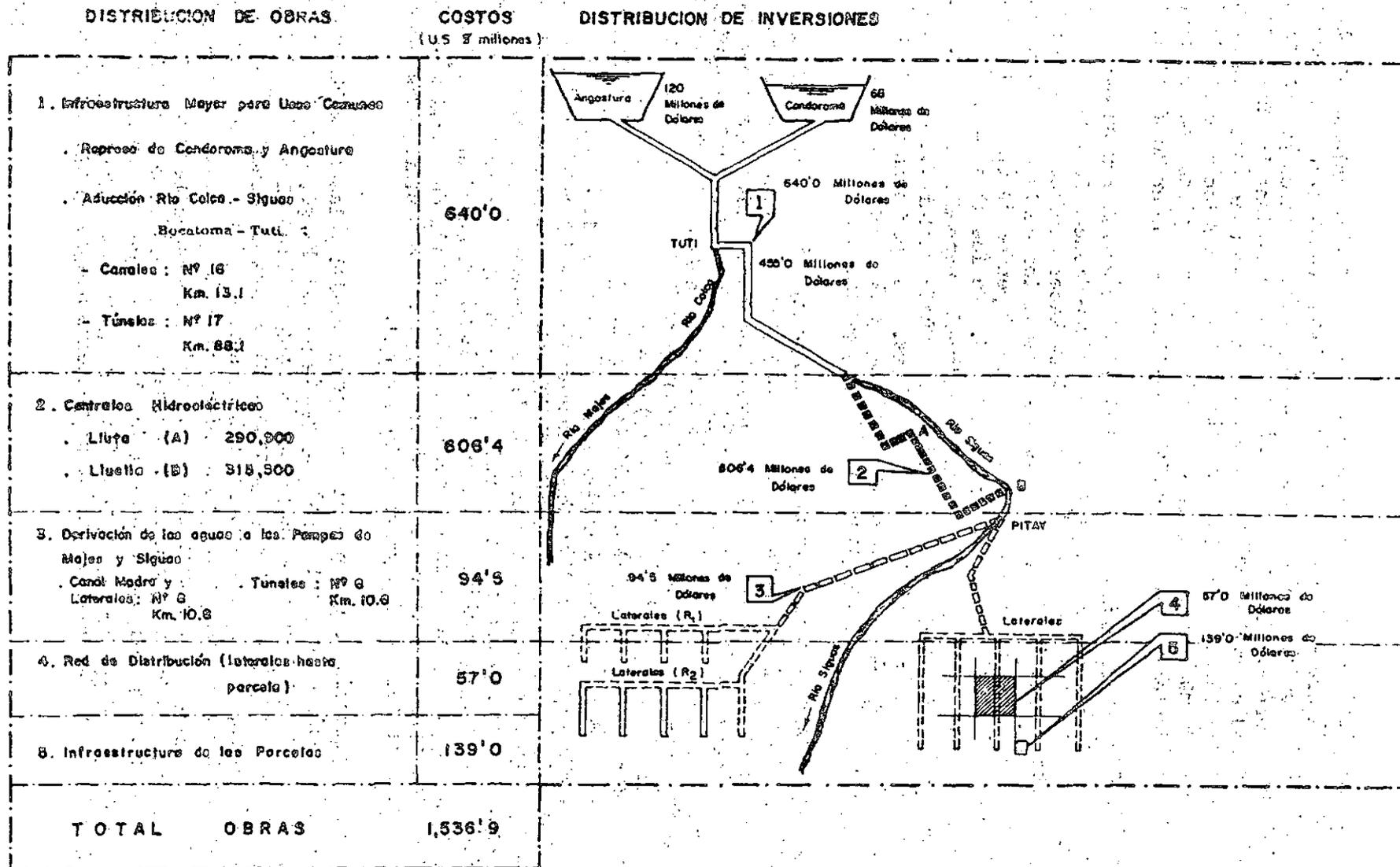
## MARCO REFERENCIAL PARA EL DESARROLLO DE LA MICRO-REGION MAJES-SIGUAS COMO ESPACIO DINAMIZADOR DE LA REGION SUR

FUNCION OBJETIVO: DESARROLLAR LA MICRO-REGION MAJES-SIGUAS ↓	A: SUMINISTRAR AGUA A LA MICRO-REGION MAJES-SIGUAS ↓	B: ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRODUCCION AGRICOLA-PECUARIA ↓	C: DESARROLLO ENERGETICO, INDUSTRIAL, POBLACIONAL, COMERCIAL Y OTROS ↓
<b>AMBITO GEOGRAFICO-GEOLÓGICO</b> Región árida, disecada por ríos de caudal alto y régimen irregular.	<b>AMBITO</b> Región Alto Colca, Alto Apurímac, Colca, Sigüas y pampas de Majes y Sigüas.	<b>AMBITO</b> Pampa de Majes y Sigüas	<b>AMBITO</b> Región Sur (Arequipa, Puno, Moquegua y Tacna)
<b>RESTRICCIONES FISICAS</b> Escasez de agua, suelos agrícolas, energía, industria, vías de comunicación, etc.	<b>RESTRICCIONES</b> Régimen irregular de descargas. Grandes distancias entre oferta y demanda de agua, topografía agreste. Falta de vías de comunicación. Financieras, político-legales, institucionales, administrativas, socio-culturales, gerenciales.	<b>RESTRICCIONES</b> Aguas, suelos inmaduros, pedregosos, ondulados y con alta infiltración en gran proporción del área. Alto costo de incorporación de tierras, sistemas de riego sofisticados, bajo nivel socio-cultural, alta presión de colonización, etc.	<b>RESTRICCIONES</b> Grandes distancias y alturas sobre el nivel del mar.  Costos, capacidad instalada.
<b>SOLUCIONES</b> <b>Técnicas</b> 1. Superar la restricción de agua (A) 2. Establecer asentamientos humanos e incorporar los suelos a la producción agrícola y agropecuaria (B) 3. Generar energía eléctrica (C) 4. Establecer centros de producción industrial (C) 5. Desarrollar infraestructura vial (C) 6. Desarrollar infraestructura comercial (C) 7. Otros (C) <b>Socio-Económicas</b> 9. Decisión política firme 10. Gerencia de alto nivel 11. Investigación y experimentación	<b>SOLUCIONES</b> Construcción de caminos, represas, túneles, canales y campamentos  Uso de maquinaria especializada y construcción de servicios  Eficiente gerencia. Eficiente supervisión. Apoyo político-legal y otros. Eficiente gerencia nacional.	<b>SOLUCIONES</b> Sistema de riego por espersión o goteo, desmenuzado, construcción de caminos, viviendas y servicios o incorporación de tierras de mejor calidad.  Decisión política constante. Alto nivel gerencial de asentamiento, investigación y extensión. Desarrollo por etapas de menor o mayor dificultad	<b>SOLUCIONES</b> Construcción de represas hidroeléctricas y sistema de distribución energética.  Desarrollo de parques industriales. Ampliación de puertos, depósitos.  Incentivos de inversión, investigación y capacitación industrial.

/Gráfico IV

Fuente: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Estudio sobre las perspectivas y alcances del proyecto Majes - Sigüas, Lima, 1980.

MONTOS ESTIMADOS DE INVERSION



/El resultado

Fuente: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Estudio sobre las perspectivas y alcances del Proyecto Majes - Siquas, Lima, 1980.

El resultado es que se crea en el desierto un núcleo poblacional básico, que en muchos casos va creciendo hasta adquirir proporciones enormes en relación a la disponibilidad de agua. Una vez en esta situación, la opinión general es que la demanda de agua debe atenderse cualquiera sea su costo; mientras exista la más remota posibilidad de "traer" agua, aunque sea en témpano de hielo, la población exigirá que así se haga. Se produce algo semejante a una locura colectiva de quedarse y ampliar más y más el asentamiento humano, sin pensar en la alternativa de usar más eficientemente los recursos disponibles o limitar la expansión.

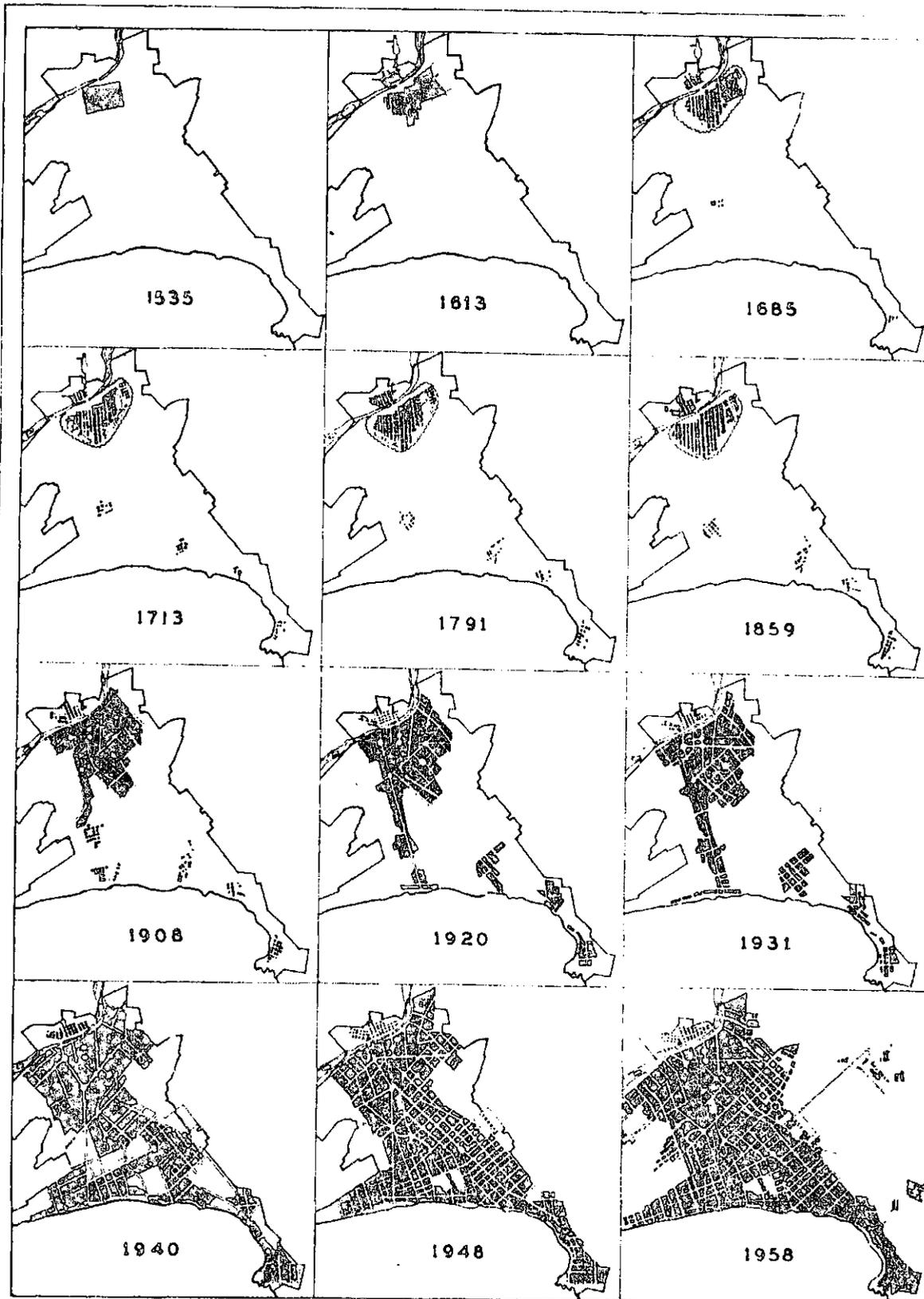
El ingeniero hidráulico constructor de grandes obras, por su parte, suele ser cómplice involuntario de esta expansión, y en cierta manera la condiciona, al sugerir nuevas obras cada vez más complejas y al hacer que, con el tiempo, los asentamientos poblacionales, los sistemas de riego, los centros ganaderos, las minas y cualquiera de los otros usuarios pasen a depender de un sistema de abastecimiento progresivamente más frágil y más inseguro. En los límites de expansión, la oferta suele ser apenas capaz de atender una demanda representada por personas convencidas de que el agua, como el aire, jamás puede faltar ... hasta que no sale agua por las llaves, grifos o caños de sus casas, y se percatan recién de su delicada dependencia respecto de la oferta natural de este elemento y de la adecuada operación del gran sistema hídrico construido.

Los casos de este tipo abundan. Sin ir muy lejos, basta ver cuántas son las ciudades ubicadas en las zonas áridas y semiáridas de la costa del Pacífico que ya están en dicha situación. Quizás un ejemplo claro está representado por la expansión urbana de la ciudad de Lima 7/ desde 1535 a 1976 cuya área agrícola circundante se redujo de 29 067 ha (90% del valle) en 1920 a 27 275 ha (84.6% del valle) en 1964 y a 9 064 ha (28.1% del valle) en 1979. A su vez, la parte urbana creció de 3 166 ha en 1920 (9.9% del valle) a 4 958 ha (15.4% del valle) en 1964 y a 23 169 ha (71.9% del valle) en 1979 (véanse los gráficos V, VI y VII). Es decir, el área agrícola del distrito de riego del Rímac, que en 1964 era de casi 85% del total, en el año 1979 bajó a 30%: una reducción de más del 50% del área total del valle en sólo 15 años. Dicha reducción repercutió en la demanda de agua, a tal punto que hoy se contempla la ejecución de un gran proyecto para traer agua del río Mantaro, que pertenece a la vertiente del Atlántico, y generar energía hidroeléctrica con una inversión que supera los mil millones de dólares, que será recuperada en una buena parte felizmente por la generación de energía eléctrica. El proyecto implica la necesidad de descontaminar el río Mantaro, afectado por relaves mineros (véanse los gráficos VIII y IX).

La competencia actual por el agua entre la ciudad y las pocas áreas de riego que quedan (casi 10 000 hectáreas) sigue siendo, sin embargo, muy grande. La compañía de agua potable de Lima utilizaba principalmente, el año 1979, los recursos de agua originalmente dedicados a usos agrícolas y energéticos. La demanda de agua superficial para uso urbano subió en Lima de 6.8 m<sup>3</sup>/seg a 11 m<sup>3</sup>/seg en menos de 10 años (sin contar la utilización de las aguas subterráneas), mientras la demanda para la agricultura era de 6.5 m<sup>3</sup>/seg. Dado que la descarga del río Rímac frecuentemente no supera los 15 m<sup>3</sup>/seg, hay un déficit de 2.5 m<sup>3</sup>/seg de agua superficial durante los meses de estiaje, lo que obliga a usar más y más aguas subterráneas (actualmente se extraen 9.5 m<sup>3</sup>/seg). Esta situación puede traer peligros de intrusión de agua salina proveniente del mar causada por una depresión

Gráfico V

### CRECIMIENTO DE LIMA METROPOLITANA DESDE 1535



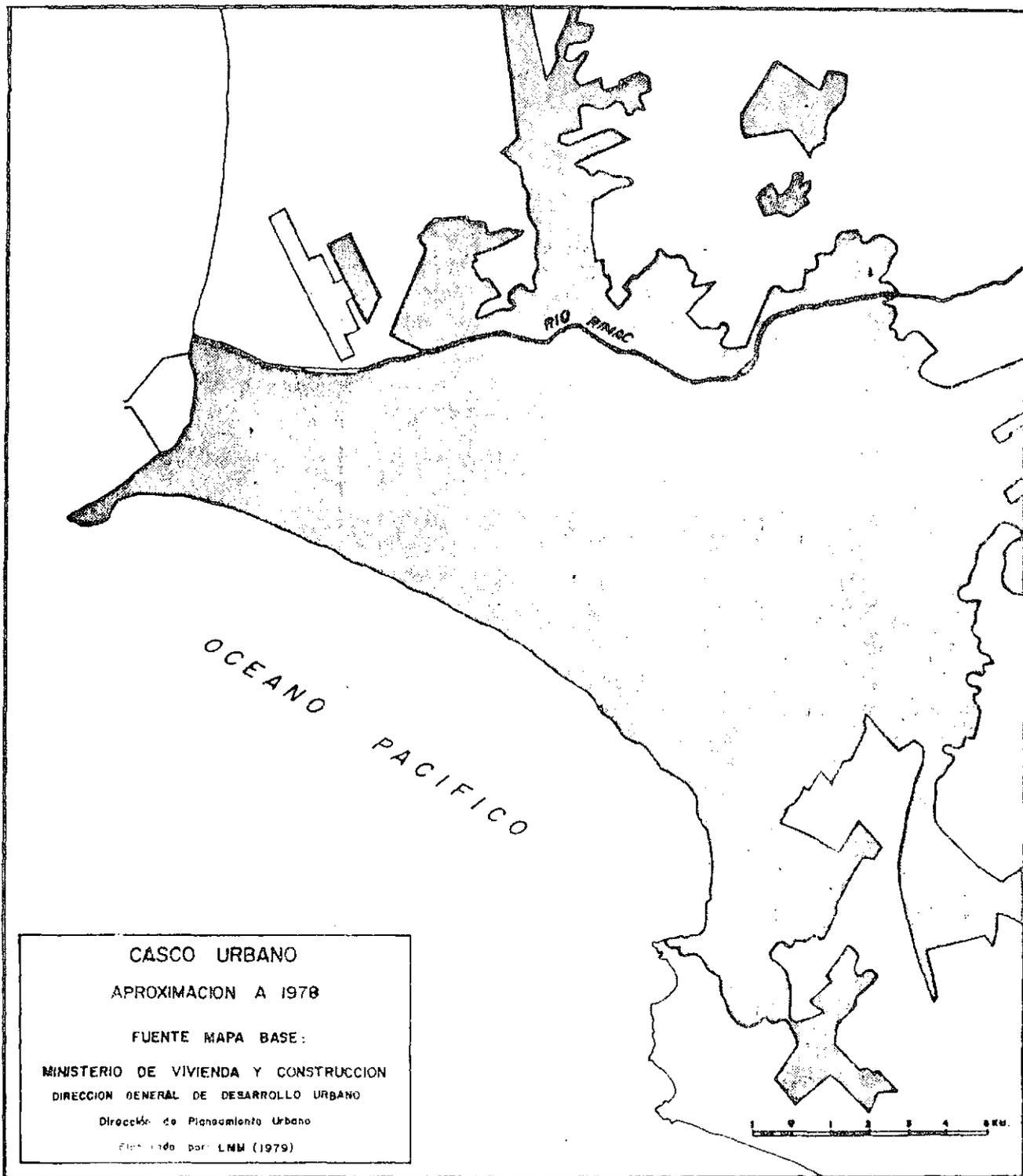
ESTUDIO  
Ing<sup>o</sup> JOSE BARBAGELATA B

DESARROLLO DE  
**LIMA**  
1535-CIUDAD CAPITAL-1958

DIBUJO  
MARIO BOJORQUEZ G  
Escala Métrica

Fuente: Luis Masson Meiss, La dimensión ambiental en el proceso del deterioro de los recursos naturales en la costa árida peruana: el caso del valle del Río Rímac. Oficina Nacional de Estudios de Recursos Naturales, LIMA, 1979.

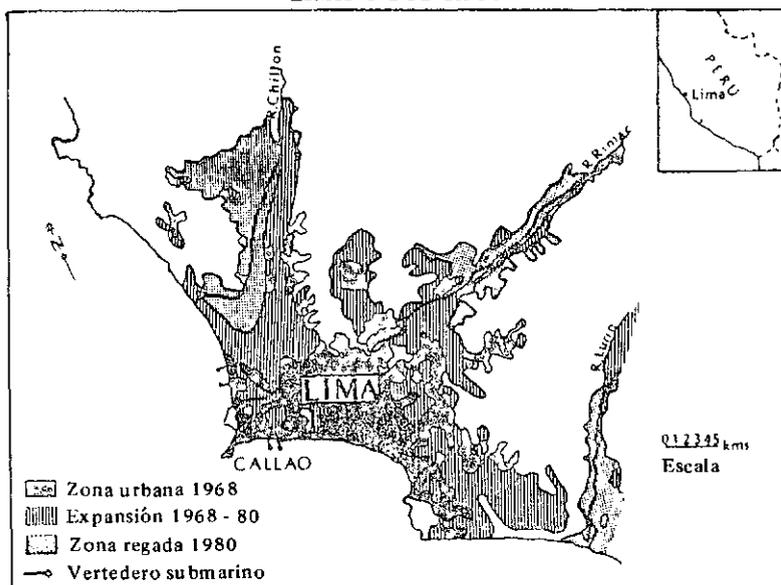
Gráfico VI  
CASCO URBANO DE LIMA METROPOLITANA, 1976



Fuente: Luis Masson Meiss, La dimensión ambiental en el proceso del deterioro de los recursos naturales en la costa árida peruana: el caso del valle del Río Rimac, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Lima, 1979

/Gráfico VII

Gráfico VII  
LIMA Y SUS RIOS

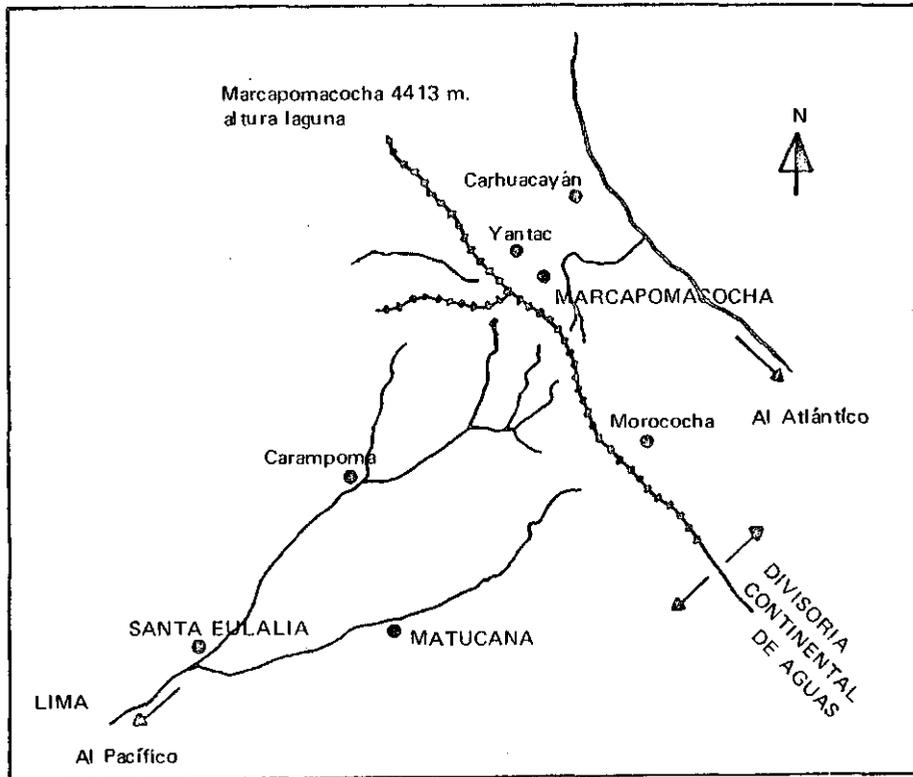


Fuente: Terence R. Lee, "Metropolitan Growth and Water Management in Latin America," *Natural Resources Forum* 3 (1979) pp. 401-416.

general en la napa freática que cuenta actualmente con una recarga de agua muy reducida por la disminución de las áreas de riego. Lima ya tiene restricciones de agua, y aparentemente con el proyecto Mantaro sólo podrá abastecerse la demanda hasta el año 2000. Por lo pronto, ya existen restricciones en el suministro de agua hasta 1987, año en que se espera que entre en operación el transvase. La napa freática tiene apenas un margen de unos 20 metros de bombeo, por lo que hasta el año 1987 se tendrá que manejar muy cuidadosamente en cuanto a fuente de abastecimiento de agua.

Ante estos problemas, cabe recordar la reflexión de un extranjero de visita en Lima: "no los entiendo: traen el agua de la sierra, la energía de la sierra, los alimentos de la sierra y la gente de la sierra ... para vivir en Lima. ¿Por qué mejor no ponen a Lima en la sierra?" Quizás es este el tipo de pregunta que cabe hacer antes de seguir insistiendo en expandir áreas "a cualquier costo" y haciendo más y más inseguras y precarias las posibilidades de sobrevivencia de los asentamientos humanos en las zonas áridas, que pasan a depender de un abastecimiento de agua muy sofisticado, costoso de mantener y susceptible de desbaratarse por problemas económicos, fenómenos naturales u otras causas. No hay que olvidarse que el hombre no sólo puede actuar sobre la oferta sino también sobre la demanda, limitándola o incluso reduciéndola a cero en ciertos sectores; como por ejemplo, con el fomento de jardines sin riego sobre la base de combinación de plantas xerofíticas y piedras.

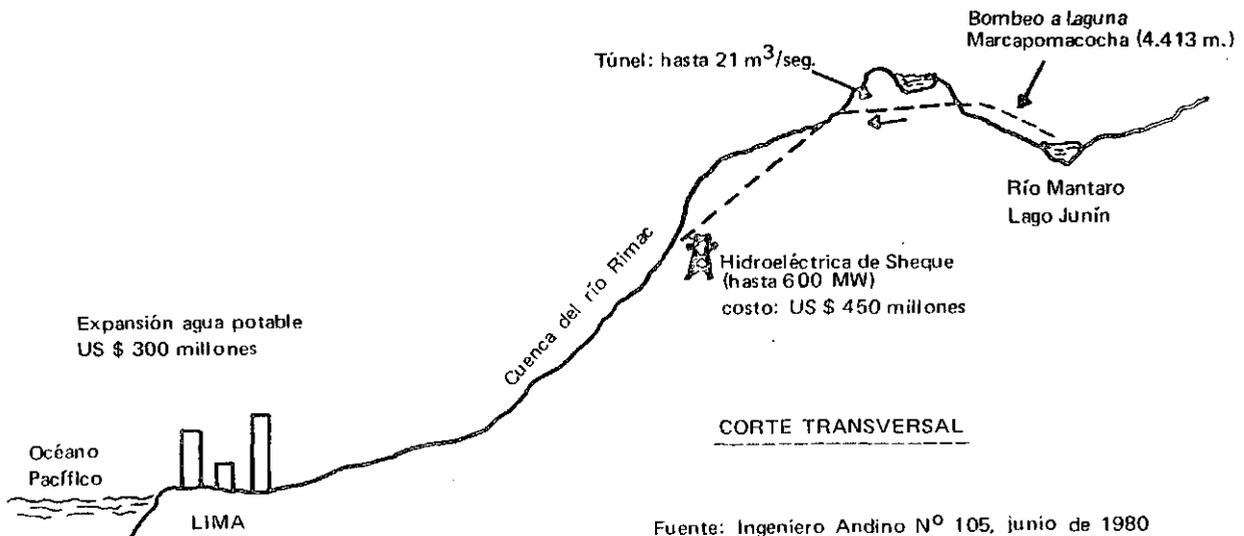
Gráfico VIII



Esquema de como operaría el transvase de agua del Mantaro hacia Lima

Fuente: Ingeniero Andino N° 105, junio de 1980.

Gráfico IX



Fuente: Ingeniero Andino N° 105, junio de 1980

/En casi

En casi todos los asentamientos humanos del Pacífico árido existen todavía muchas alternativas para aumentar la eficiencia del uso del agua. Sin embargo, cabe recordar que estas implican inversiones cada vez mayores, y no siempre posibles, sobre todo en lo que se refiere a la buena operación y mantenimiento de los sistemas construidos. En cuanto a la oferta, puede observarse gran descuido en el manejo y conservación de las zonas de captación en las que debería protegerse o preservarse la cantidad y la calidad del agua ofrecida por la naturaleza. Las ciudades y centros urbanos no pueden dejar de lado este aspecto, y deben contribuir al buen manejo de dichas zonas.

De lo anterior es fácil deducir, asimismo, que cuanto más grandes y complejos sean los sistemas mayor será también la dependencia de las ciudades y su susceptibilidad a un colapso de grandes proporciones. Menos vulnerables, en cambio, son aquellos sistemas relativamente pequeños, aptos para ser manejados por grupos poblacionales reducidos, e inclusive a nivel de vivienda: puede apreciarse entonces la importancia de combinar adecuadamente ambas alternativas.

#### 5. Conclusiones y recomendaciones

1. La problemática del agua en las zonas áridas y semiáridas no puede ser tratada en forma fragmentaria por diversos sectores usuarios; se trata de un problema netamente multisectorial. Toda conservación y uso eficiente del agua en un sector beneficiará a los restantes, por lo que se hace indispensable una planificación y operación conjunta de los sistemas hídricos.
2. El campo del manejo del agua en general no se circunscribe únicamente al área donde se utiliza, sino que debe forzosamente abarcar las áreas de captación y evacuación de este recurso, en especial las cuencas hidrográficas, los mantos acuíferos y las zonas de neblina o comanchacas, además de posibles tratamientos de agua de mar (desalinización).
3. Puesto que los volúmenes de agua de que se trata son muy escasos, es preciso tomar en cuenta todas las alternativas técnicas para mejorar la captación, conservación y uso del agua, por artesanales o relativamente pequeñas que sean. En zonas áridas hasta un litro de agua cuenta; de allí la importancia de desarrollar tecnologías apropiadas para captarlo y utilizarlo adecuadamente, en especial a nivel de cada vivienda o asentamiento.
4. La compatibilización entre la oferta y la demanda de agua tiene muchas alternativas posibles. Es importante reducir la demanda mediante un aumento en la eficiencia de la utilización y el reciclaje del recurso, pero no debe descartarse la posibilidad de reducir a cero el consumo en ciertos sectores (como por ejemplo, con el fomento de jardines sin riego, sobre la base de plantas xerofíticas y piedras).
5. En condiciones de aguda escasez de agua, la selección de alternativas debe hacerse mediante procedimientos analíticos que permitan seleccionar la mejor entre todas las disponibles. Mientras más sean las alternativas propuestas, mayor posibilidad habrá de seleccionar una más satisfactoria; de allí la importancia de investigar y elaborar nuevas ideas en este campo, así como de utilizar técnicas adecuadas para analizar los sistemas.

6. El concepto de "cuencas municipales" es poco conocido en América Latina, y podría aplicarse con éxito en regiones cuyas poblaciones usan prioritariamente el agua proveniente de determinadas cuencas para satisfacer sus necesidades de agua potable y para recreación y que, por lo tanto, tienen la responsabilidad de manejarlas y conservarlas.
7. El acceso al usuario es fundamental para mejorar el uso del agua. Se hace muy necesario disponer de un servicio de extensión y capacitación adecuado, capaz de crear conciencia acerca de la importancia de conservar el agua, tanto en cantidad como en calidad, incluso en niveles escolares.
8. El reciclaje o uso reiterado de la misma agua es otro aspecto importante, que suele verse limitado por la calidad del agua más que por su ubicación topográfica en relación con los diferentes usuarios. De allí que en zonas áridas las plantas de tratamiento de aguas servidas y contaminadas sean de alta prioridad.
9. Los esquemas de aprovechamiento de agua en zonas áridas exigen grandes inversiones para su construcción, operación y mantenimiento, y si bien constituyen un eje central del desarrollo, al mismo tiempo dejan a la región en situación de total dependencia respecto de la efectividad de su funcionamiento, por lo cual debe extremarse la adopción de medidas alternativas para garantizar un abastecimiento mínimo de agua en situaciones extremas.

#### Notas

- 1/ CEPAL, Agua, desarrollo y medio ambiente en América Latina, Informe, Santiago, Chile, julio de 1980.
- 2/ World Bank, "Comparative Study of the Management and Organization of Irrigation Projects", Staff Working Paper N° 458 Washington D.C., 1981.
- 3/ FAO, "Organization, Operation and Maintenance of Irrigation Schemes", FAO Irrigation and Drainage Paper N° 40, Roma, 1982.
- 4/ CEPAL, Informes del Primer y Segundo Seminario Latinoamericano sobre Cooperación Horizontal para el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, documentos E/CEPAL/G.1171 y E/CEPAL/G.1199, del 24 de marzo de 1981 y 18 de febrero de 1982, respectivamente.
- 5/ CEPAL, La gestión ambiental y los grandes proyectos de aprovechamiento de recursos hídricos, documento E/CEPAL/G.1203, 20 de julio de 1982.
- 6/ Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Estudio sobre las perspectivas y alcances del proyecto Majes-Siguas, Lima, 1980.
- 7/ Luis Masson Meiss, La dimensión ambiental en el proceso de deterioro de los recursos naturales en la costa árida peruana - el caso del valle del río Rímac, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Lima, 1979.