

Recursos naturales / Serie del agua No. 3

**LA DEMANDA DE AGUA:
PROCEDIMIENTOS Y METODOLOGIAS
PARA PROYECTAR LAS DEMANDAS DE AGUA
EN EL CONTEXTO DE LA PLANIFICACION
REGIONAL Y NACIONAL**



NACIONES UNIDAS

Capítulo IV

DEMANDAS DE AGUA DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

La demanda diaria de agua del ser humano varía entre 1,5 y 20 litros, y depende sobre todo del clima y de la actividad física. Los usos domésticos por habitante y día dan un promedio de 15 a 20 litros en las zonas rurales abastecidas mediante pozos públicos y de 100 a 150 litros en barrios residenciales de zonas urbanas con agua corriente en las viviendas. Los grandes grupos de demandas de agua en zonas urbanas, además de los usos domésticos, son los servicios públicos (limpieza de calles, servicio de bomberos, parques, escuelas, hospitales, etc.), establecimientos comerciales (tiendas, hoteles, lavanderías, etc.) e instalaciones industriales. Los asentamientos rurales necesitan agua para el ganado y para el riego cuya demanda puede sobrepasar considerablemente la de los usos domésticos en regiones áridas y semiáridas.

La importancia de un suministro de agua suficiente para la salud y el bienestar de los habitantes de los asentamientos humanos se halla generalmente admitida. Lo que hace falta es que se reconozca que el agua es uno de los factores condicionantes en la planificación de zonas rurales y urbanas, factor de especial relieve en los países en desarrollo, donde la escasez de capital no permite transportar el agua de fuentes distantes.

Los objetivos y las limitaciones que han de tenerse en cuenta al evaluar la demanda de agua derivan del contexto general de la fase de planificación. En los países desarrollados la finalidad básica de la planificación es alcanzar el nivel de abastecimiento deseado al costo mínimo. En los países en desarrollo la finalidad de la planificación es determinar la distribución del capital escaso de que se dispone. Al asignar capital para el abastecimiento de agua de una comunidad hay que tener presente que la obtención de un "mínimo social" de suministro de agua (que depende del clima, de la vivienda, de la densidad de población, de las tradiciones respecto del uso del agua y de otros factores) debe tener prioridad sobre otras demandas de agua.

Hay cuatro grandes grupos de factores que influyen en el nivel de la demanda de agua en una localidad dada: a) las instalaciones que suministran agua a los usuarios (por ejemplo, agua corriente en las viviendas o distancia entre las fuentes públicas); b) nivel de ingresos de los habitantes y distribución del ingreso entre los diversos grupos; c) costumbres y tradiciones respecto del uso del agua; y d) precio del agua. Los factores del primer grupo se hallan enteramente en manos del planificador. El nivel de ingresos de los principales grupos de población y las costumbres en relación con el uso del agua pueden conocerse y predecirse dentro de unos límites aceptables. Por lo que respecta a la fijación de la política de precios y tarifas o instrumentos para controlar la demanda de agua cabe recomendar los siguientes criterios: a) los precios sólo tienen un efecto de control si se refieren a los usuarios con contador; b) las tarifas uniformes suelen fomentar el mal aprovechamiento y el despilfarro; y c) la función potencial del precio como factor de control es particularmente notable en los barrios residenciales cuya población tiene ingresos altos y en períodos en que las demandas se aproximan a la capacidad máxima del sistema de abastecimiento y la ampliación de esa capacidad exige una inversión considerable. No obstante, las demandas de agua correspondientes

Las necesidades sanitarias mínimas deben satisfacerse de manera gratuita o a precios especiales muy reducidos para quienes no pueden pagar tarifas más altas. Con arreglo a los tipos de uso, estructuras de tarifas, nivel de ingresos y otros factores, la elasticidad del precio de las demandas de agua varía de unas regiones a otras y de unas localidades a otras. (Véase el capítulo IX donde se examina más detenidamente las cuestiones relacionadas con la política de precios y la estructura de las tarifas.)

Las dificultades técnicas y los costos específicos del abastecimiento de agua dependen en gran parte de la densidad de población. Las grandes diferencias entre las zonas urbanas y las rurales en cuanto al porcentaje de población que dispone de un abastecimiento de agua en buenas condiciones y los niveles reales de las demandas de agua son en buena medida reflejo de las diferencias en cuanto a la densidad media de población.

Demandas de agua y niveles sanitarios

El nivel del abastecimiento de agua puede afectar al nivel sanitario de las comunidades en dos sentidos principales: a) la calidad del agua potable tiene una repercusión directa sobre la salud; b) la cantidad y calidad del agua disponible para aseo y limpieza tiene una repercusión indirecta pero importante en las condiciones sanitarias.

Aunque los efectos del abastecimiento de agua en la salud están demostrados por hechos dramáticos, es difícil dar criterios cuantitativos generales acerca de los niveles "adecuados" de suministro de agua. Ello se debe en parte a la amplia capacidad de adaptación del organismo humano a las condiciones locales. Por ejemplo en muchas regiones húmedas y templadas se utiliza como agua potable normal la que contiene no más de 500 partes por millón (ppm) de sólidos en suspensión, mientras que en muchas regiones áridas se consideran perfectamente aceptables las aguas de 1.500 ppm de sólidos en suspensión, y aguas que rebasan las 3.000 ppm se utilizan sin daño visible para la población en Arabia Saudita y otras regiones desérticas donde sólo se dispone de agua con ese grado de salinidad. El carácter acumulativo de algunos de los efectos sanitarios, así como su interrelación con otros factores que afectan a la salud humana, son otros obstáculos a la cuantificación. Estas imprecisiones y las alteraciones regionales se reflejan también en las recomendaciones o pautas respecto de la calidad del agua potable (véanse cuadros 5 y 6).

La lista de enfermedades que son comunes allí donde el agua escasea o es insalubre es muy larga. Estas enfermedades siguen causando la debilidad y la muerte de millones de personas en todo el mundo. Aunque los riesgos son mayores en Asia, Africa y América del Sur, están expuestas a ellos las poblaciones rurales de todo el mundo, salvo en los países industriales muy desarrollados.

Cuadro 5

Comparación de elementos químicos en las normas de calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Servicio de Sanidad de los Estados Unidos (USPHS)

Componente químico	Concentración (miligramos por litro)						
	OMS: Normas internacionales (1958)			OMS: Normas europeas (1961)		USPHS (1962)	
	Límite permisible	Límite excesivo	Máximo permisible	Límite recomendado	Límite de tolerancia	Límite recomendado	Máximo permisible
Sulfonato de benceno alquílico	...	...	...	...	...	0,5	...
Amoníaco (NH ₄)	...	...	...	0-5	...	...	...
Arsénico	...	...	0,2	...	0,2	0,01	0,5
Bario	...	...	...	...	...	...	1,0
	...	...	...	...	0,05	...	0,01
Calcio	75	200	...	...	...	...	...
Extracto de cloroformo de carbono	...	...	...	...	...	0,2	...
Cloruro	200	600	...	350	...	250	...
Cromo (hexavalente)	...	...	0,05	...	0,05	...	0,05
Cobre	1,0	1,5	...	3,0 ^{a/}	...	1,0	...
Cianuro	...	...	0,01	...	0,01	0,01	0,2
Fluoruro	...	...	...	1,5	...	0,8-1,7 ^{b/}	1,6-3,4 ^{b/}
Hierro	0,3	1,0	...	0,1	...	0,3	...
Plomo	...	...	0,1	...	0,1	...	0,05
Magnesio	50	150	...	125 ^{c/}	...	...	...
Magnesio + sulfato de sodio	500	1 000	...	...	...	...	...
Manganeso	0,1	0,5	...	0,1	...	0,05	...
Nitrato (NO ₃)	...	...	...	50	...	45	...
Oxígeno disuelto (mínimo)	...	...	...	5,0	...	...	...
Compuestos fenólicos (fenoles)	0,001	0,002	...	0,001	...	0,001	...
Selenio	...	...	0,05	...	0,05	...	0,01
Plata	...	...	...	...	...	...	0,05
Sulfato	200	400	...	250	...	250	...
Total sólidos	500	1 500	...	...	...	500	...
Zinc	5,0	15	...	5,0	...	5,0	...

^{a/} Después de 16 horas de contacto con tuberías nuevas, pero el agua que entra en un sistema de distribución debe contener menos de 0,05 mg/l de cobre.

^{b/} Los límites recomendados y las concentraciones máximas permisibles varían inversamente a la temperatura media anual.

^{c/} Si el sulfato se eleva a 250 mg/l, el magnesio no debe exceder de 30 mg/l.

Cuadro 6

Normas químicas de calidad del agua potable del Japón, 1965

Elementos químicos	Concentración (miligramos por litro)
Total sólidos disueltos	500
Índice de acidez (P ^H)	5,8-8,6
Dureza total	300
Reducción de permanganato potásico	10
Cloruro	200
Nitrógeno amoniacal)	
)	
Nitrito)	No se han de detectar
)	al mismo tiempo
Nitrato	10
Hierro	0,3
Manganeso	0,3
Flúor	0,8
Plomo	0,1
Arsénico	0,05
Cromo (hexavalente)	0,05
Cobre	1,0
Zinc	1,0
Fenoles	0,005
Cianuro	No detectado
Mercurio	No detectado
Sulfonato de benzeno alquílico	0,5
Fósforo orgánico	No detectado
Cloro residual	Más de 0,1

El número de víctimas de estas enfermedades ha sido objeto de diversas estimaciones, puesto que son raros los datos pormenorizados. A continuación figuran unas estimaciones bastante aproximadas de la frecuencia de algunas de estas enfermedades propagadas por el agua o relacionadas con la misma:

<u>Clase</u>	<u>Número de personas afectadas</u> (<u>en millones</u>)
Anquilostomiasis	700
Esquistosomiasis	200
Oncocercosis	40
Paludismo	25
Lepra	10

Fuente: L.M. Howard, "Three key dilemmas in international health", American Journal of Public Health, enero de 1972.

Debido a las deficiencias de los medios de saneamiento y a la consiguiente falta de higiene personal, estas enfermedades son causa de despilfarro y de utilización ineficaz de la energía de los alimentos. Se están acumulando pruebas de que se produce una grave pérdida de la energía ingerida con los alimentos en dos formas: el intestino no absorbe eficientemente los alimentos y la fiebre acelera el metabolismo de la energía proteínica y calórica.

Se ha señalado que la producción de energía del cuerpo humano aumenta en un 7,2% por cada grado más de temperatura en el termómetro Fahrenheit. Una sola crisis febril aguda de paludismo requiere una demanda media de energía de 5.000 kilocalorías diarias en el adulto, demanda equivalente a dos días de duro trabajo manual. En algunas zonas de los países en desarrollo una tercera parte de la población puede experimentar una crisis febril en cualquier momento, hasta el 90% puede tener parásitos y hasta el 8% tuberculosis activa. En tales condiciones se crea una demanda de energía equivalente a 7.500 toneladas de arroz al mes por millón de habitantes por encima de las necesidades normales.

Estudios realizados en Singapur sobre los efectos del suministro de agua por tuberías en los niveles sanitarios indicaron que con el aumento del abastecimiento de agua por habitante durante el decenio de 1960 hubo un notable descenso de la mortalidad debida a ciertas enfermedades propagadas por el agua, como la gastroenteritis o disentería, y de la frecuencia de tales enfermedades, y llegan a la conclusión de que un consumo doméstico diario por habitante de 90 litros de agua de gran calidad conducida por tuberías parece ser el "mínimo social" para la prevención de las enfermedades propagadas por el agua en esa ciudad.

La eliminación de desechos es el otro gran problema relacionado con el agua que se plantea en los asentamientos humanos y que afecta muy de cerca a las condiciones de vida y a los niveles sanitarios.

El agua es utilizada en todas partes como medio para transportar y depurar los residuos urbanos e industriales. Suponiendo que persistan las tendencias del pasado, hay que prever, desde el punto de vista de la demanda, un creciente consumo de agua por habitante con tal fin. De otra parte, otras técnicas que implican reutilización en circuito cerrado y otros fluidos podrían conducir a una reducción muy acentuada de la demanda.

Por lo que respecta a los núcleos urbanos nuevos, incluidas la ampliación y la renovación de distritos urbanos antiguos, es probable que estas soluciones sean mutuamente excluyentes. O bien la economía o las consideraciones ambientales, o ambas, favorecerán un sistema de eliminación de circuito cerrado, o bien estos factores favorecerán el actual sistema de colectores y depuración centralizada.

La decisión que se adopte estará condicionada en gran parte por la política gubernamental y por las medidas institucionales para ponerla en práctica. Por ejemplo, la política y las instituciones actuales, si se mantienen, podrían impedir la aplicación del sistema de circuito cerrado. El sistema central de recogida y tratamiento tiene las ventajas económicas que deparan las economías de escala. Los costos del tratamiento completo representan unos centavos diarios por habitante. Como es muy probable que la capacidad actual de los sistemas de distribución de agua en zonas urbanas siga siendo necesaria para la protección contra incendios, las posibles reducciones del uso del agua no supondrán una gran disminución del costo final del abastecimiento de agua. (Un factor importante será el de las medidas institucionales para sufragar los gastos del tratamiento centralizado de los desechos.) En la actualidad se trata en gran parte de una obligación municipal y los costos de capital se cubren con la tributación en general.

En tales circunstancias, los incentivos económicos se oponen a la introducción de una tecnología nueva de circuito cerrado para la eliminación de desechos que esté basada en instalaciones de propiedad individual, aún cuando pueda ser más eficiente desde el punto de vista nacional global.

Si se modificara esta situación, por ejemplo, mediante una política general de repercusión de los costos en el usuario, basada en el volumen de las aguas residuales y de los residuos vertidos, la tecnología del sistema cerrado podría ser utilizada por cualquier usuario en el momento en que resultara menos costosa que los gravámenes impuestos por tal concepto. Si se deseara llegar al máximo en la preservación de la pureza de las aguas naturales, podría elevarse la cuantía de los gravámenes para acelerar la instalación del sistema cerrado u ofrecer un subsidio directo basado en el beneficio que supone para la nación la mejora de la calidad del agua.

Demandas de abastecimiento público de agua a escala mundial

Un fenómeno mundial del último cuarto de siglo es el movimiento de la población hacia los centros urbanos. Trátese de países desarrollados o de países en desarrollo, este desplazamiento de la población se ha producido con asombrosa velocidad. Los esfuerzos realizados por los gobiernos para contener esta ola no han tenido gran éxito. El uso del agua aumenta inevitablemente con la expansión de la urbanización. Cambian las formas de vida, aumenta la densidad de población, se multiplican los usos del agua, en ocasiones se eleva el nivel de vida y a menudo avanza la industrialización. El cambio con respecto a los anteriores usos del agua en zonas rurales es radical, y las instalaciones comerciales y los servicios de todo tipo aumentan rápidamente en número y en magnitud.

Ciudades grandes vienen existiendo desde hace mucho tiempo, pero la formación de grandes complejos metropolitanos que trascienden los antiguos límites administrativos es muy reciente. Existen en la actualidad 1.784 ciudades con una población de más de 100.000 habitantes, lo que supone un aumento de un 20% en 10 años 1/. Las ciudades de 1 millón de habitantes o más, que hace diez años eran 104, son hoy 133, de las cuales 44 se hallan en Asia, 34 en América del Norte, 29 en Europa, 10 en la Unión Soviética, nueve en América del Sur, cinco en África y dos en Oceanía. Prácticamente todas ellas se han extendido por zonas adyacentes de diversos tamaños y densidad de población. En lo que respecta al uso del agua, estas aglomeraciones representan un problema institucional apenas entrevisto hace unos decenios. Para atenderlas se necesitan grandes cantidades de agua, y la multiplicidad de sus demandas para el futuro exige un estudio detenido. Su administración plantea dificultades en todas partes.

En casi todas las regiones del mundo los cambios mencionados van acompañados del rápido aumento de los usos públicos del agua para la lucha contra incendios, limpieza de calles, riego de parques y zonas verdes de las carreteras y servicio de edificios de propiedad pública. Es curioso que en algunos países en desarrollo el agua destinada a estos usos públicos sea más abundante, el servicio más continuo y con mayor presión que en el caso del abastecimiento de agua potable.

La tarea de suministrar agua a las comunidades urbanas, aunque plantea muchas dificultades, es mucho más simple y económica que la de prestar el mismo servicio a las comunidades rurales. La misma unidad de gasto abarca generalmente a un mayor número de personas en las zonas urbanas que en las aldeas o poblados dispersos. El método logístico, sea en el orden técnico, económico o político, es esencialmente más sencillo. No obstante, en una gran parte del mundo, ni siquiera en las zonas urbanas se dispone de un suministro de agua continuo y en buenas condiciones.

Un estudio realizado recientemente por la Organización Mundial de la Salud 2/ da una idea bastante exacta de la situación del abastecimiento público de agua. Los datos que se resumen a continuación y en los cuadros 7 a 10 son resultado de un análisis reciente sobre 90 países, entre ellos 88 países en desarrollo que totalizaban una población de 1.627 millones de habitantes en 1970 y tendrán unos 2.150 millones según la cifra estimada para 1980, es decir, un 32% más. La población rural representaba en 1970 el 72% del total y si bien se esperaba un descenso durante el decenio de 1970, las autoridades en la materia calculan que en 1980 seguirá constituyendo el 67% del total.

Dentro de estas coordenadas demográficas, las cifras de los cuadros 7 y 8 hacen ver toda la gravedad de la situación en la actualidad y en el futuro inmediato. La tarea que hay que abordar es realmente formidable.

1/ Demographic Yearbook, 1970 (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: E/F.71.XIII.1).

2/ "Programa de abastecimiento público del agua: Informe del Director General" (A25/29) (Ginebra, 20 de abril de 1972).

Cuadro 7

Necesidades de servicios de abastecimiento público
de agua en 90 países, 1970-1980

	Población carente de servicios adecuados en 1970		Crecimiento demográfico estimado, 1970-1980 (en millones de habitantes)	Estimación de la población necesitada de servicios en 1980	
	Número de habitantes (en millones)	Porcentaje de la población de 1970		Número de habitantes (en millones)	Porcentaje de la población de 1970
Urbana	232	50	251	483	68
Rural	1 026	88	272	1 298	90
Total	1 258	77	523	1 781	83

Fuente de los cuadros 7 a 10: "Programa de abastecimiento público del agua Informe del Director General" (A25/29) (Ginebra, 20 de abril de 1972).

Cuadro 8

Población atendida por servicios de abastecimiento público
de agua, 1962 y 1970

(En porcentajes)

	1962	1970
Población urbana atendida mediante:		
Acometida en las viviendas	33	50
Fuentes públicas	26	20
Total	59	70
Población rural atendida	10	12
Total (urbana y rural)	000	28

Cuadro 9

Estimación de los progresos que se han de realizar en el
abastecimiento público de agua para alcanzar los objetivos
del Segundo Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo,
90 países

	<u>Población urbana</u>			Población rural (Acceso a agua potable)	Total (urbana y rural)
	Mediante acometida en las viviendas	Mediante fuentes públicas	Total		
Población a la que habrá que abastecer en 1980 (millones de habitantes)	427 <u>a/</u>	285 <u>b/</u>	712	357 <u>c/</u>	1 069
Población abastecida en 1970 (millones de habitantes)	229	92	321	140	461
Población adicional a la que habrá que abastecer (millones de habitantes)	198	193	391	217	608
Costo de las obras por habitante (en dólares)	38	15		13	
Costo estimado de las obras (en millones de dólares)	7 500	2 900	10 400	2 800	13 200
Fondos invertidos, 1970 (en millones de dólares)	...	...	807	138	945

a/ El 60% de la población urbana de 1980.

b/ El 40% de la población urbana de 1980.

c/ El 25% de la población rural de 1980.

Cuadro 10

Obstáculos al progreso en el suministro público de agua
por orden de importancia

Obstáculo.	Africa	América	Mediterráneo oriental	Europa	Asia sudoriental	Pacífico occidental	Total
Financiación interna insuficiente	1	1	1	5	1	1	1
Falta de personal capacitado	3	4	2	2	4	2	2
Estructura administrativa inadecuada	5	2	4	1	3	5	3
Financiación externa insuficiente	2	6	3	6	5	3	4
Estructura financiera inadecuada	6	3	6	3	2	6	5
Producción insuficiente de material en el país	4	7	5	7	6	4	6
Ordenamiento jurídico inadecuado o anticuado	7	5	7	4	7	7	7

Nota: El orden de importancia establecido por los países de cada región respecto de los siete obstáculos se refleja en el cuadro asignando valores a cada uno de ellos, el valor 1 al más importante y el valor 7 al menos importante.

El presupuesto total necesario para alcanzar el objetivo del Segundo Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo en los 90 países estudiados se calcula en 13.200 millones de dólares. En el cuadro 9 se exponen los detalles.

Aún con este impresionante nivel de gasto, se estima que sólo el 25% de la población rural podrá disponer fácilmente de agua en condiciones satisfactorias en 1980. El objetivo es muy modesto, pero la OMS lo considera realista dadas las limitaciones actuales en cuanto a las instituciones, la mano de obra, la logística y los fondos de inversión. Estas limitaciones son la clave del problema de ampliar el servicio más rápidamente a los residentes en zonas rurales. El orden de importancia atribuido a las diferentes limitaciones por los gobiernos de los países estudiados por la OMS se indica en el cuadro 10.

El obstáculo que en todas las regiones excepto en una se considera más grave es la insuficiencia de la financiación interna. Esto se debe evidentemente a que los gobiernos no reconocen la importancia de la tarea o a que el país tiene otras necesidades, como pueden ser la alimentación, las escuelas o carreteras, que requieren cuantiosas inversiones.

Ante la preocupación que hoy existe por la protección del medio, era inevitable que los portavoces de los países en desarrollo recordaran a las personas menos informadas que hay población urbana y rural que todavía no dispone de servicios de abastecimiento de agua. Así, en el ya conocido "Informe de Founex" sobre el desarrollo y el medio ambiente se subraya que:

"Los problemas ambientales de los países en desarrollo pueden clasificarse en líneas generales en dos grupos: los derivados de la pobreza o de la insuficiencia del desarrollo y los que origina el propio proceso de desarrollo ... Los medios de atenuar los primeros se hallan íntimamente relacionados con la política general de desarrollo. Esta política ... debe abarcar algunos de los principales problemas del medio que se plantean en el contexto de la pobreza urbana y rural ... Problemas de suministro de agua deficiente, alcantarillado insuficiente, enfermedad, deficiencias de la nutrición y vivienda insalubre han de abordarse en el proceso de planificación y formulación de la política. Las metas y los objetivos en estas esferas deben integrarse en los planes de desarrollo al igual que los relativos al aumento de la producción." 3/

Datos indicativos sobre las demandas de agua en zonas rurales y urbanas

El examen de los datos referentes a otras regiones podría facilitar la formulación de una estimación inicial de las demandas de agua previsibles en zonas rurales y urbanas. A tal efecto, en el anexo I se ofrece una selección de datos de hecho y recomendaciones y normas nacionales indicativas, basada sobre todo en datos comunicados y citados en los documentos de trabajo del Grupo Especial de Expertos.

3/ Véase Environment and Development, número especial de International Conciliation, No. 586 (Nueva York, Carnegie Endowment for International Peace, enero de 1972), pág. 14.

En las páginas que siguen se proporciona más información y se sugieren otras consideraciones que podrían facilitar la elección de los datos y procedimientos aplicables a diversas circunstancias.

Fases y tendencias de la demanda de agua en zonas rurales y urbanas

En una determinada localidad, el paso de una situación en la que no existe conducción de agua por tuberías a un servicio comunitario con acometida directa en las viviendas e instalaciones de fontanería, normalmente lleva mucho tiempo y se efectúa en varias etapas que se reflejan también en el nivel de la demanda de agua. Esta evolución gradual responde al principio básico de distribuir los recursos de capital escasos de tal manera que toda la región o todo el país pueda percibir los máximos beneficios sociales, y el número y duración de esas etapas corresponda con el ritmo del desarrollo socioeconómico general y los niveles de vida. La Organización Mundial de la Salud distingue tres etapas de desarrollo en el establecimiento de un servicio comunitario de abastecimiento de agua:

a) Un sistema rudimentario que representa la primera etapa de desarrollo del abastecimiento de agua proporcionará generalmente cantidades mínimas de agua, principalmente por medio de fuentes públicas, y sólo un número limitado de consumidores (hasta un 10%) recibirán el suministro en sus viviendas o en los edificios en que éstas se hallen. Tal sistema puede planearse para un consumo neto por habitante de 20 a 30 litros de agua diarios mediante fuentes públicas y entre 50 y 80 litros diarios para los consumidores con acometida. Evidentemente, tal sistema se planeará para un período relativamente corto y es de esperar que la mejora de la situación económica general permitirá implantar el sistema intermedio en un futuro no lejano. El período de planificación será por lo general de cinco a diez años. Las estimaciones de los aumentos de población serán moderadas. Las consideraciones técnicas que afecten al perfeccionamiento del sistema normalmente serán secundarias respecto del objetivo fundamental de suministrar una cantidad mínima de agua en condiciones de salubridad, aun cuando el consumidor haya de sufrir algunas incomodidades;

b) Los factores que indican la necesidad de un sistema intermedio son muchos. El nivel económico de la comunidad es el más importante, pues se prevé que en un sistema intermedio una gran parte de la población pagará por el agua que consuma. Tal sistema será viable en una comunidad de tamaño medio en la que la actividad económica ofrezca una base sólida para su establecimiento. Habrá un programa activo de construcción de viviendas. Las instalaciones sanitarias irán ampliándose gradualmente, pero el consumo para usos domésticos como riego de céspedes, refrigeración, etc., no será muy alto.

El sistema intermedio debe considerarse como un organismo que crece con los aumentos de población derivados concretamente de la migración que recibe la comunidad. El período de planificación puede ser de 10 a 15 años y, prescindiendo del hecho de que el sistema evolucionará gradualmente, se debe suponer que por lo menos el 50% de la población ha de estar abastecida mediante acometida en las viviendas. El consumo por habitante puede alcanzar una cifra situada entre los 60 y los 100 litros diarios. De igual modo, los consumidores que acuden a fuentes públicas comenzarán a utilizar más agua a medida que se reduzca la distancia entre las fuentes. El sistema intermedio tendrá unas características técnicas propias, entre ellas la demanda de agua para usos comerciales, públicos e industriales, unas normas

de saneamiento y una inspección más estrictas, mayor capacidad de depósito, un sistema de distribución de agua más perfeccionado y complejo y contadores para medir el consumo;

c) Como su nombre indica, el sistema avanzado sólo conviene a comunidades con un gran potencial industrial y económico cuyas necesidades totales de suministro de agua vienen determinadas por un índice de consumo doméstico alto y por la demanda de agua para jardinería y para usos industriales y comerciales (incluido el servicio de bomberos); el suministro se hará principalmente mediante acometida con contador y se pagará como una mercancía. Este tipo de abastecimiento de agua se da hoy casi exclusivamente en países con un elevado producto nacional bruto per capita en los que casi todo el mundo supone que la cantidad de agua potable de que se dispone es ilimitada.

Las variaciones correspondientes en el nivel de la demanda de agua entre estas tres fases y dentro de cada una de ellas se ponen de manifiesto en el medio siglo de experiencia, entre 1900 y 1950, de las ciudades de Estocolmo, Copenhague y Helsinki. En Estocolmo la demanda diaria de agua por habitante se elevó en este período de 95 a 295 litros. En Copenhague aumentó de 88 a 190 litros, y en Helsinki de 38 a 150 litros.

Los niveles máximos previsibles de las demandas de agua municipal a que se aproximan las crecientes tendencias se hallan en estrecha relación con la disponibilidad general y el costo del agua dentro de la región de que se trate. A este respecto, un análisis estadístico de los datos del servicio de abastecimiento de agua de los Estados Unidos de América indica que entre 1950 y 1960 el promedio del uso diario por habitante disminuyó ligeramente (de 498 litros a 470); debido al brusco aumento de los costos específicos de la producción de agua.

Efectos de la tecnología y el costo de abastecimiento sobre el nivel de la demanda

Dada la escasez general de capital, los costos específicos de los servicios de abastecimiento de agua y los adelantos tecnológicos destinados a reducir esos costos influyen marcadamente en el nivel de la demanda de agua en los países en desarrollo. En las zonas rurales, la distancia entre los depósitos o el número de personas atendidas con una sola fuente o pozo son los factores decisivos que regulan el nivel de la demanda.

El número de personas así abastecidas varía mucho de un país a otro. En circunstancias favorables la cifra se sitúa entre 20 y 50 personas por pozo, pero en otros casos se ha fijado en 200. Por lo que respecta a las fuentes públicas, la cantidad que suele suministrarse oscila entre 15 y 20 litros diarios por habitante. Las guías de los Estados Unidos de América indican 10 galones (38 litros) diarios por persona en las viviendas dotadas de una bomba manual.

El pequeño tamaño de las comunidades rurales, con frecuencia muy dispersas, plantea problemas extraordinarios en la prestación de servicios. En otros tiempos se suponía erróneamente que esta limitación geográfica impedía la aplicación de soluciones técnicas en una escala mayor que el pozo individual o la fuente pública. En los últimos decenios se ha mostrado que hay sistemas prácticos de servicio público que pueden aplicarse económicamente a aldeas de 100 habitantes, pero las redes regionales sólo pueden instalarse en condiciones geográficas especiales en las que puedan obtenerse economías de escala.

Es bien sabido desde hace muchos años que los progresos en la prestación de los servicios en zonas rurales serían más rápidos si se lograran adelantos importantes en cuanto a proyecto, construcción, materiales y equipo. Estas innovaciones no sólo reducirían los gastos generales de inversión, sino que simplificarían el mantenimiento y el funcionamiento de los servicios. Mayor importancia tendría aún el hacer más uso de los materiales y el equipo de origen local o por lo menos de manufactura local.

Se hallan en curso numerosos trabajos encaminados a lograr algunos de estos fines o todos ellos. Se han formulado propuestas relativas a la normalización de los proyectos para localidades rurales, basadas en el supuesto de que muchos componentes de esos sistemas no sólo pueden simplificarse sino duplicarse con arreglo a unas características normalizadas universales. En otros términos, pueden proyectarse sistemas aplicables a grupos de tres o cuatro aldeas en los que sólo habría que hacer pequeños reajustes a las condiciones locales. Estos proyectos unitarios se están utilizando ya en algunas regiones de América Latina y pueden ser adaptables a otras muchas regiones.

Los adelantos en el proyecto de las obras se verán facilitados por el reconocimiento aéreo y el levantamiento de planos de las aldeas mediante técnicas fotogramétricas modernas. Con estos procedimientos la delineación de los parámetros horizontales y verticales se efectúa con rapidez y en condiciones más económicas que mediante los levantamientos terrestres detallados. Tales técnicas serán de gran ayuda para calcular los sistemas de distribución y bombeo y reducirán una de las principales partidas de los costos de los proyectos rurales.

Uno de los progresos más notables en la reducción de los costos, tanto de la conducción de las aguas de los pozos como de las redes de distribución del agua en zonas rurales, ha sido el desarrollo y empleo de la tubería termoplástica. Este material se está utilizando cada vez más en varias modalidades, no sólo para el suministro de agua, sino para el desagüe, canalización eléctrica y conducción de diversos productos químicos corrosivos. Aparte de la tubería de cloruro de polivinilo, existen hoy otros seis tipos de materiales termoplásticos para tuberías con distintas características.

Ejemplo de la utilización ingeniosa de materiales locales es, en Indonesia, el empleo de tuberías de bambú para la distribución. El costo de construcción es de alrededor de 0,50 dólares y el de mantenimiento alrededor de 0,16 dólares por metro lineal de tubería. Aunque no es aplicable en todas partes, este material tiene una gran utilidad a corto plazo en muchos países.

En el Irán, donde existen decenas de millares de aldeas, se está pensando seriamente en hacer más uso de los molinos de viento como fuente local de energía motriz para el bombeo de pozos y manantiales.

Evaluación de la demanda total

La estimación de la demanda total de agua de una comunidad urbana o rural suele comenzar por una valoración de las demandas domésticas diarias por habitante en los principales tipos de zonas residenciales; estos valores específicos se multiplican después por el número de habitantes de los grupos de que se trate. Las demandas pública y comercial se añaden generalmente como porcentajes estimados de

la demanda doméstica total. En las zonas rurales debe incluirse en las estimaciones el número de cabezas de ganado y su demanda específica de agua. La demanda de los establecimientos industriales pequeños abastecidos por el sistema municipal puede calcularse como porcentaje de la demanda doméstica; las unidades industriales grandes pueden analizarse caso por caso.

En las regiones áridas y semiáridas la demanda total de agua de las zonas rurales debe comprender las estimaciones de las demandas de agua para riego.

Examen de los métodos aplicados en los países desarrollados

Dada la diversidad de las condiciones locales, las reglas generales o las soluciones modelo sólo pueden ser de utilidad limitada cuando se trata de elaborar los detalles de los procedimientos mencionados. Como ejemplos de los métodos aplicados en la mayoría de los países desarrollados cabe referirse a los procedimientos desarrollados en el Japón, los Países Bajos y el Reino Unido, con arreglo a lo expuesto en los documentos de trabajo preparados para la reunión del Grupo Especial de Expertos.

Japón

El consumo diario máximo de agua se considera como el producto de la cifra estimada de la población abastecida y la cifra estimada de consumo máximo de agua por habitante y día. Con arreglo a los criterios del sistema de suministro de agua de la Sociedad de Abastecimiento de Agua del Japón, el consumo diario normal de agua por habitante en un municipio que carece de sistema de suministro y tiene el propósito de instalarlo se calcula sobre la base de los datos de otras ciudades modernas de características similares. El consumo de una ciudad que tiene un sistema de abastecimiento y se propone ampliarlo se calcula sobre la base de sus propios datos sobre el consumo de agua.

En el Japón, la mayoría de las ciudades importantes de más de 500.000 habitantes tienen sistemas de abastecimiento de agua desde hace bastante tiempo, y generalmente pueden proporcionar datos sobre el consumo de agua suficientes para estimar las necesidades futuras. En cambio, muchas de las ciudades pequeñas o medianas no han tenido sistemas modernos hasta hace poco y no siempre disponen de los datos necesarios para prever el consumo de agua cuando empiezan a planear la ampliación del sistema; por lo tanto, han de recurrir a los datos de otras ciudades.

El consumo de agua por habitante es mayor en las ciudades grandes, pero la cifra puede variar según el carácter de la ciudad y según su tamaño. La ciudad pequeña o mediana que se ve obligada a recurrir a los datos de otras ciudades para estimar el consumo de agua ha de tener muy en cuenta este hecho. El consumo normal por habitante se obtuvo como resultado de un análisis de los registros de muchas ciudades efectuado en 1963 por la Sociedad de Abastecimiento de Agua del Japón (véase anexo I, cuadro 35).

Recientemente se ha puesto en duda que sea acertado en algunos casos estimar las necesidades futuras sobre la base de los incrementos anuales anteriores del consumo de agua, especialmente en la metrópoli de Tokio. Por consiguiente, se toman en consideración factores sociales y económicos como el ingreso personal, los impuestos, los productos manufacturados, el área de edificación proyectada, etc., que parecen tener una influencia en el consumo de agua. Como se considera que las

necesidades de agua aumentan en proporción con la modernización social y el desarrollo económico, se ha introducido y se emplea en las estimaciones el concepto de "índice de modernización". Este índice es un factor simbólico que comprende todos los diversos factores económicos y sociales que juntos tienen amplias repercusiones. Al estimar las necesidades de agua de la metrópoli de Tokio en 1985 se adoptó un índice de urbanización (I) como modalidad del índice de modernización, extrayendo algunos factores que incidían especialmente en la urbanización. En el estudio se evaluaron cuatro factores, población (X_1), ingreso personal (X_2), producción industrial (X_3) y ventas de bienes (X_4), seleccionados de entre otros muchos con arreglo a los datos disponibles, aplicando el análisis de factores:

$$I = 0,5674 X_1 + 0,1606 X_2 + 0,1149 X_3 + 0,1571 X_4$$

El consumo diario máximo de agua en Tokio (Y) se expresa como función lineal:
 $Y = 361,521 + 32,057 I$

En esta fórmula el coeficiente de correlación da un valor de 0,986 y la desviación estándar 0,012; estas cifras expresan estadísticamente que con este método se obtienen mejores resultados que utilizando cada factor por separado.

Países Bajos

En 1968 había en los Países Bajos 7.856.000 personas que residían en municipios o aglomeraciones de más de 30.000 habitantes. En el mismo año la población total del país ascendía a 12.850.000 habitantes.

Se ha calculado que en el año 2000, de un total estimado de 17,9 millones de habitantes, 17 millones vivirán en municipios de más de 30.000 habitantes. No obstante, el estudio de la influencia que actualmente ejerce la urbanización en el consumo doméstico no ha revelado una diferencia patente entre las zonas rurales y las urbanas. No hay motivos para suponer que en el futuro se produzca un cambio en este sentido.

Para 1970 el consumo doméstico diario por habitante se estimó en un promedio de 100 litros.

El aumento de los ingresos influirá en el tipo de vivienda que se ha de prever para el año 2000. Un muestreo efectuado al azar ha confirmado que el consumo doméstico por habitante aumenta con la mejora de la vivienda. Se ha llegado a la conclusión de que, a consecuencia de la mejora de la vivienda, a fines del siglo el consumo doméstico aumentará en 25 litros diarios por habitante.

Actualmente disponen de máquinas lavadoras el 25% de los hogares. En el futuro se supone que el punto de saturación se alcanzará en el 70%. Se prevé que habrá máquinas lavavajillas en el 60% de los hogares. Cabe prever también algún aumento del número de inodoros. Se supone que para el año 2000 todas las viviendas estarán dotadas de un baño (40%) o ducha (60%). Prácticamente no habrá acondicionadores de aire. El 65% de los hogares estarán dotados de un sistema de riego automático para un jardín de 75 m² de superficie media.

Hay una parte del consumo de agua de una vivienda - por ejemplo, para regar el jardín, limpiar la casa y lavar el automóvil - que depende muy poco del tamaño

de la familia. Por lo tanto, el descenso del número de miembros de la familia originará un aumento del consumo por habitante. Para el año 2000 se prevé que el promedio del número de miembros de la familia neerlandesa será de 3,1. Esta reducción del tamaño de la familia supondrá un aumento del consumo de agua por habitante de 10 litros diarios.

No se prevé que las tarifas del agua tengan un efecto notable en el consumo. No hay nada que pueda sustituir al suministro público de agua para usos domésticos. El agua es indispensable, no es un lujo. Los gastos en agua no suelen rebasar la mitad del 1% del presupuesto familiar medio. La reducción del consumo de agua para usos domésticos sólo puede representar un pequeño ahorro, que carece de importancia en comparación con el total de gastos de la familia. Por estas razones se ha supuesto que la influencia del lento aumento de las tarifas en el consumo de agua en el futuro será despreciable. No existe consenso acerca de la influencia del contador, pero la impresión general es que no alterará apreciablemente el consumo de agua a largo plazo.

En el futuro se prevé que la población dedicará gran parte de su tiempo al esparcimiento, a la higiene corporal y al perfeccionamiento de su forma de vida. Este cambio de actitudes influirá en el consumo de agua para usos domésticos, pero es difícil de valorar. No obstante, se ha estimado que un cambio de actitud que favorezca el consumo de agua, expresado principalmente en la generalización del baño, aumentará el consumo por habitante en el año 2000 en 40 litros diarios.

En el cuadro 36 del anexo I se resume la evolución del consumo de agua para usos domésticos prevista para el futuro en los Países Bajos.

Inglaterra y Gales

Los datos sobre el abastecimiento público de agua incluyen pormenores sobre el agua suministrada por las instalaciones públicas y, de ser posible, las cantidades destinadas a usos domésticos se distinguen de las destinadas a la industria. Se evalúan también los cambios estacionales de la demanda, causados quizá por aumentos temporales de la población derivados del turismo. A partir de estas cifras se calculan las demandas per capita para usos domésticos y para usos industriales y domésticos con respecto a la semana media y a la semana de máxima demanda. Tal vez sea de interés el dato de que en 1969 el promedio anual de la demanda doméstica por habitante fue de 175 litros diarios; en el cuadro 31 del anexo I se desglosa esta cifra. La cifra equivalente para la demanda mixta fue de 270 litros diarios por habitante. En el pasado decenio la demanda doméstica (sin contador) ha venido creciendo a un ritmo de un 3% compuesto anual y la demanda industrial (con contador) ha aumentado al ritmo ligeramente inferior del 2,5% anual. La previsión de las necesidades de agua suministrada por un sistema de carácter público se basa normalmente en la proyección de las tendencias de crecimiento registradas en el suministro total de agua por el sistema o en estimaciones de la demanda doméstica e industrial por separado. Las necesidades domésticas se derivan del volumen de población previsto (facilitado por el organismo local de planificación) y la previsión del aumento del consumo por habitante se basa en los datos de años anteriores. En general, los datos de la mayoría de los sistemas revelan una tendencia ascendente, pero con considerables fluctuaciones que reflejan en parte el estado de la economía nacional. Normalmente, se pueden trazar unas líneas de tendencias superior e inferior que delimitan una zona de tendencias. De igual modo, en el sector industrial, las necesidades de agua suministrada por un sistema público

suelen predecirse a partir de los datos de años anteriores. (A diferencia de los usuarios domésticos, las industrias tienen contador y pagan por la cantidad de agua utilizada). También en este caso suele ser posible delimitar una zona de tendencias y en ambos casos el problema consiste en la elección de la línea de planeamiento dentro de esta zona. Cuando se trata de un solo sistema, esta decisión puede tomarla un individuo, es decir, el ingeniero o director, pero si se suman las demandas de varios sistemas de abastecimiento para hacer un estudio regional, conviene efectuar algunas pruebas, con arreglo a las cuales quizá sea necesario modificar las estimaciones de las demandas totales. Estas pruebas pueden resumirse en los siguientes apartados:

a) Previsiones demográficas. Es importante disponer de previsiones demográficas respecto de la región de que se trate (en Inglaterra y Gales facilita estas predicciones el registro general) y compararlas con la suma de las previsiones de los distintos sistemas de abastecimiento. Ha habido casos de sistemas de abastecimiento contiguos que han planeado el suministro de un mismo proyecto urbanístico cuyo emplazamiento sigue sin decidir. Esto origina duplicaciones y debe evitarse;

b) Consumo por habitante para usos domésticos. Si existen datos suficientes debe delimitarse una zona de tendencias para la región de que se trate a partir del análisis de las estadísticas de determinados sistemas. Después debe calcularse el consumo medio por habitante de la región a partir de la demanda total estimada y de las previsiones demográficas correspondientes. Las demandas previstas deben encajar en la zona de tendencias a menos que exista una circunstancia especial que explique la discrepancia, por ejemplo, la construcción de una nueva ciudad;

c) Industria. ¿Predomina un tipo especial de industria? De ser así, ¿existen planes nacionales que puedan afectar a la producción o al emplazamiento de la industria? ¿Hay en la industria de que se trate una conciencia del problema del agua? ¿Existen posibilidades de reaprovechamiento? En caso afirmativo, ¿qué medidas podrían adoptarse para introducirlo? Las respuestas a estas y otras cuestiones análogas deben indicar si es necesario o no modificar las previsiones acerca de las necesidades de agua.

Aunque el sistema de abastecimiento público es un sistema de proceso directo, no se considera consuntivo sino en zonas del litoral; en el interior, los efluentes de aguas residuales vuelven a un curso de agua después de su tratamiento y pueden ser utilizados por otros usuarios aguas abajo del punto de descarga. El ulterior uso "secundario" de estos efluentes dependerá de la calidad del agua del río después de los procesos normales de autodepuración del río.

Examen de los métodos aplicados en los países en desarrollo

Ghana

El área metropolitana de Accra-Tema es un excelente ejemplo del tipo de situación que ha surgido en el pasado decenio en varios países en desarrollo. Esta zona ocupa una faja de terreno de 40 kilómetros de longitud a lo largo del Golfo de Guinea y tiene una superficie de unos 300 kilómetros cuadrados. El complejo comprende la ciudad de Accra, capital del país, el nuevo centro industrial de Tema y la zona intermedia entre las dos ciudades, aún no urbanizada.

En esta área se han desarrollado rápidamente desde 1957, fecha de la independencia, una urbanización y una industrialización características. La población se triplicó en unos 20 años, alcanzando la cifra de 500.000 habitantes, la inmigración procedente de las zonas rurales continúa. Como siempre, la previsión a largo plazo del crecimiento demográfico y de las necesidades de agua en una región de desarrollo tan dinámico es un problema complejo. La estabilidad del crecimiento natural no es un factor de control. La inmigración fluctúa marcadamente. Las proyecciones a corto plazo probablemente son fiables, pero fijar el horizonte en el año 2000 es ir demasiado lejos.

Las cifras adoptadas en la planificación ^{4/}, aunque algo arbitrarias, prevén un amplio campo de variación en el crecimiento demográfico hasta el año 2000. Para el período de 1963 a 1980 se supuso una tasa de crecimiento global de 6,9%; en lo sucesivo, hasta el año 2000, una tasa de 3,5%. Las cifras relativas al consumo doméstico, en las previsiones a corto plazo, estaban basadas en las condiciones actuales de la vivienda, en los programas de vivienda futuros y en las pautas existentes y futuras en relación con el agua. Los usos industriales reflejaban la demanda de las industrias existentes y estimaciones del número y tipo de industrias que se establecerían en el decenio de 1970. Las proyecciones a largo plazo son forzosamente menos seguras.

Se efectuaron comprobaciones sobre el terreno para determinar el consumo real por habitante en Accra y en Tema. Estas pruebas indicaron una gradación de 25 a 280 litros diarios por habitante en las viviendas de nivel inferior y superior respectivamente en Accra y de 90 a 280 en Tema.

Es muy notable la influencia del tipo de vivienda. El promedio diario del agua suministrada a Accra para usos domésticos aumentó en un 11% de 1961 a 1963. En este período el crecimiento de población fue del 9%, y el aumento del consumo por habitante del 2,5%. El promedio del suministro diario a Tema para usos domésticos aumentó durante el mismo período en un 122%; la población creció en un 35%, mientras que el incremento del consumo por habitante fue del 60%. Esto se debió sobre todo a la construcción de viviendas de categoría superior y media con instalaciones de saneamiento modernas. Las deficiencias de las instalaciones de suministro y distribución son un factor limitativo importante del consumo doméstico por habitante. En zonas abastecidas mediante fuentes públicas el consumo se ve limitado por la necesidad de llevar el agua de las fuentes a las casas. Este es el principal factor que explica el bajo consumo por habitante de 25 litros diarios en las zonas de Accra abastecidas mediante fuentes públicas. En muchas zonas de Accra el consumo se reduce aún más porque la presión es baja en las tuberías.

Estos factores explican la notable diferencia entre el consumo por habitante de Accra y de Tema. En este último centro, donde casi todas las viviendas están conectadas con el sistema de distribución, hubo en 1963 un consumo medio diario por habitante de 150 litros para usos domésticos; en Accra, donde la mitad de la población vive en casas de nivel inferior al considerado normal y ha de abastecerse de fuentes públicas, el consumo diario por habitante fue sólo de 48 litros en el mismo año. (En el cuadro 33 del anexo I figuran las previsiones hasta el año 2000).

^{4/} Véase Gobierno de Ghana, "Master plan for water supply and sewerage", Engineering Report for Accra-Tema Metropolitan Area, vol. I; Summary Report (Tahal Water Planning, Ltd., and Engineering Science, Inc., octubre de 1965).

Las necesidades de agua para usos industriales en Tema se estimaron en el 70% y el 50% del consumo total de Tema para los períodos de 1964 a 1970 y de 1970 a 1980, respectivamente. Estas necesidades no aumentarán como una función lineal, sino más bien de conformidad con las demandas de las industrias que se establezcan, que pueden variar considerablemente. Por lo tanto, no es aconsejable calcular el consumo público y comercial tomando como base el industrial, ni siquiera el consumo total, que comprende el doméstico, el industrial, el público y el comercial.

Un estudio de las cifras de consumo de Accra en el período 1961 a 1963 revela que el consumo público y comercial ascendió a un promedio del 47% del consumo doméstico, mientras que en Tema la proporción correspondiente fue del 23%. Esta tasa de consumo público y comercial aparentemente elevada de Accra se explica por el bajo nivel del consumo doméstico.

Con arreglo a las previsiones para el período de 1963 a 1980, el consumo público y comercial representará el 35% y el 25% del consumo doméstico de Accra y de Tema respectivamente. La tasa supuesta para Accra es el promedio de las tasas medias de Accra y Tema para el período 1961-1963. La tasa supuesta para Tema es ligeramente más alta que la tasa media correspondiente al mismo período.

Para el período 1980-2000 se ha supuesto que el consumo comercial y público ascenderá al 33% del consumo doméstico. Esta tasa es aproximadamente el promedio ponderado de las tasas de Accra y Tema en el año 1980.

La falta de datos hace sumamente difícil la formulación de estimaciones del consumo de agua para usos industriales a largo plazo. El desarrollo industrial de la zona, en particular en Tema, ha seguido un ritmo muy rápido. Respecto del período de 1964 a 1970 se disponía de los datos de la planificación económica del plan septenal y, por consiguiente, las estimaciones correspondientes a este período tenían una base relativamente sólida. No existían datos fiables sobre el desarrollo industrial en un futuro más distante.

Para el área metropolitana de Accra-Tema, el análisis de las necesidades de agua de las industrias incluidas en el plan septenal de 1964 a 1970 dio como cifra prevista del consumo de agua para usos industriales 55.000 m³ diarios en 1970; se suponía que el 66% del total del desarrollo industrial del país durante este período tendría lugar en el área metropolitana.

Las repercusiones del desarrollo industrial sobre las estimaciones del consumo de agua pueden apreciarse considerando los efectos del establecimiento en una fecha futura de una acería proyectada con una capacidad de producción anual de 500.000 toneladas de acero y unas necesidades de agua de 130.000 m³ diarios; esta cifra supone más del doble de las necesidades de agua estimadas para las industrias que habían de crearse con arreglo al plan septenal. La previsión del consumo industrial de agua para el período posterior a 1970 se basaba en el supuesto de que la producción industrial de Ghana se duplicaría cada 10 años, pero el porcentaje correspondiente al área metropolitana en el total de la producción industrial del país descendería de 68% en el período 1964-1970 a 50% en el período 1970-1980, y a un 40% en el período 1980-2000.

El examen de los datos diarios indicó que el consumo diario máximo en Accra era de 121%, 124% y 127%, del promedio diario de los años 1961, 1962 y 1963, respectivamente. Comparando estas cifras máximas con las de otras regiones de clima y

etapa de desarrollo similares, se decidió adoptar como consumo diario máximo a efectos del diseño, la cifra del 120% del consumo medio diario.

Tras un examen análogo de los datos disponibles, la demanda en las horas de máxima actividad para usos domésticos, comerciales y públicos se calculó en el 180% del promedio de la demanda por horas. La cifra correspondiente a los usos industriales se estimó en un 140%.

Africa oriental

En 1966 se llevó a cabo, bajo la dirección de Gilbert F. White, un interesante y detallado examen sobre el terreno del consumo doméstico de agua en Africa oriental ^{5/}. Abarcaba este estudio zonas de Kenya, Uganda y la República Unida de Tanzania. Se intentó poner en relación el uso por habitante con el ingreso, el nivel de instrucción, el tamaño de la familia, el origen del agua disponible, el costo, la cultura y el medio natural. Los resultados, aunque provisionales, son curiosos y pueden contribuir a lograr un mayor grado de exactitud en las predicciones.

Se comprobó que el consumo diario por habitante variaba entre un mínimo de 1,4 litros en una vivienda de agricultores situada en una colina escalonada en Kigezi hasta un máximo de 660 litros en un barrio residencial de Moshi habitado por personas de ingresos altos. (En el cuadro 47 del anexo I se dan las cifras medias de cada lugar estudiado.) Las cifras medias correspondientes al suministro mediante tuberías daban un mínimo de 30 litros diarios por habitante y un máximo de 254 litros. En ausencia de tuberías, el consumo medio por habitante presentaba un máximo de 21 litros y un mínimo de 4 litros.

El consumo medio mínimo por habitante y día de una comunidad agrícola es del orden de 4,4 litros, y el máximo de 17,6 litros.

Las aldeas y las zonas urbanas sin sistema de abastecimiento por tuberías tienen un consumo más alto, que varía entre una media de 9,3 litros en una pequeña aldea agrícola y 20,8 litros en una comunidad urbana donde se suministra agua gratuitamente mediante depósitos públicos, corriendo a cargo de la población el transporte.

La media máxima de 254 litros para una zona urbana residencial de baja densidad de población es del mismo orden que la existente para usos domésticos en zonas residenciales análogas de los Estados Unidos de América, con la excepción de que el riego de céspedes es menos importante.

En las zonas abastecidas mediante tuberías, el uso por habitante guarda estrecha correlación con el nivel de ingresos medido por la densidad inversa de habitación o por el número de instalaciones de la vivienda que requieren agua (los calentadores de agua y las bañeras son indicadores más precisos que los grifos o las duchas). (Véase el cuadro 48 del anexo I.) Se halla en relación inversa con el número de personas que habitan la vivienda (véase el cuadro 49 del anexo I)

^{5/} G.F. White, D.J. Bradley y A.U. White, Drawers of Water: Domestic Water Use in East Africa (Chicago, University of Chicago Press, 1972).

y directa con el nivel de instrucción de alguno de los miembros de la familia. Estas relaciones parecen darse en todos los grupos étnicos, pero los diversos grupos tienden a utilizar cantidades algo diferentes de agua siendo iguales las condiciones de densidad de habitación, tamaño de la familia y nivel de instrucción. La elasticidad-precio de la demanda de agua para usos domésticos en las zonas urbanas es relativamente nula, pero la importancia del precio es mensurable.

En zonas carentes de conexiones directas a las viviendas, el uso de agua por habitante para toda la muestra está en estrecha correlación con el nivel de ingresos medido por el equipo material, aunque en algunos lugares no está claramente demostrado que así sea. Tiene escasa relación con la educación. Al igual que en las viviendas directamente conectadas con el servicio de abastecimiento de agua, existe una relación inversa con el número de hijos. Entre los trabajadores solteros y los matrimonios sin hijos el uso por habitante es alto; es más bajo entre las familias grandes y las mujeres solteras de edad. El uso diario no está claramente relacionado con la distancia a que se halla el agua o las calorías que exige el transporte de la misma. Con el costo directo total la relación es débil y el uso muestra una elasticidad de la demanda mucho menor que en las viviendas con conexión directa. En realidad, las personas que compran agua tienden a consumir las cantidades mayores. Las marcadas diferencias entre las comunidades agrícolas parecen deberse a costumbres en relación con el acarrero y el uso del agua, según indican las diferencias en cuanto al tamaño usual de la vasija utilizada por el aguador en diferentes culturas (véase el cuadro 50 del anexo I). Los casos de diarrea están inversamente relacionados con las cifras de consumo de agua.

El conjunto general de relaciones parece indicar que el uso por habitante, en ausencia de conexiones directas con las viviendas, es en gran medida función del nivel de ingresos, de la situación urbana por contraposición a rural y del número de hijos en los grupos étnicos. Cuando hay acometida directa en las casas, se produce un gran aumento; la cantidad que excede de ese mínimo es en buena medida función del costo, del nivel de ingresos, del tamaño de la familia y de la educación.

Quienes más pagan por unidad de agua son los usuarios de fuentes de suministro sin sistema de conducción que han de transportarla a gran distancia o han de pagar por el agua o por el acarrero de la misma; estos usuarios son principalmente los trabajadores en zonas urbanas. A los trabajadores que perciben salarios más altos corresponden los costos diarios más elevados, pero algunos usuarios de zonas urbanas sin conexión directa pagan aún más, y lo que pagan es una proporción mayor de sus ingresos. Parece probable que estos últimos son los que más han de beneficiarse de la mejora del suministro de agua público y que con ello se reducirían los costos individuales.

Datos necesarios para la planificación regional y nacional

Para estimar con la exactitud requerida el agua que utilizarán en el futuro los usuarios de un sistema de abastecimiento es preciso conocer la población a la que se ha de abastecer así como la composición y el alcance de otros usos, aparte de los domésticos. En las zonas urbanas se ha de saber si la industria se abastecerá a sí misma o recurrirá al sistema municipal, y en este caso se ha de conocer también la cantidad y diversidad de usos industriales. En las zonas rurales se ha de tener en cuenta el agua necesaria para el ganado y para el riego de huertos.

La distribución de la población entre zonas rurales y urbanas es tan importante como la cifra absoluta del volumen de población, puesto que un individuo residente en una zona urbana abastecida por un sistema municipal puede gastar de cinco a diez veces más agua para usos domésticos que el habitante de una zona rural cuya fuente de suministro presente inconvenientes por su emplazamiento. En la mayoría de los países, la división de la población entre población rural y urbana está cambiando. En algunos el cambio parece predecible con cierta seguridad; en otros operan fuerzas contrarias y la predicción es necesaria pero aventurada.

La siguiente lista de componentes del consumo del agua en zonas urbanas hace ver la complejidad de la planificación de un sistema urbano de suministro de agua.

Componentes del consumo del agua en zonas urbanas 6/

1. Consumo doméstico

- Fregar y cocinar
- Retrete
- Baño y/o ducha
- Lavado de ropa
- Limpieza doméstica
- Riego de patio y/o jardín
- Lavado de automóviles
- Otros usos personales (aficiones, etc.)

2. Pequeña industria y talleres

- Industria seca
- Pequeña industria
- Talleres
- Lavanderías

3. Construcción y obras públicas

- Edificios nuevos
- Pavimentación de vías públicas y aceras, instalación de alcantarillado, etc.

4. Comercio

- Venta directa (diversos establecimientos)
- Comercio realizado mediante oficinas (bancos, compañías de seguros, oficinas privadas, agentes, técnicos, etc.)

6/ Basada en la clasificación de actividades económicas de la Oficina Central de Estadística de Israel, citada por P.J. Even en "Optimal water consumption for urban settlements", Departamento de abastecimiento de agua de Jerusalén (Jerusalén, 1967).

5. Transporte y almacenamiento

Ferrocarriles (estaciones, talleres, etc.)

Autobuses, taxis y otros medios de transporte (estaciones, garajes, etc.)

Puertos (puertos, aeropuertos, etc.)

Almacenamiento (almacenes en general, frigoríficos, etc.)

6. Servicio público

Oficinas de la administración local, provincial y nacional (incluidos tribunales, policía, ejército, representaciones extranjeras, sinagogas y/o iglesias, oficinas municipales, sindicatos, partidos políticos, oficinas de correos, etc.)

Servicio de bomberos

Riego y mantenimiento de parques públicos (incluidos parques zoológicos, jardines botánicos, cementerios, etc.)

Limpieza de calles y alcantarillado

Servicios educacionales (guarderías, diversas escuelas, universidades, seminarios religiosos, residencias de estudiantes)

Servicios sanitarios (hospitales, dispensarios, etc.)

Servicios de protección social (hogares para ancianos, huérfanos, etc.)

Servicios públicos (baños públicos, lavabos públicos, etc.)

Otros servicios públicos (bibliotecas, museos, galerías, etc.)

7. Servicios personales

Espectáculos y deportes (cines, teatros, clubes, campos de deportes, etc.)

Piscinas

Servicios de hostelería (restaurantes, quioscos, cafeterías, etc.)

Servicios de alojamiento (hoteles, pensiones, hostales, etc.)

Barberías y peluquerías de señoras

Clínicas y servicios sanitarios privados

8. Pérdidas

Pérdidas reales, inclusive filtraciones, evaporación, etc.

Pérdida en el proceso de producción (bombeo, enfriamiento, etc.)

Pérdida o filtración en los sistemas de abastecimiento y distribución, inclusive filtraciones de accesorios, compuertas, válvulas, contadores, etc.)

Usos del Departamento de Aguas (descarga, limpieza, pruebas de presión, etc.)

Bocas de incendios del servicio de bomberos
Suministro sin contador
Evaporación en embalses abiertos
Pérdidas imaginarias
Mal estado de diversas instalaciones (embalses agrietados, válvulas de retención estropeadas, bombas, etc.)
Pérdidas por mal funcionamiento de contadores
Agua perdida durante el desbordamiento de embalses y otros depósitos.

En las zonas urbanas es necesario conocer los demás usos del agua, aparte de los domésticos, para tomar decisiones acerca de la magnitud de los sistemas municipales y prever los posibles efectos sobre las tasas de consumo cuando esos otros usuarios son abastecidos por una red de abastecimiento en lugar de abastecerse a sí mismos. En el primer supuesto, la estructura de los precios aplicados al agua o al vertimiento de desechos en función de la cantidad y la calidad, o a ambos, puede influir en las tasas de utilización. Por lo demás, desde el punto de vista de la oferta de agua de la cuenca, per se, es casi indiferente que en las proyecciones relativas a los usos industriales del agua se distinga entre industrias autoabastecidas e industrias que reciben agua del servicio público. Sobre el uso del agua por las industrias que se abastecen a sí mismas puede ejercerse cierto control mediante la reglamentación de la calidad de las aguas residuales o la imposición de gravámenes con arreglo a la cantidad y características de las mismas. Los costos del agua y del vertimiento de desechos no suelen ser factores decisivos cuando se trata de determinar el tamaño de la industria pero sí pueden condicionar su emplazamiento y las técnicas de utilización del agua.

En términos generales, la instalación de contadores y la fijación de los precios por cantidad gastada tienden a reducir el consumo de los hogares, aunque los resultados suelen ser transitorios, salvo en el caso de que los precios se eleven mucho. Los usos domésticos responden por lo común a los ingresos y al número de aparatos domésticos, y sobre la base de este dato, unido a las estimaciones de la alteración del número de viviendas, se puede hacer una proyección bastante precisa del consumo de agua en los hogares.

La distinción entre tomas y pérdidas es importante cuando el agua va siendo utilizada sucesivamente a medida que va pasando de un punto a otro. Teóricamente, la cantidad que pierde un sistema municipal es la diferencia entre la cantidad de agua suministrada a los usuarios y la que vuelve a la planta de tratamiento de aguas residuales. La filtración de las líneas de alta presión a las de baja presión origina confusiones en la medición, de modo que son comunes los resultados anómalos. La combinación del alcantarillado para aguas de lluvia y para aguas negras también hace difícil la medición. No obstante, pueden obtenerse cifras correctas sobre la base de una muestra y generalizarlas después al sistema entero. Desde el punto de vista de la cuenca, hay que precisar el efecto de la filtración desde las líneas de alta presión sobre las aguas subterráneas: ¿son las filtraciones pérdidas o aportaciones a las aguas subterráneas?

Los usos públicos del agua pueden estimarse como proporción de los domésticos o mediante la determinación de los futuros usos nuevos, por ejemplo, nuevos parques y edificios públicos, nuevas vías públicas que habrá que limpiar, nuevas necesidades

del servicio de bomberos, etc. La relación entre necesidades públicas y domésticas y su tendencia puede determinarse si se han registrado oportunamente los datos.

Los establecimientos comerciales y de servicios de una ciudad son abastecidos normalmente por el sistema municipal y pueden especificarse por separado o no. De especial importancia son servicios como las lavanderías. Como se ha señalado, los usuarios industriales del agua suministrada por el sistema municipal pueden incluirse a efectos de las proyecciones en el grupo industrial correspondiente o en la proyección del uso municipal. La información relativa a la cantidad, la concentración y las características de las aguas residuales es tan importante como la estimación del consumo de agua, puesto que habrá que prever una capacidad o un tratamiento especial e imponer los consiguientes gravámenes.

La obtención de datos exactos acerca del suministro de agua a usuarios comerciales e industriales no plantea ningún problema especial, pero la implantación de un sistema eficaz para vigilar la descarga de aguas residuales, sí. Para que el tratamiento sea efectivo y para que el propio sistema de tratamiento de residuos se utilice como es debido, es indispensable disponer de una información bastante precisa acerca de la cantidad y las características de los residuos. A medida que se generalice la costumbre de gravar a los usuarios industriales por el suministro de agua y por la descarga de aguas residuales, aumentará la exactitud de las mediciones y mejorarán las técnicas de aprovechamiento del agua y tratamiento de desechos.

Dado que la cantidad de agua utilizada para usos domésticos en las zonas rurales resulta insignificante en comparación con las necesidades del riego y de la ganadería, en relación con esos usos al planificador le preocupará más el costo de los sistemas de suministro que los problemas de equilibrio hidrológico de la cuenca per se. Naturalmente, una consideración prioritaria es la salud, en particular en regiones en que las enfermedades transmitidas por el agua constituyen un problema grave. La magnitud de los costos del suministro de agua a zonas rurales puede ser mínima en algunos países, pero en un país como la India alcanza proporciones asombrosas. En tal caso, la planificación de la inversión en suministro de agua a zonas rurales para usos domésticos es parte integrante de la planificación de la infraestructura de capital en general. Se han de tomar decisiones respecto de la configuración física del sistema - por ejemplo, si se han de instalar tuberías hasta las viviendas o un depósito central en cada barrio - que a su vez servirá de base para estimar el uso por habitante. El ritmo de renovación del sistema dependerá del método de financiación, de la proporción de los costos sufragada por los usuarios y de la urgencia de eliminar causas de enfermedades propagadas por el agua. Como la productividad laboral se halla íntimamente relacionada con el nivel sanitario de la población, la inversión en un sistema de abastecimiento de agua en condiciones de salubridad puede competir con otras formas de inversión destinadas a elevar el PNB y con otros gastos cuyo objeto sea reducir la morbilidad. Cuando la inversión en tal sistema de suministro de agua es cuantiosa, en relación con los recursos del país, el ritmo de mejora de los servicios de abastecimiento de agua debe estar en consonancia con el ritmo de obtención de otros factores de salud, sobre todo la nutrición. Por consiguiente, habrá una estrecha relación entre las inversiones en abastecimiento de agua a los hogares y en agricultura en aquellos países en que los productos alimenticios son un factor condicionante.

Un tercer uso del agua en zonas rurales es el relacionado con la ganadería y la avicultura. El índice de uso del agua por animal varía con los cambios de razas

y métodos de producción, cambios que hay que tener en cuenta cuando las proyecciones se extienden más allá de unas cuantas generaciones de poblaciones animales. Además, las modificaciones de los métodos de producción, consideradas junto con los posibles cambios en las zonas de comercialización, pueden implicar una redistribución gradual de toda la cabaña o de parte de la misma, y lo mismo puede decirse de la industria avícola, con lo cual se reduciría la validez de una simple extrapolación basada en la situación regional del momento.

El creciente empleo de abonos químicos y plaguicidas, junto con el aumento de la concentración de las cabezas de ganado y de las aves puede presagiar un incremento de la contaminación del agua que, habida cuenta de la situación total en esta esfera, afecte a la naturaleza y al número de usos proyectados. La contaminación de las aguas superficiales por la escorrentía terrestre puede combatirse mediante la introducción de otras formas de aprovechamiento del suelo y de otros métodos de cultivo, así como mediante prácticas específicamente destinadas a reducir la erosión y la sedimentación. Ya se ha aludido a las prácticas de conservación del suelo y de la humedad, que serán examinadas en el capítulo relativo a las demandas de agua para la agricultura.

Capítulo VI

LA DEMANDA DE AGUA PARA LA INDUSTRIA

Consideraciones fundamentales

Los usos del agua en la industria pueden clasificarse en los siguientes grandes grupos: a) refrigeración; b) elaboración; c) agua de calderas y d) usos generales (para beber, aire acondicionado, limpieza, etc.). Aunque las proporciones correspondientes a estos grandes grupos varían bastante de unos casos a otros, en muchos países el uso predominante es la refrigeración (en la industria energética y en la manufactura) y puede constituir del 60 al 80% del total correspondiente a la industria. El agua utilizada en la elaboración podría definirse como el agua que en una fábrica entra en contacto directo con el producto intermedio o final, subdividiéndose en dos: el agua que forma parte del producto (como en las conservas y las bebidas) y el agua que cumple fines funcionales en los procesos tecnológicos (lavado, flotación, transporte, etc.). En el caso del agua de calderas es útil la distinción entre la generación de vapor para la producción de energía y para procesos de fabricación.

En la mayoría de las instalaciones industriales el agua se utiliza para más de una de las cuatro finalidades mencionadas. Es frecuente que antes de su utilización y durante la misma el agua haya de ser sometida a tratamiento (ablandamiento, coagulación, supresión del hierro, etc.).

Entre las diversas ramas de la industria hay grandes diferencias en cuanto al nivel y la naturaleza de las demandas de agua. De hecho, el planificador suele centrarse en unos cuantos sectores industriales que en muchos países representan a la gran mayoría de los usuarios industriales. Como ya se ha indicado, la refrigeración de las centrales térmicas (que se incluye en la categoría de usos industriales en la mayor parte de los casos, pero constituye una categoría aparte en otros) suele ser el uso predominante. Entre las industrias de manufacturas, las del metal, las fábricas de productos químicos y de papel y las refinerías de petróleo son, por lo común, los usuarios más importantes. En los Estados Unidos de América estos cuatro sectores representaron en el año 1964 el 85% del total de los usos del agua en la industria manufacturera ¹/ . La minería, incluida la extracción de petróleo y gas, consume también cantidades importantes de agua para lavado y perforación. En el cuadro 54 del anexo I se indica la magnitud de los usos del agua en los principales sectores industriales de Bélgica en cifras globales.

Como se verá más adelante, entre los diversos usos industriales del agua pueden apreciarse considerables diferencias con respecto a la relación del uso consuntivo con el uso total y al volumen y naturaleza de las aguas residuales. También cabe hacer importantes distinciones entre los distintos usos en cuanto al nivel de garantías que requiere el servicio ininterrumpido y la satisfacción completa de la demanda, es decir, garantías contra el corte eventual del suministro de agua.

El agua no es un insumo importante para el desarrollo industrial. Como se observa en el cuadro 20, el costo del abastecimiento de agua sólo representa una parte muy pequeña (normalmente menos del 1%) del costo total de la producción o del

¹/ Gobierno del Canadá, Department of Energy, Mines and Resources, Forecasting the Demands for Water, B.T. Bower y W.R.D. Sewell, eds. (Ottawa, 1968), pág. 86.

valor de la misma. Como se verá, aún teniendo en cuenta los costos de oportunidad de la contaminación de agua por la industria o los gastos de tratamiento de efluentes para satisfacer los requisitos de la conservación del medio, en la mayoría de los casos los costos del agua no serán un elemento importante de los costos globales de producción en la industria (incluidos los costos de material, salarios, depreciación, mantenimiento, etc.). De este hecho cabe extraer dos conclusiones importantes:

a) Los planificadores y directivos de las industrias propenden a elegir posibilidades que tiendan a optimizar los objetivos de la producción global y por consiguiente pueden desviarse considerablemente de otros criterios para la obtención de valores óptimos del componente agua o de los criterios generales de la ordenación y aprovechamiento regionales de los recursos hidráulicos;

b) En el caso de la industria hay muchas más probabilidades de lograr el grado de eficiencia necesario en el uso del agua y la lucha contra la contaminación mediante estructuras de precios y otros incentivos económicos que en los casos de los usos domésticos y agrícolas.

Las principales dificultades de la evaluación y comparación de datos sobre las demandas de agua para la industria derivan de las diferencias e imprecisiones de las definiciones básicas. En la figura XIV se sugiere un esquema de definición que destaca los aspectos más importantes de los usos industriales del agua. Los tres parámetros siguientes representan el mínimo absoluto que debe especificarse para cada uso industrial del agua con el fin de definir adecuadamente su demanda de agua para conocimiento del planificador o administrador de los recursos hídricos: a) la demanda bruta de agua (G); b) el uso consuntivo (U); y c) la carga de desechos de las aguas residuales (W_D), generalmente en libras de demanda bioquímica de oxígeno.

Por lo que se refiere a las magnitudes y relaciones entre los elementos de la figura XIV conviene subrayar que la demanda de agua de un determinado usuario industrial (especificada con arreglo a su combinación de productos y a la tecnología empleada) sólo pueden referirse directamente a los tres elementos antes enumerados. Con respecto a los demás elementos del esquema podría suministrarse la misma cantidad de agua bruta en una amplia gama de combinaciones de agua recirculada (R) y de agua de la toma (I), con lo cual el grado de recirculación puede variar de cero a un volumen máximo potencial especificado por U (en cuyo caso $I=U$ y $E=0$). De igual modo, la carga de desechos del efluente final (W_E) puede diferir mucho de la del agua que sale del proceso de producción a consecuencia de los tratamientos en las fases ulteriores. En otros términos, las demandas de agua de una unidad industrial no pueden definirse en función de la toma de agua y los desechos del efluente a menos que se indique también el grado de recirculación y tratamiento en la planta.

Las definiciones que preceden indican también claramente que en la diferencia entre las cantidades de agua tomadas y el volumen final del efluente (es decir, el consumo neto de agua) no puede influir la recirculación. Esta diferencia sólo puede ser alterada por modificaciones tecnológicas que afecten al uso consuntivo o a las demandas dentro del sistema.

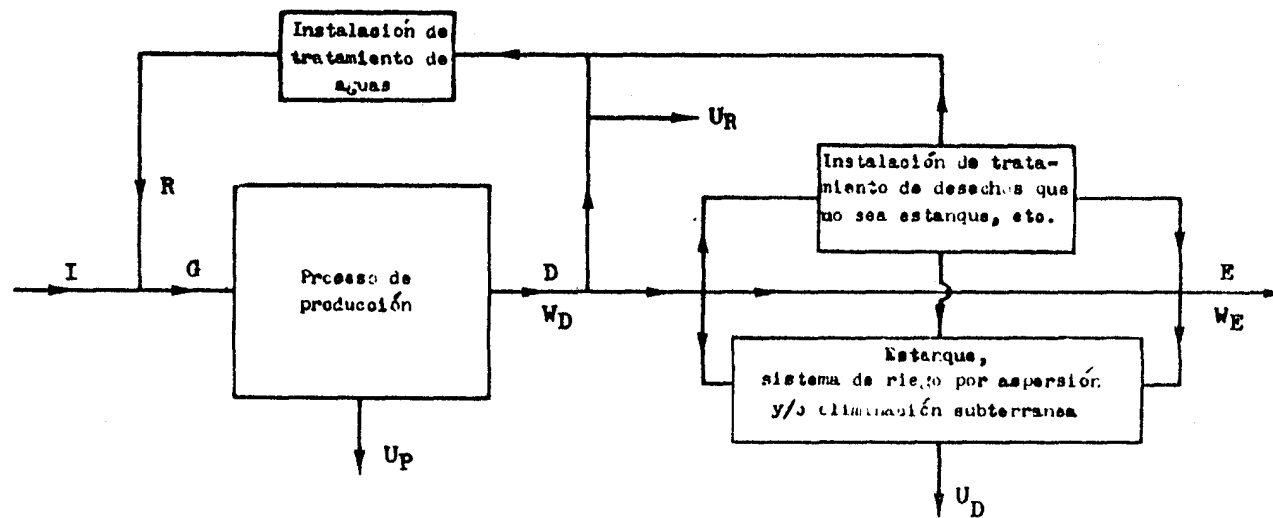
Esto significa que desde el punto de vista de los usuarios del curso inferior la recirculación sólo influye en la disponibilidad del agua cuando va acompañada de un tratamiento cualitativo en la planta que reduzca la carga de desechos del efluente (W_E).

Costos del agua en relación con los costos globales de la producción industrial, Estado de Washington, Estados Unidos de América

Producto	Costo del agua (porcentaje del costo de producción total)
Productos alimenticios y afines	De 0,02 a 2,58
Fabricación de pasta papelera	De 0,005 a 1,11
Papel	0,735 (máximo)
Aluminio	De 0,14 a 1,15
Petróleo	0,18

Fuente: Estado de Washington, Water Research Center, A First Estimate of Future Demands for Water in the State of Washington, vol. 1, apéndice C (Pullman, Washington, 1967).

Figura XIV. Definición de términos relativos a las demandas de agua de la industria



I = toma de agua

R = agua recirculada

G = cantidad bruta de agua utilizada en la planta para todos los usos

U = uso consuntivo o consumo neto de agua, = $U_p + U_D + U_R$, siendo U_p = uso consuntivo en el proceso de producción, U_D = uso consuntivo en el sistema de eliminación de aguas residuales y U_R = uso consuntivo en el sistema de recirculación

D = aguas residuales del proceso de producción

E = efluente final de la unidad de producción (que puede utilizarse de nuevo). Cuando hay un estanque o un sistema de riego por aspersión, el efluente final, si lo hay, está formado por el sobrante del estanque, la filtración y/o la escorrentía superficial

W_D = carga de desechos de las aguas residuales, por ejemplo, libras de demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

W_E = carga de desechos del efluente final, es decir, libras de DBO

$$\text{Grado de recirculación} = R/G \times 100\%$$

Fuente: Gobierno del Canadá. Department of Energy, Mines and Resources, Forecasting the Demands for Water, B.T. Bower y W.R.D. Sewell, eds. (Ottawa, 1968) pág. 87.

Dimensiones de las demandas de agua para la industria en el ámbito mundial

La industrialización es la característica dominante de la evolución social y económica que se ha producido en el último siglo. Parece muy probable que los países y regiones en que la industrialización todavía no se ha iniciado o está en sus comienzos experimenten también una industrialización intensiva en los próximos decenios. De hecho, durante el Segundo Decenio de las Naciones Unidas para el Desarrollo, que se inició el 1.º de enero de 1971, se prevé para los países en desarrollo una tasa media de crecimiento anual de un 8% en la producción de manufacturas y un aumento correspondiente en el suministro de energía 2/. Esta tasa de crecimiento del 8% es el doble de la prevista para la producción agrícola, y constituye la base de la tasa de crecimiento anual de 6% del producto bruto de los países en desarrollo fijada como objetivo mínimo que se ha de alcanzar durante el Decenio.

Para evaluar los efectos previsibles de la industrialización en la administración y ordenación de los recursos hidráulicos hay que considerar tres dimensiones básicas de las demandas industriales de agua: a) toma de agua; b) consumo de agua; y c) carga de desechos del efluente final.

Toma de agua

En los países industriales las tomas de agua para usos industriales se aproximan al 80% del total de tomas cuando las demandas de agua para la agricultura no son muy elevadas (véanse en el cuadro 1 los datos correspondientes a Checoslovaquia y la República Democrática Alemana). En los países en que la demanda industrial compete o coincide con una demanda agrícola importante, este porcentaje es del 40% al 50% (véanse en el cuadro 1 los datos correspondientes a Estados Unidos de América, Francia, Hungría y la URSS). El cuadro 21 muestra el aumento de las tomas de agua para usos industriales durante los últimos decenios en relación con los grandes grupos de usos del agua. Es especialmente impresionante el índice de aumento del consumo de agua para la producción de energía termoeléctrica.

Se han registrado tendencias análogas en otros países industrializados y cabe suponer que acompañarán a la industrialización a menos que aparezca o se intensifique la escasez de agua. Tan pronto como los costos del consumo de agua sobrepasen determinados límites (y repercutan directamente en los usuarios) será cada vez mayor el número de usuarios industriales que prefieran reducir las tomas específicas de agua incrementando el grado de reaprovechamiento dentro de la planta. De hecho, en muchos países industrializados se practica ya la recirculación del agua en la planta industrial. En el cuadro 22 se ofrecen datos indicativos respecto del grado de recirculación y los porcentajes de consumo. La evaluación combinada del grado de recirculación y el porcentaje de uso consuntivo proporciona una indicación aproximada de las perspectivas de reducir la toma de agua aumentando el grado de recirculación. Como revelan los datos de la primera línea del cuadro 22, en el caso de la industria papelera de Hungría, el consumo de las fábricas representa solamente el 4,3% de los 32,4 millones de m³ de agua utilizados al año, es decir, el grado de recirculación podría elevarse del 62% a un máximo hipotético de un 98%, lográndose una situación en la que $I = U$.

2/ Véase la resolución 2626 (XXV) de la Asamblea General, de 24 de octubre de 1970.

Cuadro 21

Aumento de la demanda industrial de agua en comparación con otras demandas de agua importantes, Estados Unidos de América, 1900-1975

(miles de millones de litros, promedio diario)

Año	Riego ^{a/}	Abasteci- miento público de agua	Abastecimiento propio			Total
			Usos domésticos ^{b/}	Usos indus- triales y otros c/	Energía termoelec- trica	
1900	76,4	11,3	7,5	37,8	18,9	151,9
1910	147,6	17,7	8,3	52,9	24,6	251,1
1920	211,5	22,7	9,0	68,1	37,8	349,1
1930	227,0	20,2	10,9	79,4	69,6	407,1
1940	268,7	38,2	11,7	109,7	84,0	512,3
1944	305,0	45,4	12,1	211,9	135,8	710,2
1945	314,5	45,4	12,1	181,6	109,0	662,6
1946	327,0	45,6	13,2	147,6	101,8	635,2
1950	378,5	53,3	17,4	174,1	145,3	768,6
1955	453,4	64,3	20,4	227,1	226,3	991,5
1960	510,9	83,2	22,7	272,1	293,7	1 182,6
1965	560,5	94,6	24,6	331,9	348,9	1 360,5
1970	601,8	105,2	26,1	389,8	408,0	1 530,9
(1975)	642,3	112,7	27,2	436,7	495,8	1 714,7

Fuente: Usos industriales del Agua (Publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: 58.II.B.1).

a/ Toma total, incluidas las pérdidas de suministro pero no la evaporación de los embalses.

b/ Usos domésticos no agrícolas y usos domésticos agrícolas, así como los pozos de reserva para la agricultura.

c/ Manufactura, minería, comercio, acondicionamiento de aire, lugares de recreo, moteles, instalaciones militares y otros.

Cuadro 22

Grado de recirculación y porcentaje de uso consuntivo
en los principales sectores industriales, Hungría

Sector industrial	Toma (I) (millones de m ³ anuales)	Agua recir- culada (R) (millones de m ³ anuales)	Grado de recir- culación $(\frac{R}{I + R} \times 100)$ (porcentajes)	Uso consuntivo (U) $(\frac{U}{I} \times 100)$	Número de fábricas
Papel	32,4	50,3	62	4,3	12
Productos químicos y caucho	144,3	229,1	63	12,7	103
Refino de petróleo	32,8	2,8	8	3,4	8
Alimentación	93,6	56,4	38	10,6	691
Azúcar	30,2	27,7	48	8,3	11
Conservas y preparados	14,5	6,1	30	11,0	29
Carne	9,4	2,4	20	7,4	50
Productos lácteos	9,6	1,1	10	6,2	179
Textiles	39,7	4,1	9	15,1	128
Cueros y pieles	5,5	0,21	4	7,3	16
Minería	33,9	44,7	57	44,0	165
Materiales de construcción	19,7	4,3	18	37,1	236
Manufacturas de madera	3,8	1,4	27	10,5	80
Máquinas y aparatos	12,4	2,2	15	8,1	140
Industria de propiedad estatal, total	1 684	2 035	55	11,9	2 091

Fuente: Gobierno de Hungría, Organismo Nacional de Aguas, Characteristics of Industrial Water Uses in the Year 1965 (Budapest, 1968).

Las diferencias en el grado de recirculación dentro de la planta industrial son la causa principal de la gran diversidad de los datos del cuadro 55 del anexo I, en el que se presentan en forma resumida las cantidades concretas de agua en relación con la unidad de producción en los principales sectores industriales de distintos países. La importancia de la recirculación en la fábrica se aprecia mejor en el cuadro 56, en el que se dividen las cantidades de agua utilizadas en diversas industrias en función de la toma (I) y de la recirculación (R). En la evaluación y comparación de los costos del abastecimiento de agua en diversas combinaciones de agua tomada y agua reutilizada los costos del tratamiento del agua pueden tener también su importancia. En el cuadro 57 se observa que algunos usos industriales tienen necesidades muy concretas con respecto a la calidad del agua utilizada. La legislación y los incentivos económicos destinados a reducir la carga de desechos del efluente final pueden influir asimismo en los aumentos del grado de recirculación dentro de la fábrica y la reducción de las cantidades de agua recibidas.

Uso consuntivo

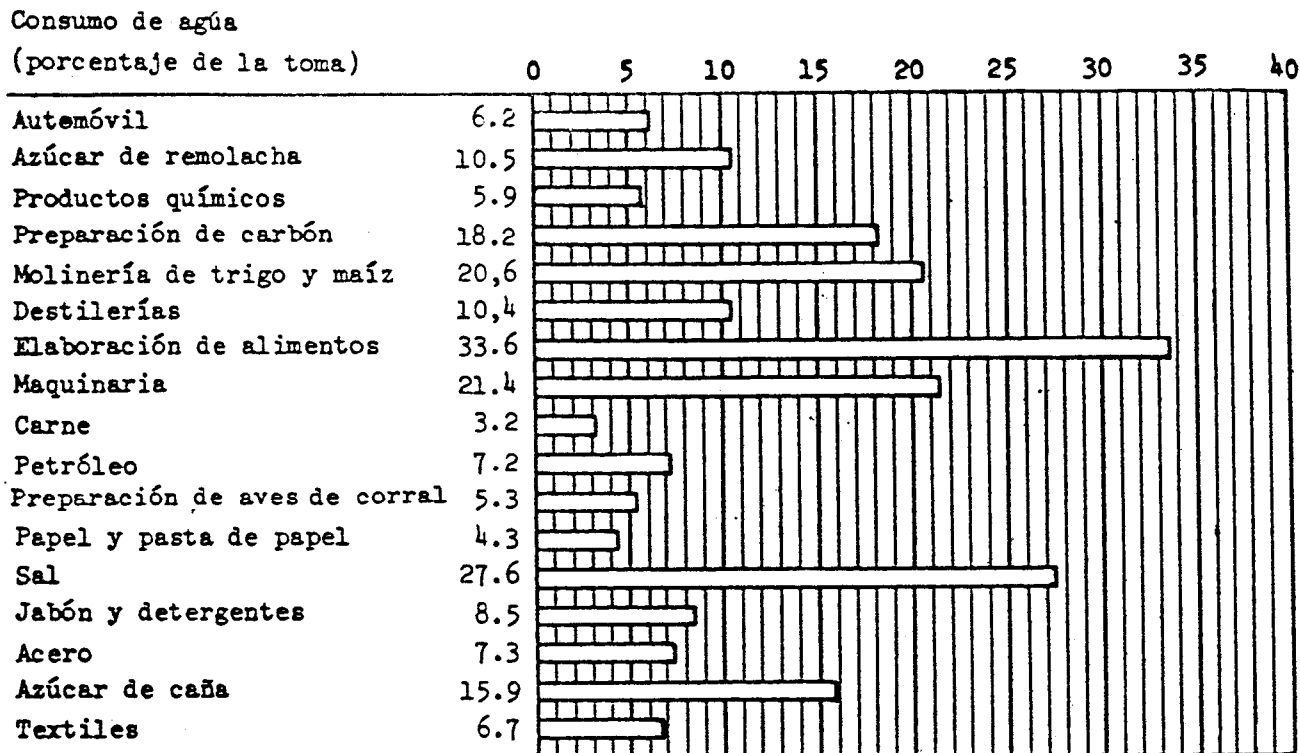
En el panorama general de la ordenación regional y nacional de las aguas y en una perspectiva a largo plazo el uso consuntivo constituye la dimensión crítica de las demandas de agua. Es el elemento que caracteriza el modelo caudal-pérdidas para la evaluación completa de la demanda y la oferta (véase capítulo III) y representa el límite del uso eficiente del agua en la industria con una determinada tecnología de producción. En la figura XV se dan ejemplos indicativos del consumo de agua como porcentaje de la toma respecto de grandes sectores industriales.

Como la figura XVI revela, la importancia de la industria entre los principales grupos de usuarios del agua es bastante menor en lo que se refiere al consumo que en cuanto al agua tomada. La identificación de la cantidad de agua utilizada con la cantidad tomada es más frecuente en la actualidad, pero en el futuro será cada vez más necesario hacer evaluaciones del uso consuntivo a medida que la eficiencia en la utilización vaya siendo el criterio decisivo. Esta tendencia se pone de manifiesto en los datos del cuadro 23, relativo a las centrales termoeléctricas de los Estados Unidos de América. La recirculación (como porcentaje de la toma total) aumentó de 13 en 1954 a 27 en 1970 y en los próximos años se prevé un nuevo y notable aumento (hasta el 40% en 1980). El cuadro 23 pone de relieve también otro aspecto importante, el efecto de la tecnología de producción sobre el consumo de agua. De hecho, la dimensión específica del uso consuntivo (la pérdida por evaporación por kw/hora) descendió de 0,65 galones en 1954 a 0,44 galones en 1970 y se espera que llegue a los 0,37 galones en 1980.

Carga de desechos

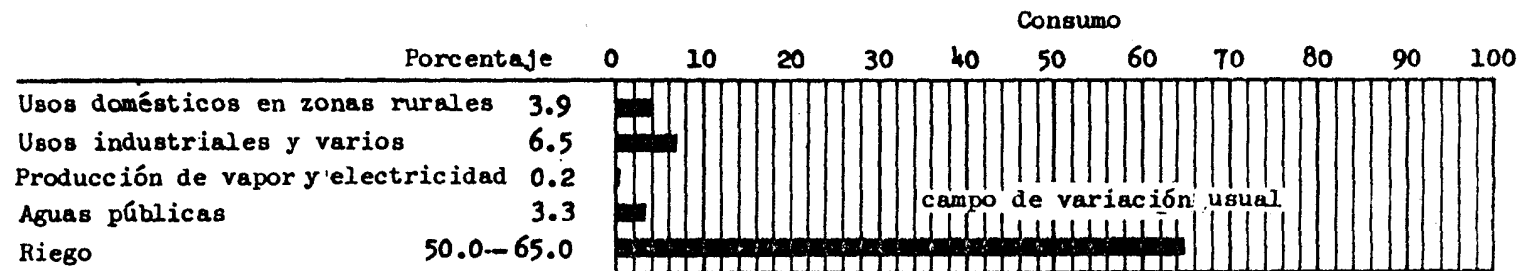
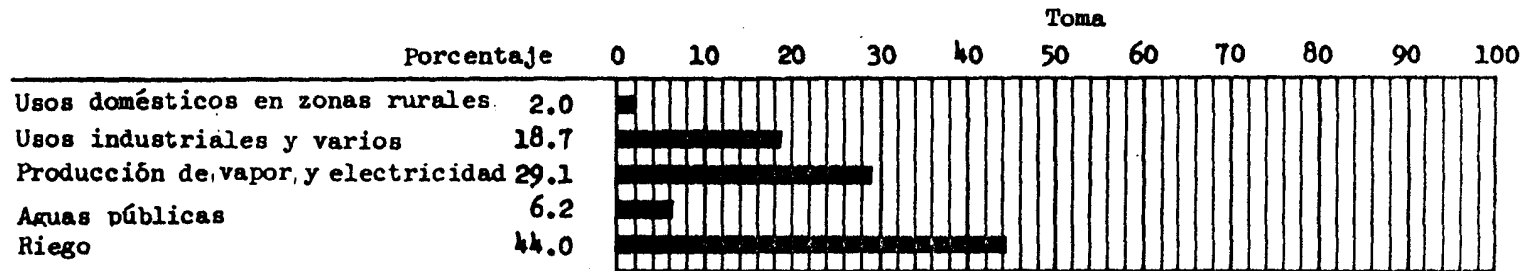
En el cuadro 24 se resumen los datos indicativos sobre la carga de desechos de las seis industrias principales en función de la demanda biológica de oxígeno (DBO) por 1.000 galones de agua descargada. Sobre la base de estos datos se han estimado en los Estados Unidos de América las cantidades totales de desechos descargados (W_p) en 1960. Como se observa en el cuadro 25, los productos químicos los productos alimenticios y similares y la industria papelera son los tres sectores más destacados a este respecto y representan alrededor del 96% de la carga de desechos global de las seis grandes industrias consideradas en el estudio. Tanto las cargas específicas de desechos como las cifras globales varían, como es lógico, en los distintos países y también en el tiempo con arreglo a las características tecnológicas y estructurales de las industrias de que se trata.

Figura XV. Uso consuntivo del agua en los principales sectores industriales, Estados Unidos de América



Fuente: National Association of Manufacturers and Chamber of Commerce of the United States, Water in Industry (Nueva York, 1965).

Figura XVI. Comparación de la toma y el consumo de agua para diferentes usos



Fuente: National Association of Manufacturers and Chamber of Commerce of the United States, Water in Industry (Nueva York, 1965).

Cuadro 23

Utilización del agua en centrales termoeléctricas en
el pasado y en el futuro, Estados Unidos de América

Utilización del agua	1954	1959	1965	1970	1975	1980
Electricidad, generada por vapor (kWh x 10 ⁹)	368	569	880	1 250	1 730	2 300
Promedio eficiencia térmica (porcentaje)	28	31	33,5	36	38,5	40
Utilización bruta del agua, refrigeración (galones kWh)	72	62	55	49	43	41
Utilización bruta del agua, refrigeración (litros x 10 ¹² /año)	103	133	48	232	285	370
Toma total	94	124	...	182	...	258
Toma de agua dulce	70	80	...	130	...	180
Toma de agua salobre	23	34	...	54	...	80
Recirculación	11	19	...	50	...	103
Recirculación, (porcentaje de la toma total)	13	17	...	27	...	40
Pérdidas por evaporación (litros kWh) <u>a/</u>	2,5	2,1	1,9	1,6	1,5	1,4

Fuente: O.G. Löf, "The water demand for power plant cooling", Industrial Water Engineering (diciembre de 1966).

a/ Calculadas a partir de la generación y la eficiencia térmica suponiendo que la eficiencia de las calderas es del 90% y que todo el calor que después pasa al agua de refrigeración se evapora a la tasa de 3/4 de libra de agua por 1.050 unidades térmicas británicas (BTU) descargadas (lo que equivale a suponer que el 75% del calor se elimina por evaporación, y el resto por conducción y radiación a la atmósfera).

Cuadro 24

Carga de desechos de la descarga de aguas residuales de
seis industrias principales

Industria	DBO de cinco días por 1.000 galones de aguas residuales vertidas (en libras)
Productos alimenticios y afines	9,16
Textiles	3,65
Papel y pasta de papel	2,21
Productos químicos	16,70
Petróleo	2,50
Cueros y pieles	6,69

Fuente: N. Wollman y G.W. Bonem, The Outlook for Water: Quality, Quantity and National Growth, publicado para Resources for the Future, Inc. (Baltimore, Maryland, Johns Hopkins Press, 1971), pág. 221.

Cuadro 25

Valores estimados de la carga global de desechos en los
vertidos de aguas residuales de seis grandes sectores
industriales, Estados Unidos de América, 1960

Industria	Millones de EP descargados a/
Productos alimenticios y similares	84,3
Textiles	4,6
Papel y pasta de papel	40,8
Productos químicos	109,5
Petróleo	3,3
Cueros y pieles	1,1
Total	243,6

Fuente: N. Wollman y G.W. Bone, The Outlook for Water: Quality, Quantity and National Growth, publicado para Resources for the Future, Inc. (Baltimore, Maryland, Johns Hopkins Press, 1971), apéndice E.

a/ Un "equivalente de población (EP) es igual a la cantidad de DBO descargada por una persona en un día, es decir, una cantidad de desechos que consume del caudal 0,25 libras (113 gramos) de oxígeno al día en el proceso de descomposición.

Cuadro 26

Reacción prevista de las fábricas de azúcar de remolacha y de las refinerías de petróleo frente a un gravámen por descarga de DBO

Gravámen		Reducción de la descarga de DBO desde el nivel de base anterior al gravámen (porcentaje de la descarga de base)			
Dólares por libre	Dólares por kg.	Fábrica de azúcar		Refinería de petróleo	
		Presente	Futura	Básica	A avanzada
,02	,044	5	5	5	3
,04	,088	10	10	10	7
,06	,132	29	47	13	12
,08	,166	41	56	16	17
,10	,220	52	64	19	22
,15	,330	80	86	23	31

Fuente: Estados Unidos de América, National Water Commission, Future Water Demands, por C.W. Howe y colaboradores (Springfield, Virginia, 1971), pág. 55.

La carga de desechos del efluente final (W_E) puede diferir mucho de la que lleve la descarga de residuos (W_D), según el tipo y alcance del tratamiento y utilización de los mismos y las posibilidades de eliminación subterránea. A este respecto son decisivos los costos de los diferentes grados de tratamiento de desechos, medidos en función de la reducción de la DBO. El cuadro 26 muestra los efectos de los gravámenes por descarga (expresados en dólares por libra de DBO) sobre el porcentaje de supresión de DBO en azucareras y refinerías de petróleo de los Estados Unidos de América. Los datos se basan en el supuesto de que las industrias aplicarán un nivel de tratamiento que corresponda en costos al nivel del gravámen. Conviene señalar que, en consonancia con las diferencias entre las técnicas de tratamiento necesarias, cabe esperar que la supresión de DBO sea mucho mayor en las azucareras que en las refinerías de petróleo siendo el mismo el gravámen (costos de tratamiento). Por parecidas razones cabe prever una reducción de DBO más efectiva cuando las tecnologías sean más modernas.

El calor constituye otro importante componente de la carga de desechos de las aguas residuales de la industria. Como indica la tercera columna del cuadro 54 del anexo I, en Bélgica la mayoría de los residuos térmicos suelen derivar de las centrales térmicas; las industrias siderúrgica y química son otras fuentes importantes de residuos térmicos. La cantidad específica depende en gran parte de la tecnología aplicada en esas industrias. En el caso de las centrales termoeléctricas, en el estado actual de la tecnología la eficiencia térmica es bastante baja (véase cuadro 23) y por lo menos del 50 al 60% del insumo total de calor se pierde. Como indica el cuadro 27 investigaciones recientes han permitido hallar tecnologías mucho más eficientes, pero seguramente transcurrirán varios decenios antes de que sean aplicadas en gran escala.

Desde el punto de vista de la carga de desechos, es lamentable que la energía nuclear convencional, la tecnología que más próxima se halla a la etapa de la aplicación en gran escala entre las enumeradas en el cuadro 27, dé una eficiencia térmica relativamente baja y aumente considerablemente las necesidades de agua para refrigeración en comparación con los sistemas de vapor fósil.

Al igual que sucede con la DBO, puede haber considerables diferencias entre la carga térmica de las aguas residuales y la del efluente final. Estudios relativos a las condiciones típicas en los Estados Unidos de América indican que un gravámen por descarga de 0,13 dólares por millón de BTU (unidades térmicas británicas) impulsaría a las centrales a instalar un embalse de refrigeración, y un gravámen de 0,31 dólares a instalar una torre de refrigeración en lugar de descargar los residuos térmicos en el efluente final.

Datos necesarios para la planificación regional y nacional

Manufactura

Respecto de la manufactura, la manera más cómoda de medir el uso del agua puede ser una tasa expresada en función del valor del producto bruto, del valor añadido, del empleo o del volumen material de producción. Las variaciones de la tecnología y de la productividad de la mano de obra se pueden tener en cuenta haciendo las modificaciones apropiadas en la relación agua-uso. Si se supone que la tecnología permanecerá constante durante el período de la proyección, el uso del agua por una

Cuadro 27

Eficiencia térmica y necesidades de refrigeración de las principales tecnologías de generación potencialmente aplicables durante los próximos decenios

Tecnología de generación	Rendimiento térmico (BTU por kw/hora)	Necesidades de refrigeración (litros por kw/hora)
Célula energética	5 000	0
Reactor nuclear autorregenerable	8 500	140
Magnetohidrodinámica (Turbina de gases)	6 200	0
Magnetohidrodinámica (vapor)	5 690	61
Electrogasdinámica	7 100	0
Solar	18 000	0
Fusión	5 700	61
Fusión con conversión directa	4 900	38
Vapor fósil:		
1970	10 300	164
1980	9 500	140
1990	9 000	130
Nuclear convencional:		
1970	10 700	206
1980	10 500	198
1990	10 000	186
Combustión interna	12 500	144
Turbina de gases	14 000	0

Fuente: Estados Unidos de América, National Water Commission, Forecasting Water Demands, por R.G. Thompson y colaboradores, Informe No. PB 206 491 (Springfield, Virginia, 1971) pág. 166.

determinada industria puede proyectarse más allá del presente en proporción con el cambio previsto en la producción.

Al proyectar las necesidades de agua de la manufactura, el primer problema es claro está, estimar la producción futura. En los países en desarrollo las inversiones en instalaciones manufactureras tenderán a ser hechos relativamente discretos que se pueden identificar, y situar en su contexto previsible atribuyéndoles una escala de producción probable. Las actividades de manufactura que son relativamente numerosas y de volumen reducido pueden proyectarse como función del PNB o de la población sobre la base de la situación actual.

Las nuevas fábricas suelen utilizar las mejores tecnologías disponibles en la fecha en que se instalan, a menos que las condiciones locales impongan restricciones a la elección de la tecnología. El coeficiente de uso del agua en una nueva industria puede ser pues distinto del que se da en un país en que las fábricas son más antiguas o datan de diferentes épocas.

En un país en que el desarrollo de la manufactura se halla en sus primeras etapas, es posible que las incertidumbres que crea la sustitución de productos o materiales no constituyan para el planificador un problema tan grave como puede serlo en un país desarrollado. Además, la incertidumbre será menor respecto a la variación de las necesidades de agua por unidad de producción dentro de un determinado sector en el futuro inmediato, puesto que las fábricas serán relativamente nuevas y puede suponerse que funcionarán durante varios años sin que se modifiquen sustancialmente las técnicas de producción.

Al proyectar las necesidades de agua para la manufactura, el planificador ha de disponer de datos sobre las tomas, las pérdidas en fábrica y el vertimiento de desechos. Es necesario conocer la naturaleza de los desechos para poder garantizar su eliminación. Los materiales orgánicos suelen tratarse con métodos biológicos normalizados y puede encargarse de ellos la industria o verterlos a un sistema público. Los metales, ácidos, fenoles, etc. requieren medidas especiales. La eliminación de los residuos térmicos, problema que adquiere grandes proporciones en algunas industrias, puede exigir el empleo de torres de enfriamiento u otras instalaciones dentro de la fábrica, según la naturaleza de las aguas que los reciben y la utilización que de ellas se haga. Cuando hay escasez de agua, el enfriamiento por agua puede sustituirse en ocasiones por el enfriamiento por aire.

En la mayoría de las actividades de manufactura hay muchas posibilidades de introducir cambios en la tecnología del uso del agua que influyen en la toma y en la descarga de residuos. En las fases de elaboración en las que el agua se incorpora al producto se requiere normalmente que sea de primera calidad, pero hay otros usos que pueden cubrirse con aguas de calidad inferior. Cuando el agua es escasa pueden reducirse las tomas estableciendo una sucesión de usos, en orden de calidad descendente, o mediante sistemas dobles que utilicen agua dulce y salobre (o salada).

Desde el punto de vista de la cuenca en general, en la que la descarga de un usuario es parte del abastecimiento de agua de otro situado aguas abajo, las mediciones más importantes son las pérdidas y la descarga de desechos. Desde el punto de vista del usuario, las mediciones más importantes son la toma y la cantidad y calidad de la fuente.

Puede plantearse un problema especial en una región en que escasee el agua si se aumenta el coeficiente de pérdida para reducir las cantidades tomadas. La reducción de las tomas puede implicar asimismo un aumento de la concentración de desechos en los efluentes. El sistema óptimo desde el punto de vista social suele ser diferente del sistema óptimo de utilización del agua desde la perspectiva del usuario, distinción que el planificador debe tener en cuenta y formular expresamente. Cuando los conflictos entre los usuarios son graves el Gobierno puede imponer controles con arreglo a criterios que permitan obtener óptimos.

El criterio que suele seguir el planificador de los recursos de agua es elevar al máximo el producto nacional bruto dentro de los límites de los recursos disponibles. Por consiguiente, el planificador ha de conocer la naturaleza de los efectos desfavorables que pueden derivarse del uso del agua, los daños económicos imputables a esos efectos y los costos de su reducción o supresión. La política apropiada viene indicada en los resultados del análisis y puede variar desde la aceptación de los efectos desfavorables hasta la supresión total de la actividad causante de los mismos.

El planificador debe conocer el costo del tratamiento de los desechos industriales, que varía según las industrias e incluso según los productos. También varían los costos en función del volumen de las operaciones. Salvo en el caso de que las decisiones relativas al uso del agua y a la eliminación de desechos haya de tomarlas cada usuario el planificador debe obtener información sobre los efectos contaminantes y los costos de la eliminación para incluirlos en el plan relativo a las aguas. Son éstas cuestiones de detalle que exigen una estrecha colaboración con los ingenieros industriales y técnicos sanitarios.

Energía termoeléctrica

La producción de energía termoeléctrica debe proyectarse como parte de la energía eléctrica total. El consumo total de energía puede extrapolarse con bastante precisión tomando como base lo ocurrido en los últimos años y teniendo en cuenta el efecto combinado de los cambios del consumo por habitante y los cambios demográficos previstos. Otro procedimiento es proyectarlo en relación con el PNB.

Revisten especial interés los posibles saltos cuantitativos, que pueden representar nuevos usos industriales o un cambio en los usos domésticos originado por la introducción de aparatos domésticos, la extracción de agua o la expansión de los servicios de esparcimiento en zonas urbanas. Dado que en regiones en las que los índices de consumo por habitante son relativamente bajos el consumo de energía tiende a seguir a la producción, la base principal de la proyección de las necesidades de agua en los países en desarrollo serán los planes de producción. En los países desarrollados es más probable que ocurra lo contrario.

En la producción de energía térmica se necesita agua para alimentar las calderas y para refrigeración. En el primer caso el agua, en cantidad relativamente pequeña, ha de ser relativamente pura, mientras que en el segundo puede ser dulce, salobre o salada, pero se precisan cantidades relativamente grandes. El agua de refrigeración puede reaprovecharse o no según la temperatura y los costos relativos. Si el agua de refrigeración viene de su fuente a una temperatura relativamente baja, en comparación con el agua recirculada, las ventajas del uso directo son mayores para cualquier relación de costos. Las necesidades de toma, en términos globales, pueden competir con las cantidades empleadas en el riego, y de hecho las sobrepasarán en muchas partes del mundo.

A medida que aumenta la producción de energía termoeléctrica la descarga de residuos térmicos se convierte en una modalidad de contaminación cada vez más grave. El planificador puede calcular la capacidad de dilución que se requiere para limitar el aumento de la temperatura del agua a un nivel aceptable y compararla con otras necesidades. Si el caudal que se necesita para reducir los efectos de los residuos térmicos excede de otros caudales, el planificador puede averiguar si el efluente térmico podría enfriarse antes de la descarga, con el fin de disminuir los caudales de dilución. El costo de las instalaciones de enfriamiento puede compararse con el del suministro del caudal necesario para limitar los aumentos de la temperatura en el curso de agua. Un país de clima ártico o subártico puede decidir que todas las futuras centrales sean instaladas allí donde la descarga de efluentes sea beneficiosa, y no en los lugares que determinan los mercados o los combustibles.

Al proyectar las necesidades de energía, el planificador debe cuidar de distinguir entre la energía de abastecimiento propio de la industria y la producida por un servicio público, con el fin de evitar la subestimación o la sobrestimación de las necesidades de agua para la producción de energía y la manufactura. En los Estados Unidos de América se espera que continúe en las industrias la tendencia a servirse más de la energía suministrada por servicios públicos.

Es preciso que el planificador pueda estimar la división de la producción futura entre combustibles nucleares y tradicionales, puesto que las necesidades de agua para refrigeración de los primeros son superiores a las de los segundos. El aumento de la eficiencia en la producción de energía por centrales que utilizan combustibles convencionales será compensado, al menos en el futuro previsible, por la medida en que aumente la capacidad mediante el uso de combustibles nucleares.

Dado que la recirculación del agua de refrigeración es frecuente en regiones en que el agua es escasa, el planificador puede suponer que la práctica se extenderá hasta donde las condiciones regionales lo aconsejen. Si el agua es recirculada hasta que la acumulación de sólidos haga indispensable una purga, el total de tomas se reducirá a una pequeña fracción de la cantidad necesaria para el enfriamiento directo.

Para tener en cuenta todos los efectos de la producción de energía en el abastecimiento de agua, el planificador debe añadir a las pérdidas en planta las causadas en el curso por evaporación adicional cuando el agua calentada desciende a la temperatura ambiente. No todos los descensos de temperatura son causados por la evaporación ya que hay algún traspaso de calor a las márgenes y al fondo.

Al igual que sucede con otros usos del agua, los diversos problemas de economía y de ingeniería que lleva consigo la producción de energía eléctrica y sus efectos sobre las necesidades de agua sólo pueden resolverse mediante la colaboración entre planificadores de los recursos hidráulicos y especialistas de la industria.

Minería

La minería, incluida la extracción de petróleo y gas, utiliza agua para lavado y perforación. Si bien es raro que la evaporación produzca grandes pérdidas cuantitativas, es frecuente que la calidad empeore hasta el punto de que no pueda utilizarse el agua para otros fines. Estas aguas suelen embalsarse y evaporarse. En la

perforación de pozos de petróleo y de gas puede perderse agua dulce al mezclarse con agua salobre. En los Estados Unidos de América la extracción del carbón ha creado un grave problema de contaminación a consecuencia de los ácidos que arrastra el agua al pasar a través de las capas de carbón expuestas al aire.

Cuando en una mina se tropieza con aguas freáticas importantes es necesario extraerlas. El agua dulce bombeada a la superficie puede exceder en cantidad del agua utilizada (perdida) por la industria minera. Con arreglo a la hidrología local, quizá sea preciso, en tales circunstancias, medir el uso del agua por la industria minera en términos negativos. Si no se hubiera encontrado la capa freática hubiera aparecido como agua de superficie en otro punto.

En términos generales, las necesidades de agua para las industrias extractivas son relativamente reducidas y, dado el alto valor de la producción de minerales, justifican inversiones cuantiosas. Las técnicas para economizar agua son comunes y su naturaleza concreta depende de la variedad de procesos que se realizan en un determinado yacimiento. En algunos casos el beneficio o el refino se efectúan en las proximidades de la mina o el pozo; en otros los procesos son independientes. La distinción entre extracción y elaboración a veces no es clara y ello puede originar subestimación o sobrestimación de las necesidades de agua. Es indispensable que el planificador conozca los problemas técnicos del uso del agua y pueda colaborar con el organismo encargado de las estadísticas sobre productos e insumos de las industrias extractivas para obtener los datos que necesita. La importancia relativa de la producción de minerales para la economía de un país o región y las cantidades de agua que requiere determinará la atención que se haya de prestar al proceso de proyección. Una proyección relativamente sencilla sería la extrapolación del uso del agua de conformidad con la evolución prevista en el PNB, modificada por la tendencia de la producción de minerales en relación con el PNB. Naturalmente, habrá que contar con los nuevos acontecimientos previsibles, por ejemplo, la conversión de esquistos bituminosos en combustibles líquidos, la gasificación del carbón en las minas y la aparición de usos nuevos. Es esencial la colaboración con los expertos de la industria.

Proyección de las demandas de agua para la industria

Esquema conceptual

La demanda industrial de agua es función de variables tales como la naturaleza del proceso de producción, la naturaleza de las materias primas empleadas, la composición de la producción, el nivel de explotación, la distribución en planta y el control de la descarga de residuos líquidos y gaseosos. Esto se expresa conceptualmente en la forma de una función mixta ^{3/}:

$$Q_{It}, U_t, Q_{Et}, W_{Dt}, W_{Et} = f(C_I, PP-PM, RM, OR, R, MR, BP, C_E)$$

en la que

^{3/} Véase Gobierno del Canadá, Department of Energy, Mines and Resources, Forecasting the Demands for Water, B.T. Bower y W.R. Sewell, eds. (Ottawa, 1968), págs. 85-136.

Q_{It} , U_t , Q_{Et} , W_{Dt} , W_{Et} = distribución en el tiempo de la toma de agua, uso consuntivo, efluente final, carga de desechos generada y carga de desechos en el efluente final, respectivamente;

C_I = costo del agua tomada, que es función de la distribución en el tiempo de la cantidad y calidad del agua disponible y del costo del tratamiento del agua;

PP-PM = combinación de proceso de producción y composición de la misma;

RM = naturaleza de las materias primas empleadas;

OR = nivel de explotación;

R = grado de recirculación, que es función del costo de la recirculación (que a su vez es función de la distribución en planta, del proceso de producción y de la composición de la misma, de los costos del tratamiento de las aguas residuales, del costo del tratamiento de los insusmo de agua y de las normas de calidad del producto final);

MR y BP = posibilidades de recuperación de materiales y producción de subproductos;

C_E = costo de manipulación y eliminación del efluente final que a su vez es función de los controles impuestos sobre la descarga de residuos líquidos y gaseosos, de la disponibilidad de instalaciones para la eliminación de desechos y del proceso de producción y la composición de la misma.

Esquema de procedimiento

En todo intento de prever la demanda industrial de agua es imprescindible un estudio económico de base que incluya proyecciones de las demandas de los productos de las diversas industrias que emplean grandes cantidades de agua.

Dado el estudio económico de base, la previsión de la demanda industrial de agua implica las cinco etapas siguientes:

- a) Clasificación de las plantas existentes por procesos, regiones, composición de la producción y tamaño;
- b) Previsión de las tendencias de los procesos de producción, combinación de bienes producidos y distribución regional, es decir, previsión de la tecnología;
- c) Determinación de la relación entre las combinaciones de proceso de producción y composición de la misma y cantidad bruta de agua utilizada y desechos generados;
- d) Análisis de las distintas posibilidades de utilización interna del agua y costos de las mismas, considerando los efectos de las exigencias de calidad del agua en la planta en relación con la calidad del producto y los costos de los demás factores, como combustibles y termorre recuperadores; y
- e) previsión de las decisiones políticas relativas a la política de precios del agua y a las normas sobre vertimiento de desechos.

En la etapa b) está implícito el estudio de la evolución futura de los mercados, y no sólo de los mercados para la producción de la industria de que se trate, sino además de los posibles mercados para los subproductos del proceso industrial. Por ejemplo, en la refinación del azúcar de remolacha, la creación de un mercado para el glutamato monosódico y de un mercado para la pulpa seca en lugar de húmeda ha hecho posible la producción económica de estos productos con la consiguiente reducción de los residuos generados.

Tecnología de producción

La tecnología de producción se define en este contexto en términos generales e incluye no sólo el propio proceso de producción sino también los factores interrelacionados de composición de la producción, naturaleza de las materias primas empleadas y tamaño de la planta. Cuando se trata de prever la demanda de agua puede ser útil definir dos tipos generales de procesos de producción industrial, simple y complejo. Proceso simple es aquel que se desarrolla en pocas etapas; un ejemplo puede ser la concentración de mineral de cobre. En tales casos no hay muchas posibilidades de que se introduzcan cambios tecnológicos sustanciales en el proceso o en la producción que influyan en la demanda de agua.

En los procesos complejos las etapas son muchas y la producción muy variada, lo cual implica el uso de diversas cantidades y calidades de agua y la generación de diversas cantidades y tipos de desechos. Por ejemplo, la fabricación de conservas de frutas, que no son en modo alguno el más complejo de los procesos industriales, implica limpieza y preparación de la materia prima (mondadura, extracción de huesos y corazón), confección de almíbar, llenado, hervido, enfriamiento, transporte del producto de una operación a otra y eliminación de residuos líquidos y sólidos generados en el proceso de producción. Para todas estas operaciones, incluido el transporte interno, puede haber adelantos tecnológicos.

Tanto respecto de los procesos simples como de los complejos, la previsión del cambio tecnológico implica dos tipos de progreso tecnológico: evolución gradual del proceso de producción y modificaciones radicales de la tecnología de producción. Ejemplo del primero es el desarrollo de máquinas cortadoras para producir maíz en conserva. Durante los dos últimos decenios el tipo básico de máquina ha permanecido constante, pero se han introducido mejoras graduales, de manera que la proporción de producto bruto que aparece en el producto final ha aumentado en un 10%. Esto reduce la carga de desechos generada por tonelada de producto bruto elaborado.

En cambio, del segundo tipo de cambio tecnológico es ejemplo el paso del horno de reverbero al horno de oxígeno en la producción de acero. La previsión de cambios tan radicales en la tecnología es difícil, claro está, y es un factor más de incertidumbre en la previsión de la demanda industrial de agua. No obstante, los cambios tecnológicos radicales no siempre provocan cambios radicales en la utilización del agua por unidad de producto o de materia prima elaborada. Con respecto al horno de oxígeno, todavía no está claro como ha influido en la utilización bruta del agua (o en el consumo neto) por tonelada de acero. La velocidad de producción es de ocho a diez veces mayor y por supuesto, la cantidad de agua utilizada por unidad de tiempo ha aumentado considerablemente. Por el momento no se sabe si el agua bruta utilizada por tonelada ha aumentado o no.

Con los cambios en el proceso de producción se relacionan estrechamente las variaciones en la composición de la producción, incluida la producción de subproductos y la recuperación de materiales. De hecho es difícil, si no imposible, y quizá sea innecesario, determinar si la fabricación y la demanda de productos nuevos provoca cambios en el proceso de producción o si los procesos nuevos hacen posible la producción de productos nuevos.

Distribución regional de las industrias

El problema de proyectar la demanda industrial de agua lleva implícito el de proyectar el emplazamiento de las industrias. Se trate de una proyección nacional o regional, es esencial estudiar los posibles cambios en la distribución de las industrias en el territorio. Hay varios factores que influyen en la demanda industrial de agua y que pueden no ser los mismos en todas las regiones: tamaño medio de las unidades de producción, naturaleza de los insumos de materias primas, composición de la producción y carácter de la tecnología de producción, es decir, grado de complejidad. En general, las decisiones relativas al emplazamiento de las industrias se toman en función de los mercados, de la proximidad de las materias primas y de los costos del transporte. Incluso para las industrias que utilizan grandes cantidades de agua o que producen gran contaminación, la disponibilidad de agua, con respecto a la entrada o a la salida, es un factor insignificante en las decisiones relativas a la distribución interregional. No obstante, dentro de una determinada región, la disponibilidad de agua puede ser un factor importante en una decisión concreta sobre el emplazamiento de una industria.

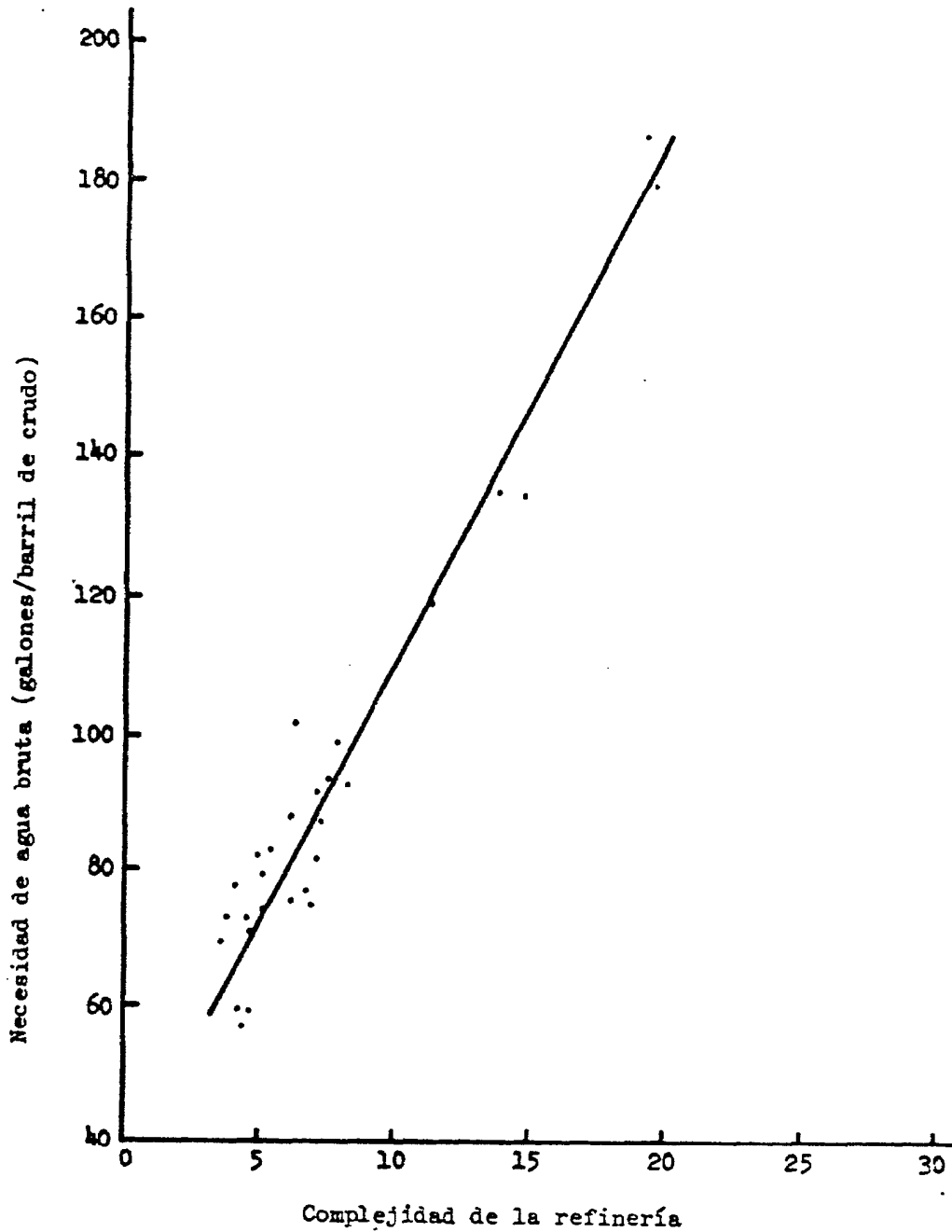
Utilización del agua en planta

Una vez determinadas la tecnología, la combinación de productos y la distribución regional de la industria de que se trate, el problema siguiente es poner estas variables en relación con la utilización del agua y finalmente con la demanda de agua. Los datos de los cuadros 55 y 56 del anexo I revelan que existe una gran variación en el agua bruta utilizada en una determinada industria.

El principal "factor" que influye en el agua bruta utilizada en una determinada industria es el proceso de producción y la composición de la misma. Esto determina el total de agua necesaria para los procesos de elaboración y enfriamiento, es decir, el agua bruta. En el refino de petróleo, por ejemplo, la complejidad de las refineras puede utilizarse como índice del efecto combinado del proceso de producción y la diversidad de productos. La relación entre el agua bruta utilizada y la complejidad de la refinería se muestra en la figura XVII. La complejidad de la refinería indica el número de veces que una refinería es más compleja que una simple unidad de destilación de crudos.

Otro factor de interés para determinar el agua bruta utilizada es la calidad del agua que se requiere en el punto de insumo en el proceso de producción, no la calidad del agua en la entrada a la planta. La calidad requerida es a su vez función del producto elaborado y de sus correspondientes normas de calidad y del tipo de proceso de producción. Por ejemplo, en el cuadro 28 se comparan las exigencias de calidad del agua para dos tipos de papel, blanqueado y no blanqueado. No obstante, en realidad, lo que aparece es una función continua que relaciona la calidad del insumo agua con la calidad del producto. Cuando se llega a un determinado nivel de concentración la curva de calidad del producto comienza a descender bruscamente.

Figura XVII. Relación entre la complejidad de la refinería y la necesidad de agua bruta en la industria petrolera



Fuente: W.L. Nelson, "Clean Water Needs of Refineries", Oil and Gas Journal, vol. 61, No. 3 (1963), pág. 80, cuadro 1.

Cuadro 28

Requisitos de calidad del agua de elaboración
en la industria papelera
(Máximo de partes por millón)

Parámetro de calidad	Papel kraft	
	Blanqueado	No blanqueado
Turbiedad (sílice)	40	100
Color (unidades de platino)	25	100
Dureza total (carbonato cálcico)	100	200
Alcalinidad total (carbonato cálcico)	75	150
Hierro	0,2	1,0
Manganeso	0,1	0,5
Sílice (soluble)	50	100
Total sólidos en suspensión	300	500
Dióxido de carbono libre	10	10
Cloruros	200	200

Fuente: Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Monografía 18, 1957, pág. 162, citado en Gobierno del Canadá, Department of Energy, Mines and Resources, Forecasting the Demands for Water, B.T. Bower y W.R.D. Sewell, eds. (Ottawa, 1968), pág. 115.

Suponiendo que se haya determinado el agua bruta utilizada por unidad junto con los requisitos de calidad del agua, el paso siguiente es determinar la toma o demanda de agua. Para ello es preciso analizar la economía de los sistemas de utilización del agua en planta, es decir, los diversos modos de utilizar el agua bruta en la industria de que se trate. Esto implica el análisis de las posibilidades de sustitución entre diferentes subsistemas del sistema general, por ejemplo, entre calidad del agua recibida y costos del tratamiento, calidad del agua recibida y grado de recirculación, reducción y costos de la carga de desechos y costos de la recirculación del agua.

En muchos casos el costo de la recirculación del agua es mucho menor que el de abastecimiento. Por ejemplo, según los estudios realizados por el Departamento de Minas de los Estados Unidos de América sobre la utilización del agua en la industria minera de Arizona, Nevada, Nuevo México y Wyoming, el costo medio del abastecimiento

de agua era de 10 centavos por 1.000 galones, y el del agua recirculada de 2 centavos por 1.000 galones. En estos costos se incluían tan solo el funcionamiento y el mantenimiento, no la amortización de las instalaciones pertinentes 4/.

El factor que más influye en la utilización interna del agua y por consiguiente en la demanda de agua es la imposición de diversos tipos de control de las descargas, sean cuales fueren. Aun cuando el costo del abastecimiento de agua sea bajo, puede ser aconsejable la recirculación debido a la imposición de dichos controles o a las economías internas que la recirculación hace posibles. Esto se refleja en la figura XVIII, que muestra la distribución de frecuencias del grado de recirculación en las refinerías de petróleo en 1959. La mediana del grado de recirculación fue superior al 91%. Según la naturaleza del proceso de producción y la composición de la misma será relativamente fácil o relativamente difícil reducir la carga de desechos antes de la descarga. Cuanto más costosas sean las medidas necesarias para cumplir las normas sobre descarga, más incentivos habrá para introducir la recirculación interna del agua o para modificar el proceso.

Así pues, los dos elementos esenciales para proyectar la demanda industrial de agua en relación con la utilización interna de la misma son: a) la relación entre proceso de producción y composición de la misma y agua bruta utilizada (y desechos generados) y b) la tecnología y economía de los sistemas de utilización interna del agua, incluidos los cambios tecnológicos en los métodos y los costos de la reducción de la carga de desechos, el tratamiento del agua de la toma y la recirculación del agua. El segundo elemento proporciona el vínculo directo entre el agua bruta utilizada y la toma de agua para un determinado medio.

El medio

El último factor que hay que concretar al proyectar la demanda industrial de agua es la naturaleza del medio, que comprende: a) la disponibilidad de agua en los puntos de entrada y salida de las instalaciones industriales en función de la calidad y la cantidad y su distribución en el tiempo; b) los controles impuestos sobre las descargas en forma de condiciones, gravámenes, normas de caudal o alguna combinación de los mismos; c) los controles sobre los efluentes de residuos gaseosos, dada la interrelación entre residuos líquidos y gaseosos; y d) la disponibilidad de lugares para la eliminación de desechos, tales como formaciones subterráneas, proximidad de los sistemas públicos de aguas residuales y posibilidades de utilizar embalses de estabilización y sistemas de riego por aspersión.

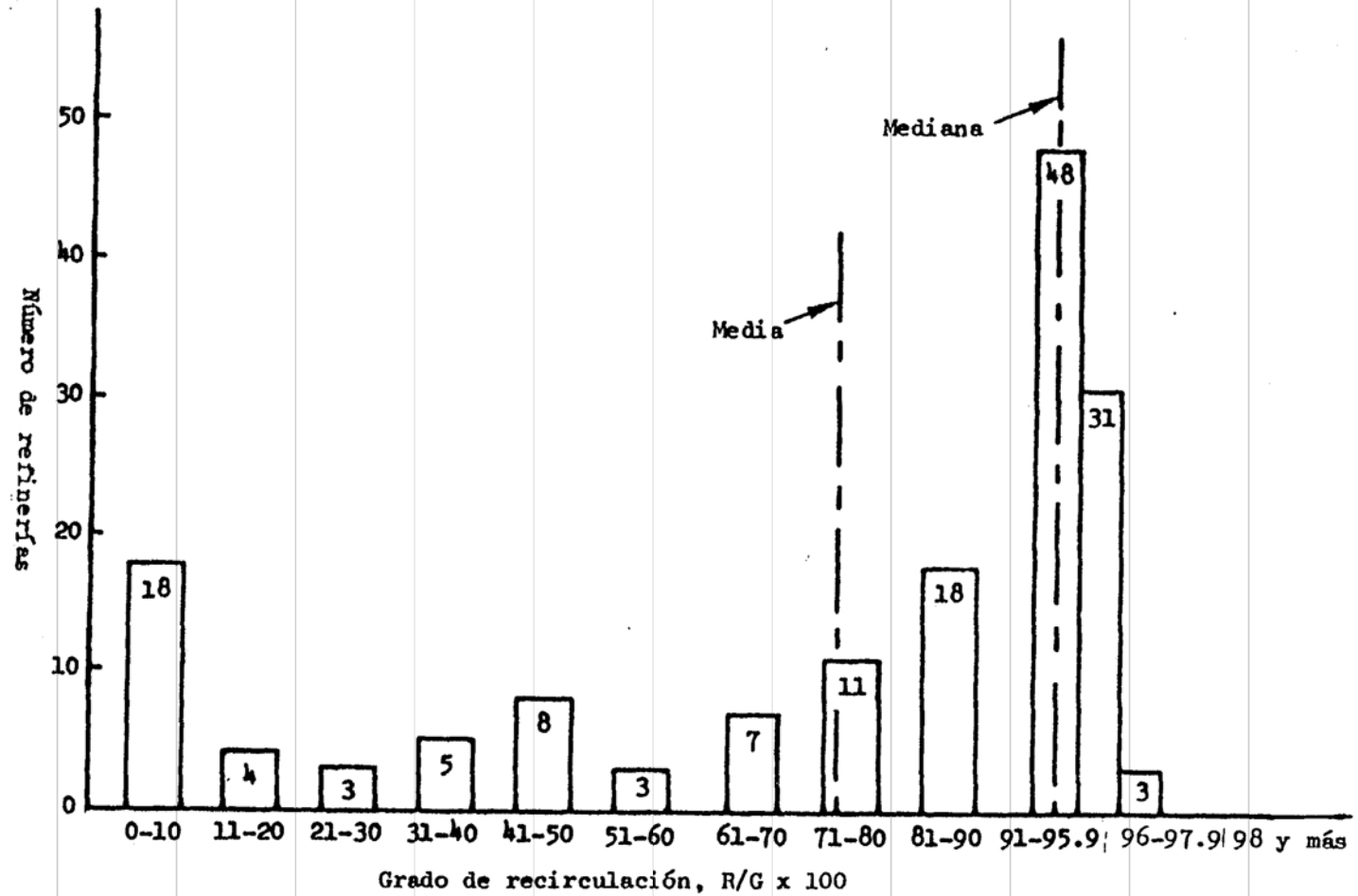
En lo que concierne a este grupo de variables, el problema consiste en tratar de prever los tipos de decisiones políticas que se tomarán acerca de los gravámenes por abastecimiento de agua y eliminación de aguas residuales, calidad del agua y desarrollo de los recursos hidráulicos para suministrar agua a las industrias en los puntos de entrada y caudal de dilución en los de salida. Dado que en la demanda industrial de agua influyen directamente el precio del agua en la toma y el "precio" de la descarga de aguas residuales, las normas relativas a estos precios y gravámenes serán factores determinantes de la demanda de agua.

4/ Véase A. Kaufman, Water Use in the Mineral Industry (Nueva York, Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, 1967).

Distintas situaciones posibles

En las secciones precedentes se ha hecho ver la gran diversidad de factores que influyen en las demandas de agua de las industrias en el ámbito nacional y regional. Varios de estos factores dependen de políticas y decisiones futuras que no es fácil predecir de antemano. Una manera apropiada de soslayar esta dificultad es configurar una serie de posibles conjuntos de circunstancias futuras y evaluar los niveles y variaciones de las demandas de agua correspondientes a esas distintas situaciones futuras supuestas.

Figura XVIII. Distribución de frecuencias del grado de recirculación en las refinerías de petróleo, Estados Unidos de América, 1959



Fuente: Gobierno del Canadá, Department of Energy, Mines and Resources, Forecasting the Demands for Water, B.T. Bower y W.R.D. Sewell, eds. (Ottawa, 1968), pág. 118.

Anexo I

DATOS SOBRE LAS DEMANDAS URBANA, RURAL E INDUSTRIAL DE AGUA

El presente anexo comprende una selección de cuadros en los que se ofrecen datos y recomendaciones indicativas por países que dan una idea de la enorme variedad de usos del agua en zonas rurales y urbanas en todo el mundo. Además, los cuatro últimos cuadros presentan datos indicativos sobre la demanda industrial de agua.

Algunos de los cuadros muestran los efectos de los factores que más influyen en los usos domésticos del agua en determinados lugares. Aunque la selección y compilación de los datos estuvo presidida por el propósito de que los cuadros fueran indicativos por sí solos, las páginas del capítulo IV que guardan relación con los mismos proporcionan más información o explicaciones acerca de su aplicación en diversas circunstancias. La presentación de los datos se ajusta a la forma en que aparecen en las fuentes consignadas a pie de página, si bien se han hecho ligeros cambios en la terminología y en las unidades para facilitar la comparación.

Cuadro 30

Demandas de agua en zonas rurales y urbanas, Chile

(Litros diarios por habitante)

Zona	Ciudades con una población de				
	Menos de 5.000 habitantes	De 5.000 a 10.000 habitantes	De 10.000 a 100.000 habitantes	De 100.000 a 500.000 habitantes	Más de 500.000 habitantes
Tarapacá-Coquimbo	150	200	250		
Aconcagua-Linares	200	250	290	370	400
Nuble - Sur	160	230	260	350	

Fuente: Nathaniel Wollman, The Water Resources of Chile, publicado para Resources for the Future, Inc. (Baltimore, Maryland, Johns Hopkins Press, 1968).

Nota: El uso doméstico en zonas rurales representa, en todas las regiones, 100 litros diarios por habitante.

Cuadro 11

Demanda de agua para usos domésticos en zonas rurales y urbanas, Inglaterra y Gales

Componentes	Demanda doméstica en zonas urbanas		Demanda doméstica en zonas rurales	
	Consumo estimado (litros diarios por habitante)	Porcentaje de la demanda doméstica urbana	Usuario	Necesidades diarias (litros diarios por habitante)
Baño y aseo personal	55	30	Vacas lecheras (incluidas limpieza y refrigeración)	150
Cisterna inodoro	55	30	Otras cabezas de ganado vacuno	50
Levado de vajilla y limpieza doméstica	15	10	Caballos	50
Lavado de ropa	15	10	Cerdos	15
Agua para cocinar y para beber	5		Ovejas	5
Riego de jardines	5	10	Aves de corral (por 100 aves)	25
Lavado de automóviles	5		Consumo doméstico	120
Pérdidas en la distribución	20	10		

Fuente: "Water resources planning with special reference to water requirements forecasting" (ESA/RT/AC.3/11).

Cuadro 32

Usos del agua en zonas rurales y urbanas, República Federal de Alemania

Tipo de consumo	Demanda (litros)	
	Días de consumo máximo	Promedio diario anual
Hogares (<u>per capita</u>):		
Aldeas pobres, pozos negros	70	40
Aldeas ordinarias	100	50
Aldeas desarrolladas y ciudades pequeñas	150	60
Centros de población (inodoros y un 30% de cuartos de baño)	150	65
Centros de población (inodoros y un 50% de cuartos de baño)	180	80
Centros de población con zonas verdes y parques cuidados	250	100
Jardines (50 a 100 m ² por edificio) (por m ²)	3	0,15
Pequeñas empresas (por trabajador):		
Panaderías (para 150-250 habitantes)	450	150
Carnicerías (para 250-375 habitantes)	400	100
Pastelerías (para 250-300 habitantes)	250	100
Peluquerías (para 250-300 habitantes)	300	100
Otras empresas, normales	30	25
Empresas industriales	100	50
Restaurantes (por cliente)	20	15

Fuente: "Manual for the compilation of balances of water resources and needs" (WATER/UTIL. METH/35, septiembre de 1971) anexo XIII, págs. 5-6.

Cuadro 33

Demandas de agua estimadas para usos domésticos, Ghana
(Litros diarios per capita)

Año	Accra			Tema			Area metropolitana		
	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
1963	...	48	...	...	151	...	...	57	...
1970	68	76	83	151	161	170	79	87	96
1980	95	106	121	170	187	204	110	123	138
1990							132	155	181
2000							151	189	227

Fuente: Gobierno de Ghana, "Master plan for water supply and sewerage", Engineering Report for Accra-Tema Metropolitan Area, vol. I: Summary Report (Tahal Water Planning, Ltd. y Engineering Science, Inc., octubre de 1965), pág. IV-5.

Cuadro 34

Demandas de agua estimadas en zonas urbanas y rurales, India

Población	Demanda estimada (litros por habitante diarios)	
	1988	2000
Zonas urbanas		
Con sistema de abastecimiento de agua:		
Para usos domésticos, excluido el desagüe	90	115
Para usos domésticos, incluido el desagüe	135	180
Sin sistema de abastecimiento de agua	45	45
Zonas rurales		
Con sistema de abastecimiento de agua	45	60
Sin sistema de abastecimiento de agua	25	25

Fuente: "Problems and issues of water requirements forecasting in India" (ESA/RT/AC.3/6).

Cuadro 35

Demandas de agua en zonas urbanas, Japón
(Litros diarios por habitante)

Volumen de población	A + B > 70% x C		A + B se sitúa entre 50% y 70% x C		A + B > 50% x C
	B > 40% x C	F > 40% x C	B > 40% x C	E < 40% x C	
Menos de 10 000 habitantes	150-300	175-300	150-300	150-300	150-300
10 000 a 50 000	200-350	200-350	200-350	175-350	150-325
50 000 a 100 000	250-400	250-400	275-400	225-400	
100 000 a 300 000	275-425	300-450			
300 000 a 1 000 000	350-450	350-500			
Más de 1 000 000	400-560				

Fuente: "On the methods of water requirements forecasting in Japan" (ESA/RT/AC.3/8).

- Notas:
- A = población empleada en el sector secundario (minería, construcción, manufactura)
 - B = población empleada en el sector terciario (comercio, finanzas, transporte y comunicaciones, servicios públicos, servicios en general, administración pública).
 - C = población total empleada en los sectores primario (agricultura, silvicultura, pesca) secundario y terciario.

Cuadro 36

Aumento estimado de la demanda de agua para usos domésticos
para el año 2000, Países Bajos
(Litros diarios por habitante)

Demanda estimada para el año 2000		Aumento de la demanda entre 1970 y 2000	
Componente	Cantidad	Causa del aumento	Cantidad
Preparación de comidas	20	Mejora de la vivienda	25
Máquinas lavavajillas	15	Aumento del uso de máquinas	
Máquinas lavadoras	20	lavavajillas	20
Inodoros	45	Aumento del uso de máquinas	
Baños, duchas y otras formas		lavadoras	15
de higiene	65	Aumento de las cisternas	7
Riego de jardines	10	Aumento del riego de jardines	8
Consumo restante (incluidos el		Unidades familiares menores	10
lavado de automóviles y la		Cambio de actitudes respecto	
limpieza del hogar)	25	del consumo de agua (sobre	
	<u>200</u>	todo, aumento de los baños)	40
Total		Total	<u>125^{a/}</u>

Fuente: "Water requirements forecasting in the Netherlands" (ESA/RT/AC.3/9).

a/ Includido un consumo actual estimado de 25 litros diarios por habitante para lavado de ropa, lavado de vajilla y jardinería. Como el uso actual total se estima en 100 litros diarios por habitante, se prevé que el consumo diario de agua para usos domésticos se duplicará en el año 2000.

© Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Biblioteca Universitaria. Memoria Digital de Canarias. 2003

Cuadro 37

Demandas de agua en zonas rurales y urbanas, Rumania

Categoría de zona de viviendas	Necesidades totales (litros por habitante)			Necesidades domésticas		
	Promedio (diario)	Mínimo (diario)	Máximo (diario)	Promedio (litros diarios por habitante)	Coefficiente de variación diaria	Coefficiente de variación horaria
Zonas donde disponen de suministro de agua caliente el 70% de los habitantes	450	$\frac{519}{576}$	$\frac{26}{29}$	250	$\frac{1,15}{1,30}$	1,2
Zonas donde disponen de suministro de agua caliente del 30 al 70% de los habitantes	400	$\frac{462}{511}$	$\frac{23}{26}$	200	$\frac{1,15}{1,30}$	1,2
Zonas donde disponen de suministro de agua caliente menos del 30% de los habitantes	300	$\frac{357}{394}$	$\frac{20}{22}$	150	$\frac{1,20}{1,35}$	1,4
Zonas sin instalaciones de agua caliente	250	$\frac{306}{338}$	$\frac{19}{21}$	130	$\frac{1,25}{1,40}$	1,7 1,7
Zonas rurales donde sólo algunas de las viviendas están conectadas con un sistema de alcantarillado	150	$\frac{191}{215}$	$\frac{14}{16}$	85	$\frac{1,30}{1,50}$	2,0
Lugares de vacaciones y balnearios (excluidos los de la costa del Mar Negro y otros especiales)	350	$\frac{393}{427}$	$\frac{20}{22}$	180	$\frac{1,10}{1,20}$	1,3
Centros de la costa del Mar Negro y otros centros especiales durante la temporada de vacaciones	700	705	37	450	1,00	1,3

Fuente: "Manual for the compilation of balances of water resources and needs" (WATER/UTIL.METH/35, septiembre de 1971) Anexo XIII.

Nota: Los valores situados por encima de las rayas se refieren a localidades de clima templado; los situados debajo de las rayas se refieren a localidades de clima continental extremo.

Cuadro 16

Demandas de agua en zonas rurales y urbanas, Estados Unidos de América

Uso del agua	Consumo diario típico	
	Galones	Litros
<u>Hogares (por persona)</u>		
Con una bomba manual	10	38
Con un grifo de presión en el fregadero	15	57
Con agua corriente fría y caliente en cocina, lavadero y baño	50	190
<u>Campamentos y escuelas (por persona)</u>		
Campos de trabajo con inodoro y agua corriente, caliente y fría, en cocina, lavadero y duchas	45	170
Campamentos con inodoros	25	95
Campamentos sin agua corriente ni inodoros	5	19
Escuelas diurnas	17	64
<u>Ganado</u>		
Por caballo, mula o res	12	45
Por vaca lechera (sólo para beber)	15	57
Por vaca lechera (para beber y servicio de lechería)	35	132
Por cerdo	4	15
Por oveja	2	7,5
Por cada 100 pollos	4	15
Por cada 100 pavos	7	26,5

Fuente: Estados Unidos de América, Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Individual Water Supply Systems: Recommendations of the Joint Committee on Rural Sanitation, ed. revisada y Public Health Service Publication No. 24 (Washington, D.C., 1950).

Cuadro 39

Demandas de agua para usos domésticos en la URSS

Tipo de edificio	Demanda de agua (litros diarios per capita)		Coeficientes de variación horaria de la demanda de agua
	Promedio	Días de máxima demanda	
Con abastecimiento de agua y desagüe en el interior, pero sin cuarto de baño	125-150	140-170	1,5 - 1,4
<u>Idem</u> con abastecimiento de gas	130-160	150-180	1,4 - 1,35
Con abastecimiento de agua y desagüe y baño con calentador de gas	150-180	170-200	1,3 - 1,25
<u>Idem</u> con calentador de gas	180-230	200-250	1,3 - 1,25
Con abastecimiento de agua y desagüe en el interior y agua caliente central	275-400	300-420	1,25 - 1,2
Sin abastecimiento de agua ni desagüe; agua proce- dente de pozos	30-50	40-60	2,0 - 1,8

Fuente: "Manual for the compilation of balances of water resources and needs"
(WATER/UTIL.METH/35, septiembre de 1971), Anexo XIII.

Cuadro 40

Derandas de agua para usos domésticos en pequeñas localidades
rurales, Venezuela

(Litros diarios por habitante)

Tipo de conexión	Consumo
Conexiones en el interior de la vivienda (30% de la población)	190
Fuentes públicas (70% de la población)	10
Fuentes públicas y conexiones en el interior de la vivienda combinadas	65

Fuente: G. Rivas Migres y K.K. Kollar, "Estudio de acueductos rurales en Venezuela", documento presentado al Quinto Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria, celebrado en Lima en 1956.

Nota: Para el planeamiento de nuevos sistemas de abastecimiento de agua en zonas rurales se recomiendan los siguientes niveles medios de consumo (litros diarios por habitante):

Sistemas de distribución	120
Conexiones en el interior de las viviendas	250
Fuentes públicas	15

Cuadro 41

Consumo de agua para usos domésticos en determinados países de Asia
(Litros diarios por habitante)

País	Cantidad
Afganistán	45 - 75
Filipinas	115 (Toma de agua en el interior de la vivienda) <u>a/</u>
	55 (Fuente pública)
India	45 - 75
Indonesia	87
Malasia	90
Pakistán	45 - 75
República de Viet-Nam del Sur	40 - 50 <u>b/</u>
Tailandia	45 - 70

Fuente: Estados Unidos de América, Agencia para el Desarrollo Internacional, simposio celebrado en Tailandia en 1964, citado en "Assessing water uses and minimal requirements" (ESA/RT/AC.3/14).

a/ Vivienda con retrete cuya limpieza se hace con cubos de agua; incluida el agua no especificada.

b/ Cuando no se dispone de fuentes adecuadas, la cantidad es de 15 a 18 litros

Cuadro #2

Consumo de agua para usos domésticos en zonas de los países
en desarrollo en que hay escasez de agua
(Litros diarios por habitante)

País o territorio y zona	Población	Consumo de agua	
		Agua dulce	Agua salobre
<u>Africa</u>			
Africa Sudoccidental: Lüderitz	5 470 <u>d/</u>	132 <u>e/</u>	
Egipto: Safaga	4 000	25	
El Quseir	7 000	27	
Umm Gheig	140	42	
Madagascar: región meridional	190 200		20 <u>a/</u>
Mauritania: Nouakchott	6 100	82 <u>b/</u>	
República Árabe Libia: Sirte	3 000		7
Somalia: Mogadiscio	120 000	1,25 <u>c/</u>	
Hargeisa	60 000	5	
Túnez: Zarzis	12 000	5 <u>f/</u>	
Ben Gardane	14 000	3 <u>f/</u>	
Houmt Souk	8 000	7 <u>f/</u>	
<u>Asia</u>			
Arabia Saudita: Jedda	150 000	60	
Riyadh	170 000	131	
Dharan	5 000	87	
Ras Tannura	5 500	40	
India: Madras (ciudad)	2 000 000	64	
Indonesia: isla de Maniang	500	14	
isla de Madura	15 000		73
Irán: Bandar Abbas	20 000	22,5	
<u>América Latina y zona del Caribe</u>			
Antillas Neerlandesas: Aruba	57 324	66	
Curaçao	125 000	53	
Argentina: San Antonio Oeste	6 000	8	
Barbados: Barbados	242 600	106	
Brasil: Fortaleza	520 000	63 <u>g/</u>	
Quixada	9 000	5	
México: Mérida	200 000	100	
Carmen	21 000	80	
Mazatlán	75 750	80	
Guaymas	35 000	80	

Cuadro 42 (continuación)

País o territorio y zona	Población	Consumo de agua	
		Agua dulce	Agua salobre
<u>Europa</u>			
Chipre: Famagusta	34 774	113	32
Nicosia	95 519	133	
Larnaca	19 824	143	
Grecia: Isla Syros	26 000		
Hermoupolis	14 400	8	10
Ano Syros	1 400	7	
Episkopion	170	7	
Isla Melos			
Plaka y aldeas	3 350	37 h/ 75 i/	
Mine	200	60	
Islas del Canal: Guernsey	45 150	103	
Islas maltesas: Malta	299 000	81	
Gozo	28 000	81	
Comino	30	81	

Fuente: Basado en datos de Desalinización del agua en los países en desarrollo (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: 64.II.B.5), cuadro 6.

a/ Cifras del Departamento de Hidrología del Gobierno.

b/ Quinientos europeos utilizan 200 litros y 5.600 mauritanos 71 litros.

c/ Del sistema municipal; suministro aumentado por agua vendida por propietarios de pozos y aguadores.

d/ Población durante la temporada de pesca (febrero-mayo), en la cual hay 2.300 europeos; después de la temporada de pesca la población desciende a 3.470 habitantes, de los cuales son europeos 1300.

e/ Consumo de los europeos; la población autóctona utiliza 33 litros.

f/ Otras fuentes gubernamentales dan una cifra de 40 litros, que puede incluir el agua salobre.

g/ Cifra basada en una población de 320.000 habitantes.

h/ Consumo de invierno.

i/ Consumo de verano.

Cuadro 43

Consumo de agua en determinadas ciudades europeas

Ciudad	Número de habitantes (en millares)	Consumo de agua (litros diarios por habitante)	Porcentaje de habitantes que disponen de conexión con un sistema de abastecimiento a/
Amsterdam	870,0	177	100
Atenas	1 800,0	128	90
Barcelona	1 660,0	262	98
Belgrado	740,0	248	95
Berlín Occidental	2 177,0	186	100
Berlín Oriental	1 065,0	293	97
Berna	170,0	400	99
Birmingham	1 287,0	655	100
Bratislava	258,5	348	93
Brno	322,8	259	90,5
Bordeaux	254,0	310	90
Bruselas	1 187,4	132	99,5
Copenhague	710,9	215	100
Dublín	726,0	227	100
Edimburgo	468,0	275	100
Essen	731,0	188	99,8
Estambul	1 600,0	156	94
Glasgow	1 050,0	369	100
Hamburgo	1 853,0	191	97
Leipzig	585,6	194	99
Lisboa	900,0	160	90
Londres	6 249,5	263	...
Madrid	2 464,3	305	100
Milán	1 671,4	530	90
Moscú	6 300,0	600	96
Munich	1 165,8	337	98
Oslo	485,6	593	99
París	2 811,0	500	...
Pilsen	141,0	320	93,9
Turín	1 100,0	360	100
Varsovia	1 222,0	235	83,8
Viena	1 550,0	300	94
Zagreb	518,0	175	...
Zurich	444,0	443	...

Fuente: "Manual for the compilation of balances of water resources and needs" (WATER/UTIL.METH/35, septiembre de 1971), anexo XIII.

a/ La definición específica de "conexión" varía en cada caso, y depende de que el área estudiada coincida con los límites administrativos de una ciudad o incluya sus alrededores.

Cuadro 44

Principales usos del agua en determinadas ciudades de los Estados Unidos de América

Ciudad y Estado	Promedio de población abastecida (en miles)	Consumo total (millones de galones diarios)	Porcentaje del consumo total			
			Usos domésticos	Usos comerciales	Usos industriales	Usos públicos y otros
Birmingham, Alabama	600	54,2	32	20	14	34
Montgomery, Alabama	145	13,6	86	7	7	0
Tucson, Arizona	50	40,7	66	4	14	16
Long Beach, California	213	42,1	62	9	19	10
San Diego, California	1 029	70,6	62	23	7	8
Denver, Colorado	645	122,3	68	20	7	5
Miami, Florida	624	102,2	22	17	6	55
Atlanta, Georgia	610	67,2	48	15	18	19
Champaign-Urbana, Illinois	91	10,0	47	22	8	23
Rockford, Illinois	135	24,5	32	14	44	10
Gary, Indiana	250	20,8	42	25	20	13
Kansas City, Kansas	200	32,0	17	29	42	12
Detroit, Michigan	1 266	477,0	39	23	22	16
Omaha, Nebraska	366	64,5	32	22	36	10
Newark, New Jersey	351	56,7	25	8	29	38
Albuquerque, New Mexico	241	45,0	53	13	14	20
Erie, Pennsylvania	92	37,4	45	13	37	5
Philadelphia, Pennsylvania	140	49,7	77	12	10	1
Nashville, Tennessee	315	35,1	30	26	21	23
Amarillo, Texas	155	25,5	57	23	9	11
Dallas, Texas	986	124,9	53	20	12	15
Lubbock, Texas	150	23,0	61	17	11	11
Charleston, West Virginia	141	18,5	38	16	34	12
Milwaukee, Wisconsin	903	152,0	28	12	36	24

Fuente: Estados Unidos de América, Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Municipal Water Facilities: Communities of 25,000 Population and Over (Washington, D.C., 1965).

Cuadro 45

Agua no especificada como porcentaje del agua producida en
ciudades de los Estados Unidos de América

Agua no especificada (porcentaje de la producción)	Número de ciudades
Menos de 5,0	130
5,0-9,9	52
10,0-14,9	72
15,0-19,9	55
20,0-24,9	33
25,0-29,9	17
30,0-39,9	13
40,0 o más	<u>7</u>
Total	379

Fuente: Harris F. Seidel y E. Robert Baumann, "A statistical analysis of water works data por 1955", Journal of the American Water Works Association, vol. XLIX, No. 12 (diciembre de 1957), pág. 1535, cuadro 1.

Cuadro 46

Métodos de obtener agua cuando no existe abastecimiento público
en determinados países del Asia sudoriental, 1961

Países	Agua que las amas de casa extraen de pozos y otras fuentes	Agua comprada a aguadores	Agua trans- portada por trabajadores contratados	Cifra estimada de población sin abastecimiento público de agua (en millones de habitantes)	Porcentaje de población sin abastecimiento público de agua
Afganistán	x	x		12,8	98,5
Birmania	x	x		20,3	96,7
India	x	x	x	414,9	96,0
Indonesia	x	x	x	87,5	92,2
Islas Maldivas	x			...	100,0
Nepal	x		x	8,8	97,7
Sri Lanka	x	x	x	9,3	93,0
Tailandia	x	x	x	<u>25,8</u>	<u>95,6</u>
Total				579,4	94,5

Fuente: Organización Mundial de la Salud, "Community water supplies" (SEA/Env.San./25),
(Ginebra, 23 de octubre de 1962), anexo 2.

Cuadro XI

Variaciones del consumo de agua para usos domésticos en Kenya,
República Unida de Tanzania y Uganda

(Litros diarios per capita)

Lugar No.	Consumo de agua para usos domésticos		
	Máximo	Medio	Mínimo
<u>Agua conducida por tuberías</u>			
31	69,5	31,6	18,6
32	660,2	129,9	23,9
33	244,5	72,9	7,2
34	217,3	84,8	25,0
35	179,6	86,0	32,3
36	350,5	161,4	49,6
37	172,3	99,9	18,2
38	506,0	251,6	115,9
39	450,6	176,8	96,4
40	301,4	167,2	59,1
41	60,9	30,1	16,1
42	431,4	254,3	94,5
43	305,1	157,5	67,2
44	306,4	161,2	76,3
45	198,7	153,9	100,5
<u>Agua no conducida por tuberías</u>			
11	27,2	11,5	4,5
12	22,7	9,3	4,5
13	18,1	8,2	4,5
14	11,7	6,9	2,0
15	16,3	10,4	4,3
16	287,5	15,4	2,3
17	19,0	7,7	2,7
18	18,4	11,4	6,0
19	24,0	7,8	3,6
20	35,0	13,3	4,2
21	36,5	20,8	13,7
22	48,5	12,7	5,0
23	45,0	17,6	6,2
24	36,4	12,7	6,0
25	35,0	13,8	6,0
26	32,3	16,1	5,3
27	10,0	4,4	1,4
28	22,3	8,9	3,0
29	26,0	13,1	7,3

Fuente: G.F. White, D.S. Bradley y A.U. White, Drawers of Water: Domestic Water Use in East Africa (University of Chicago Press, 1972).

Cuadro 48

Variación del consumo de agua para usos domésticos por densidad de habitación en Kenya, República Unida de Tanzania y Uganda

Consumo de agua (litros diarios por habitante)	Densidad de habitación (porcentaje de la población en la categoría indicada)				
	Muy baja	Baja	Medio baja	Medio alta	Alta
1-25			4,3	3,5	22,6
26-50		3,0	16,1	14,0	32,2
51-75		4,5	9,7	14,0	9,7
76-100		9,1	18,3	15,8	
101-150	22,2	16,7	23,5	22,8	19,4
151-200	11,1	28,9	15,1	20,2	16,1
201-250	16,7	12,1	7,5	6,1	
251-300	22,2	12,1	2,2	1,8	
301-350	5,6	6,1	2,2	1,8	
351-400	16,7	3,0			
401-450		4,5			
451-500					
500-	5,6		1,1		
	100	100	100	100	100

Fuente: G.F. White, D.S. Bradley y A.U. White, Drawers of Water: Domestic Water Use in East Africa (University of Chicago Press, 1972).

Gráfico 22

Variación de consumo doméstico de agua no conducida por tuberías, por tamaño de la unidad familiar, en Kenya, República Unida de Tanzania y Uganda

Consumo de agua (litros diarios por habitante)	Tamaño de la unidad familiar (porcentaje de hogares en la categoría indicada)								
	1	2	3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15
1-5	21,4	7,9	11,6	22,7	22,3	27,1	18,7	25,0	100
6-10	28,6	15,8	34,8	43,3	47,3	50,0	50,2	50,0	
11-15		18,4	14,0	14,4	20,2	12,5	18,7	25,0	
16-20	21,4	36,9	16,3	12,4	6,4	10,4	6,2		
21-25		2,6	16,3	4,1	1,1		6,2		
26-30		13,2	4,7	2,1	1,1				
31-35		2,6		1,0	1,1				
36-40	28,6								
41-45		2,6							
46-50			2,3						
	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: G.F. White, D.S. Bradley y A.U. White, Drawers of Water: Domestic Water Use in East Africa, (University of Chicago Press, 1972).

Cuadro 50

Variación del consumo doméstico de agua no conducida por tuberías,
por tamaño de la vasija utilizada por el transportista en Kenya,
República Unida de Tanzania y Uganda

Cantidad utilizada (litros diarios por habitante)	Capacidad de la vasija (en litros) (porcentaje de transportistas que utilizan vasijas de la capacidad indicada)									
	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40+	
1-5	100,0	67,8	47,1	14,4	13,0					
6-10		28,6	32,4	44,0	54,4	60,0			5,0	
11-15		3,6	14,7	15,7	17,4				40,0	
16-20			2,9	15,7	10,9		50,0	66,7	25,0	
21-25				3,7	4,3	20,0		33,3	10,0	
26-30			2,9	2,8					15,0	
31-35				0,9			50,0			
36-40				2,3						
41-45									5,0	
46-50				0,5						
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: G.F. White, D.S. Bradley y A.U. White, Drawers of Water: Domestic in East Africa (University of Chicago Press, 1972).

Cuadro 51

Número de tomas de agua sin contador y de usuarios con
contador en relación con el consumo doméstico de agua,
Singapur, 1960-1970

Año	Tomas de agua (Agua de suministro público sin contador)	Consumidores con contador (miles)	Promedio del consumo doméstico de agua (litros diarios per cápita)
1960	2 224	103	68,71
1961	2 300	111	65,98
1962	2 400	123	68,71
1963 <u>a/</u>	2 488	137	59,60
1964	2 510	151	72,39
1965	2 526	170	80,44
1966	2 472	189	81,08
1967	2 256	203	76,90
1968	1 843	223	83,36
1969	1 088	244	90,18
1970	528	264	94,14

Fuente: "Domestic, industrial and commercial water demand in cities in developing countries in South-east Asia, with particular reference to Singapore", documento de trabajo preparado por G. Gunaratnam para el Grupo Especial de Expertos de las Naciones Unidas en pronóstico de las necesidades de agua, mayo de 1972.

a/ Año de racionamiento del agua.

Cuadro 52

El consumo doméstico de agua en relación con las enfermedades transmitidas por el agua según la información de hospitales de Singapur, 1960-1970

Año	Promedio del consumo doméstico de agua (litros diarios por habitante)	Enfermedades (casos comunicados)			
		Disentería	Difteria <u>a/</u>	Gastroenteritis y colitis (Defunciones)	Poliomielitis <u>a/</u>
1960	68,71	480	642	519	201
1961	65,98	581	587	389	48
1962	68,71	622	353	340	12
1963	59,60	644	394	247	66
1964	72,39	687	204	174	12
1965	80,44	522	226	167	40
1966	81,08	537	214	192	10
1967	76,90	381	207	173	3
1968	83,36	435	54	124	4
1969	90,18	466	64	146	-
1970	94,14	443	50	138	-

Fuente: "Domestic, industrial and commercial water demand in cities in developing countries in South-east Asia with particular reference to Singapore", documento de trabajo preparado por G. Gunaratnam para el Grupo Especial de Expertos de las Naciones Unidas en pronóstico de las necesidades de agua, mayo de 1972.

a/ El descenso se debe probablemente a una campaña general de inmunización.

Cuadro 53

Aspersión de céspedes en zonas residenciales del oeste de los Estados Unidos de América: comparación de los servicios con contador y con tarifa única

(Pulgadas de agua)

	Servicio público con contador <u>a/</u>	Servicio público con tarifa única <u>b/</u>
Evaporación potencial	11,7	15,1
Precipitación efectiva	0,15	4,18
Necesidades de aspersion	11,6	10,9
Aplicación real	7,4	27,3

Fuente: Gobierno del Canadá, Department of Energy, Mines and Resources, Forecasting the Demands for Water, B.T. Bower y W.R.D. Sewell, eds. (Ottawa, 1968), pág. 53.

a/ Basado en diez zonas de estudio.

b/ Basado en ocho zonas de estudio.

Cuadro 54

Magnitud de los usos básicos del agua en los grandes sectores industriales, Bélgica

Sector industrial	Consumo bruto (millones de m ³)	Elaboración		Refrigeración		Otros usos	
		Millones de m ³	%	Millones de m ³	%	Millones de m ³	%
Minas	149	16	10	118	80	15	10
Canteras	48	22	46			26	54
Productos químicos	404	45	11	349	86,5	10	2,5
Caucho	7	0,6	8,6	6	85,7	0,4	5,7
Papel	95	72	75,8	20	21	3	3,2
Cuero	5	4	80	0,7	14	0,3	6
Textiles	58	32	55	20	35	6	10
Manufactura de coque	79	9	11,4	67	84,8	3	3,8
Centrales termoeléctricas	3 298	11	0,4	3 275	99,2	12	0,4
Vidrio	21	8	38	10	47,7	3	14,3
Terracota	2	1,2	60	0,6	30	0,2	10
Cerámica	1	0,6	60	0,2	20	0,2	20
Hierro y acero	1 010	77	7,6	851	84,6	82	7,8
Alimentación	107	18	16,6	71	66,4	18	16,8
Metales no ferrosos	191	2	1	112,6	59	76,4	40
Cemento	14	5	36	8	57	1	7
Productos de madera	2	0,6	30	0,4	20	1	50
Petróleo	201	2	1	198,5	98,75	0,5	0,25
Manufacturas de metal	134	15	11	107	80	12	9
Total nacional	5 826	341	5,9	5 215	89,5	270	4,6
Total nacional, excluidas las centrales termoeléctricas	2 528	330	13,0	1 940	76,8	258	10,2

Fuente: Gobierno de Bélgica, Instituto Nacional de Estadística, Livre blanc du Ministère des affaires économiques (Bruselas, 1966).

Cuadro 55

Datos provisionales sobre las cantidades de agua utilizadas por unidad
de producción en determinadas industrias

Industria, producto y país	Unidad de producción (tonelada, salvo que se indique otra cosa)	Agua necesaria por unidad (litros)
Productos alimenticios		
Pan o pasteles, Bélgica		1 100
Pan, EE.UU.		2 100 a 4 200
Pan, Chipre		600
Conservas		
Bélgica:		
Conservas de pescado		400
Preparados de pescado		1 500
Frutas		15 000
Legumbres		8 000 a 30 000
Canadá:		
Frutas y legumbres		10 000 a 50 000
Chipre:		
Zumos de frutos cítricos y tomate		2 800
Pomelo en trozos		16 000
Melocotones y peras		10 000 a 15 000
Uvas		30 000
Tomates, enteros		2 000
Pasta de tomate		21 000
Guisantes		10 000
Zanahorias		16 000
Espinacas		30 000
Israel:		
Frutos cítricos	Tonelada de frutos	4 000
Legumbres		10 000 a 15 000
Estados Unidos:		
Albaricoques		21 200
Espárragos		20 500
Judías verdes		9 300
Frijoles		69 800
Remolachas, maíz y guisantes		7 000
Zumo de pomelo		2 800
Pomelo en trozos		15 600
Melocotones y peras		18 100
Judías con cerdo		9 300
Calabaza y cayote		7 000
Col fermentada		950
Espinacas		49 400
Maíz guisado con habas		34 800
Productos de tomate		20 500
Tomates enteros		2 200
Promedio industria, frutas, legumbres y zumos (1965)		24 000
Carne		
Congelación de carne, Chipre	Tonelada de res muerta	500
Congelación de carne, Nueva Zelandia		3 000 a 8 600
Envasado de carne, EE.UU.	Tonelada de carne preparada	23 000
Envasado de carne, Canadá	Tonelada de res muerta	8 800 a 34 000
Productos cárnicos, Bélgica	Tonelada de carne preparada	200
Fabricación de salchichas, Finlandia		20 000 a 35 000
Fabricación de salchichas, Chipre		25 000
Mataderos, Finlandia	Tonelada, peso en vivo	4 000 a 9 000
Mataderos, Chipre	Tonelada de res muerta	10 000
Preparados de carne, Israel	Tonelada de carne preparada	10 000

Cuadro 55 (continuación)

Industria, producto y país	Unidad de producción (tonelada, salvo que se indique otra cosa)	Agua necesaria por unidad (litros)
<u>Pescado</u>		
Pescado fresco y congelado, Canadá		30 000 a 300 000
Conservas de pescado, Canadá		58 000
Conservas y preparados de pescado, Israel	Tonelada de pescado en bruto	16 000 a 20 000
<u>Aves de corral</u>		
Aves de corral, Canadá	Tonelada	6 000 a 43 000
Pollos, Israel	Tonelada de pollo preparado	33 000
Pollos, EE.UU.	Ave	25
Pavos, EE.UU.	Ave	75
<u>Leche y productos lácteos</u>		
Mantequilla, Nueva Zelandia		20 000
Queso:		
Chipre		10 000
Nueva Zelandia		2 000
EE.UU.		27 500
Leche:		
Bélgica	1 000 litros	7 000
Finlandia		2 000 a 5 000
Israel		2 700
Suecia		2 000 a 4 000
EE.UU.		3 000
Leche en polvo:		
Nueva Zelandia		45 000
Sudáfrica		200 000
Crema agria, EE.UU.		10 000
Productos lácteos en general, Canadá		12 200
Helados, EE.UU.		10 000
Yogurt, Chipre		20 000
<u>Azúcar</u>		
Dinamarca	Tonelada de remolacha azucarera	4 800 a 15 800
Finlandia	Tonelada de remolacha azucarera	10 000 a 20 000
Francia	Tonelada de remolacha azucarera	10 900
Alemania, República Federal de	Tonelada de remolacha azucarera	10 400 a 14 000
Israel	Tonelada de remolacha azucarera	1 800
Italia	Tonelada de remolacha azucarera	10 500 a 12.500
Reino Unido	Tonelada de remolacha azucarera	14 900
EE.UU.	Tonelada de remolacha azucarera	3 200 a 8 300 (variación) 6 000 (promedio)
<u>Bebidas</u>		
Cerveza:		
Bélgica	Kilolitro	7 000 a 20 000
Canadá	Kilolitro	10 000 a 20 000
Chipre	Kilolitro (incluida la limpieza de botellas)	22 000 a 30 000
Finlandia	Kilolitro	10 000 a 20 000
Francia	Kilolitro	14 500
Israel	Kilolitro	13 500
Reino Unido	Kilolitro	6 000 a 10 000
EE.UU.	Kilolitro	15 200
Whiskey, EE.UU.	Kilolitro de licor de prueba	2 600 a 76 000
Alcoholes destilados, Israel	Kilolitro	30 000
Vino, Francia	Kilolitro	2 900
Vino, Israel	Kilolitro	500

Cuadro 55 (continuación)

Industria, producto y país	Unidad de producción (tonelada, salvo que se indique otra cosa)	Agua necesaria por unidad (litros)
<u>Productos alimenticios diversos</u>		
Chocolate, dulces, Bélgica		15 000 a 17 000
Gelatina comestible, EE.UU.		55 100 a 83 500
Mafz, elaborado con agua	Litro de mafz	15,0 a 25,5
Jarabe de mafz, EE.UU.	Litro de mafz	3,8 a 4,3
Molienda de trigo, Chipre		2 000
Molienda de trigo, Israel		700 a 1 300
Harina de patata, Finlandia	Tonelada de patatas	10 000 a 20 000
Fécula de patata, Canadá	Tonelada de fécula	80 000 a 150 000
Macarrones, Chipre		1 200
Melazas, Bélgica	Hectolitro de materia prima	1 000 a 12 000
Melazas, EE.UU.	Hectolitro de graduación normal 100	840
<u>Pulpa y papel</u>		
Pasta mecánica de madera, Finlandia	Tonelada de pasta de madera	30 000 a 40 000
Pulpa de sulfato:		
Finlandia	Tonelada de pulpa	250 000 a 350 000
Suecia	Tonelada de pulpa sin blanquear	75 000 a 300 000
Suecia	Tonelada de pulpa blanqueada	170 000 a 500 000
Pulpa al sulfito:		
Finlandia	Tonelada de pulpa blanqueada	450 000 a 500 000
Finlandia	Tonelada de pulpa sin blanquear	250 000 a 300 000
Suecia	Tonelada de pulpa blanqueada	300 000 a 700 000
Suecia	Tonelada de pulpa sin blanquear	140 000 a 500 000
Pasta de madera:		
Suecia	Tonelada de pasta seca	50 000 a 100 000
Sudáfrica		150 000
Papel secante, Suecia		350 000 a 400 000
Papel Kraft, papel de imprenta y papel de escribir, Finlandia		375 000
Papel prensa, Canadá		165 000 a 200 000
Papel de escribir, Suecia		900 000 a 1 000 000
Papel prensa, Suecia		200 000
Papel de empaquetar y de embalar, Suecia		125 000
Papel para prensado de telas, Finlandia		200 000
Papel de imprenta, Suecia		500 000
Cartón, Finlandia		125 000
Cartón, EE.UU.		62 000 a 376 000
Papel y cartón, Bélgica		180 000
Cartón de pasta de paja, EE.UU.		109 000
Fibra prensada, Suecia		125 000
Fibra prensada, Finlandia		50 000
Promedio industria, EE.UU.	Tonelada de pulpa y papel	236 000
Promedio industria, Reino Unido	Tonelada de papel y cartón	90 000
Promedio industria, Francia	Tonelada de pulpa y papel	150 000
<u>Petróleo y combustibles sintéticos</u>		
EE.UU.:		
Gasolina de aviación	Kilolitro	25 000
Gasolina	Kilolitro	7 000 a 10 000
Gasolina, polimerización	Kilolitro	34 000
Gasolina sintética	Kilolitro	377 000
Campos petrolíferos	Kilolitro de petróleo crudo	4 000
Keroseno, Bélgica	Tonelada	40 000
Refinerías de petróleo, Suecia	Tonelada de petróleo crudo	10 000
<u>Combustibles sintéticos</u>		
De carbón:		
Sudáfrica	Kilolitro	50 000
EE.UU.	Kilolitro	265 500
De gas natural, EE.UU.	Kilolitro	88 900
De pizarras bituminosas, EE.UU.	Kilolitro	20 800

Cuadro 55 (continuación)

Industria, producto y país	Unidad de producción (tonelada, salvo que se indique otra cosa)	Agua necesaria por unidad (litros)
Productos químicos		
Ácido acético, EE.UU.	Litro	417 000 a 1 000 000
Alcohol, graduación normal 100, EE.UU.	Litro	138
Alcohol, graduación normal 190, EE.UU.	Litro	52
Alúmina, proceso Bayer, EE.UU.		26 300
Amoníaco, sintético, EE.UU.	Tonelada de líquido, NH ₃	129 000
Amoníaco, nafta, conversión, Japón		255 000
Nitrato de amonio, Bélgica		52 000
Sulfato de amonio, EE.UU.		835 000
Carburo de calcio, EE.UU.		125 000
Metafosfato de calcio, EE.UU.		16 700
Dióxido de carbono, EE.UU.		83 500
Sosa cáustica y cloro, Canadá		125 000
Sosa cáustica, proceso Solvay, EE.UU.		60 500
Sosa cáustica, proceso dual, República Federal de Alemania		160 000
Nitrato de celulosa, EE.UU.		41 700
Productos químicos del carbón y de la madera, EE.UU.	Tonelada de Cañ crudo	271 000
Cloro, República Federal de Alemania		12 600
Etileno, Israel		16 000
Gases, comprimidos y licuados, Canadá	Metro cúbico	60 a 70
Glicerina, EE.UU.		4 600
Pólvora, EE.UU.		401 000 a 835 000
Ácido clorhídrico, proceso salino, EE.UU.	Tonelada de 20 Be ClH	12 000
Ácido clorhídrico, proceso sintético, EE.UU.	Tonelada de 20 Be ClH	2 000 a 4 200
Hidrógeno, EE.UU.		2 750 000
Lactosa, EE.UU.		835 000 a 918 000
Carbonato de magnesio, básico, EE.UU.	Tonelada de CO ₂ Mg básico	18 000
	Tonelada de CO ₂ Mg	163 000
	M ³ de O ₂	243
Oxígeno, EE.UU.		
Polietileno, República Federal de Alemania		231 000 (incluidos 225 000 para refrigeración) 8 400
Polietileno, Israel		
Cloruro de potasio, silvinita, EE.UU.		167 000 a 209 000
Pólvora sin humo, EE.UU.		209 000
Jabón, Bélgica		37 000
Jabón, Chipre		4 500
Jabón de lavar, EE.UU.		960 a 2 100
Sosa comercial (58%), proceso sosa amoniacal, EE.UU.		62 600 a 75 100
Clorato de sodio, EE.UU.		250 000
Silicato de sodio, EE.UU.	Tonelada de 40 Be vidrio soluble	670
Estearina, jabón y productos para lavar, Suecia	Tonelada de grasa	70 000 a 200 000
Ácido sulfúrico, Bélgica		20 000 a 25 000
Ácido sulfúrico, sistema de las cámaras de plomo, EE.UU.	Tonelada de 100% SO ₄ H ₂	10 400
Ácido sulfúrico, procedimiento de contacto, EE.UU.	Tonelada de 100% SO ₄ H ₂	2 700 a 20 300
Ácido sulfúrico, República Federal de Alemania	Tonelada de SO ₃	83 500
Textiles		
Maceración, lavado, apresto y blanqueado:		
Enriado del lino, Bélgica		30 000 a 40 000
Apresto del lino, Suecia		30 000 a 40 000
Lavaje de la lana, Bélgica		240 000 a 250 000
Limpieza de la lana, Suecia		10 000
Blanqueado de textiles, Bélgica		180 000
Teñido:		
Textiles, Bélgica		200 000
Textiles, Francia		52 000 a 560 000 (variación)
		180 000 (promedio)

Cuadro 55 (continuación)

Industria, producto y país	Unidad de producción (tonelada, salvo que se indique otra cosa)	Agua necesaria por unidad (litros)
Textiles (continuación)		
Acabado:		
Acabado de textiles por impregnación, Bélgica		100 000 a 150 000
Acabado y tejido:		
Hilados de algodón, Israel		60 000 a 180 000
Hilados sintéticos, Israel		90 000 a 180 000
Hilados de lana, Israel		70 000 a 140 000
Tejidos, Israel		60 000 a 100 000
Fábricas de tejidos		
Algodón:		
Finlandia		50 000 a 150 000
Suecia		10 000 a 250 000
Canadá	Yarda cuadrada	1,0
Lana:		
Finlandia	Tonelada de tela o hilado	150 000 a 350 000
Suecia	Tonelada de lana	400 000
Fibras sintéticas:		
Seda artificial, Suecia		2 000 000
Rayón:		
Bélgica		2 000 000
Finlandia		1 000 000 a 2 000 000
Fibra de rayón, Bélgica		22 000
Alfombras, Canadá	Yarda cuadrada	20
Minas y canteras'		
Oro, Sudáfrica	Tonelada de mineral	1 000
Mineral de hierro, limonita, EE.UU.		4 200
Bauxita, EE.UU.	Tonelada de mineral	300
Azufre, EE.UU.		12 500
Cobre, Finlandia		3 750
Cobre, Israel		3 100
Grava, Israel		400
Piedra caliza y subproductos, Bélgica		200 a 6.500
Productos de hierro y acero		
Bélgica:		
Altos hornos, sin reutilización		58 000 a 73 000
Altos hornos, con reutilización		50 000
Acero acabado y semiacabado, sin reutilización		61 000
Acero acabado y semiacabado, con reutilización		27 000
Canadá:		
Hierro en bruto		130 000
Acero fundido en solera		22 000
Francia:		
Fundición		46 000
Procedimiento Martin (fundido en solera)		15 000
Procedimiento Thomas (convertidor Bessemer)		10 000
Acero de horno eléctrico		40 000
Trenes de laminación		30 000
Alemania, República Federal de:		
Estructuras de acero		8 000 a 12 000
Sudáfrica:		
Acero		12 500

Cuadro 55 (continuación)

Industria, producto y país	Unidad de producción (tonelada, salvo que se indique otra cosa)	Agua necesaria por unidad (litros)
Productos de hierro y acero (continuación)		
Suecia:		
Estructuras de hierro y acero		10 000 a 30 000
Estados Unidos:		
Instalaciones de ciclo integral		86 000 (promedio)
Trenes de laminación y trepillería		14 700 (promedio)
Fundición en altos hornos		103 000 (promedio)
Ferrolecciones electrometalúrgicas		72 000 (promedio)
Industria, uso consuntivo		3 500 (estimado)
Productos diversos		
Automóviles, EE.UU.	Vehículo	38 000
Calderas de vapor, EE.UU.	Caballos hora	15
Caserna, Nueva Zelanda		55 000
Cemento Portland:		
Bélgica		1 900
Chipre, procedimiento por vía seca		550
Finlandia		2 500
EE.UU., procedimiento por vía húmeda		900
Cerámica y baldosas, Bélgica		1 800 a 2 000
Carbón:		
República Federal de Alemania (Ruhr)		1 000 (mínimo) a/ 1 750 (promedio) a/
Gran Bretaña		Menos de 3 000 a/
Países Bajos		2 650 a/
Bélgica		5 700 a 6 000
Carbón, coque y subproducto, EE.UU.		6 300 a 15 000
Lavado del carbón, EE.UU.		840
Condensadores, superficie, EE.UU.	Libra de vapor condensado	9,1 a 27,3
Destilación de granos:		
Bélgica	Hectolitro de grano tratado	6 000 a 7 000
EE.UU.	Hectolitro de grano tratado	6 540
Destilación, Suecia	Kilolitro de 100% alcohol	15 000 a 100 000
Energía eléctrica, térmica:		
Suecia	Tonelada de carbón	200 000 a 400 000
Sudáfrica	Kilowatio hora (uso consuntivo)	5
EE.UU.	Kilowatio hora	200
Explosivos:		
Suecia		800 000
EE.UU.		835 000
Fabricación de abonos, Finlandia	Tonelada de nitrato potásico (25% nitrógeno)	270 000
Vidrio, Bélgica		68 000
Lavanderías:		
Chipre	Tonelada de prendas lavadas	45 000
Finlandia	Tonelada de prendas lavadas	20 000
Suecia	Tonelada de prendas lavadas	30 000 a 50 000
Pielés, Sudáfrica		
Fábrica de pieles, Finlandia	Tonelada de cueros	50 000 a 125 000
Curtidos, EE.UU.	m ² de cuero	20 a 2 550 (variación) 400 (promedio)
Curtidos, Chipre	m ² de pieles de animales pequeños	110
Metales no ferrosos, en bruto y semiacabados, Bélgica		80 000
Lana mineral, EE.UU.		16 700 a 20 900
Caucho sintético, EE.UU.:		
Butadieno		83 500 a 2 750 000
Euna S		125 000 a 2 630 000
Grado GF-S		117 000 a 2 800 000
Almidón:		
Bélgica	Tonelada de maíz	13 000 a 18 000
Suecia	Tonelada de patatas	10 000

Fuente: Basado en datos de los siguientes países: Bélgica, Canadá, Chipre, Dinamarca, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Países Bajos, Reino Unido, República Federal de Alemania, Sudáfrica, Suecia. La mayor parte de esos datos fueron facilitados por los Gobiernos de dichos países en respuesta a solicitudes formuladas al efecto por el Secretario General de las Naciones Unidas en 1957 y 1968. Las grandes variaciones en las cantidades de agua se deben a diferencias de tecnología.

a/ Incluida la generación de electricidad, sin lo cual el agua necesaria para la producción de carbón se reduciría aproximadamente a la mitad.

Cuadro 56

Cantidades de agua tomada y de agua reutilizada en
determinados procesos industriales, URSS

Industria, producto y proceso	Unidad de producción	Toma de agua (m ³)	Agua recirculada (m ³)
<u>Minería</u>			
Canteras de piedra caliza, a cielo abierto	Tonelada	0,04	-
Concentración de mineral de hierro por cribado hidráulico	Tonelada	2,255	5,5
Concentración de mineral de hierro por vía húmeda y separación magnética, sin flotación	Tonelada	1,405	4,43
Concentración de mineral de hierro por vía húmeda y separación magnética, con flotación	Tonelada	2,495	6,01
<u>Combustibles</u>			
Concentración de carbón en plantas de fabricación de coque, por vía húmeda sin flotación	Tonelada de carbón concentrado	0,17	4,5
Idem pero con flotación sin devolución de agua	Tonelada de carbón concentrado	0,67	5,5
Idem pero con flotación y circuito cerrado	Tonelada de carbón concentrado	0,22	5,0
Minas de carbón, briquetas	Tonelada de briquetas	0,305	0,11
<u>Metalurgia</u>			
Acería integral, incluidas carbonización y central ergógena de plena capacidad:			

Cuadro 56 (continuación)

Industria, producto y proceso	Unidad de producción	Toma de agua (m ³)	Agua recirculada (m ³)
<u>Metalurgia (continuación)</u>			
Sistema cerrado para todas las instalaciones, enfriamiento en cubas de aspersión y torres de refrigeración	Tonelada de fundición elaborada	2,13	2,22
Utilización de agua de refrigeración y agua contaminada en sistemas cerrados, tanques y torres de refrigeración	Tonelada de fundición elaborada	55,1	1,94
Idem, pero con enfriamiento del agua no contaminada en balsas y del agua contaminada en torres	Tonelada de fundición elaborada	17,9	2,53
Acerías; integradas pero sin carbonización ni central termoeléctrica	Tonelada de fundición elaborada	9	1,20
Procesos de fabricación de acero:			
Martin-Siemens	Tonelada de acero	0,585	13
Convertidor	Tonelada de acero	0,99	15
Horno eléctrico	Tonelada de acero	1,16	18
Tren desbastador	Tonelada de acero	0,92	16
Productos manufacturados:			
Alambre de acero	Tonelada	2,71	47,5
Cables	Tonelada	0,2	0,5
Clavos	Tonelada	0,1	-
Bandas laminadas en frío	Tonelada	5,52	110
Alúmina, de bauxita	Tonelada	17,4	103
<u>Papel y pasta de papel</u>			
Para fibras artificiales	Tonelada de pasta	435	895
Para papel de prensa e imprenta	Tonelada de pasta	350	680

Cuadro 56 (continuación)

Industria, producto y proceso	Unidad de producción	Toma de agua (m ³)	Agua recirculada (m ³)
<u>Papel y pasta de papel</u> (continuación)			
Para bolsas de papel, etc.	Tonelada de pasta	120	95
Pasta de alto rendimiento (55-58%)	Tonelada de pasta	70	10
Producción de pulpa al sulfato:			
Para fibras artificiales	Tonelada de pasta	580	770
Blanqueada, para papel y cartón	Tonelada de pasta	375	650
Dura, sin blanquear	Tonelada de pasta	180	165
De gran rendimiento (65-67%)	Tonelada de pasta	160	170
Manufactura de papel a partir de productos semiacabados:			
Papel prensa	Tonelada de papel	80	110
Papel de escribir	Tonelada de papel	50	80
Bolsas de papel	Tonelada de papel	25	215
Papel de imprenta	Tonelada de papel	200	350

Energía térmica

Centrales térmicas de capacidad media y baja con toma de vapor y turbinas de vapor

Turbinas de 6.000 Kw:

Efecto simple
Reciclaje

Hora turbina
Hora turbina

1 540
121 a/ 160 b/ 1 690

Turbinas de 12.000 Kw:

Efecto simple
Reciclaje

Hora turbina
Hora turbina

2 380
180 a/ 235 b/ 2 620

Turbinas de 25.000 Kw:

Efecto simple
Reciclaje

Hora turbina
Hora turbina

4 315
275 a/ 342 b/ 4 770

Cuadro 56 (continuación)

Industria, producto y proceso	Unidad de producción	Toma de agua (m ³)	Agua recirculada (m ³)
<u>Energía térmica (continuación)</u>			
Idem, pero con turbinas de reacción:			
Turbinas de 6.000 Kw	Hora turbina	85 a/ 125 b/	-
Turbinas de 12.000 kw	Hora turbina	120 a/ 170 b/	-
Turbinas de 25.000 kw	Hora turbina	185 a/ 255 b/	-
<u>Petróleo y gas natural</u>			
Refinerías integradas	Tonelada de petróleo	0,31	1,85
Plantas de gasolina	Tonelada de petróleo	0,13	1,2
Unidades de secado de gas natural	100 000 m ³	0,35	5,5
Desulfuración de gas natural	100 000 m ³	6,15	80
<u>Productos químicos</u>			
Acido sulfúrico, de piritas	Tonelada de 76% SO ₄ H ₂	6,1	60
Acido sulfúrico, de azufre	Tonelada de 76% SO ₄ H ₂	3,55	34,5
Acido sulfúrico, de sulfuro de hidrógeno, catalización por vía húmeda	Tonelada de 76% SO ₄ H ₂	7,1	70
Acido sulfúrico, de gas de convertidor (4,5% SO ₂)	Tonelada de 76% SO ₄ H ₂	7,6	75
Superfosfato	Tonelada	0,16	-
Amoníaco, líquido	Tonelada	2,76	41
Urea	Tonelada	12,0	200
Cloro y sosa caústica por el método del mercurio	Tonelada de OHNa	7,22	33,5
Sulfato de amonio	Tonelada	0,17	3,2

Cuadro 56 (continuación)

Industria, producto y proceso	Unidad de producción	Toma de agua (m ³)	Agua recirculada (m ³)
<u>Productos químicos (continuación)</u>			
Resinas fenólicas	Tonelada	23,8	26,6
Resinas ureicas	Tonelada	9,7	112
Fibra de rayón	Tonelada	248	2 660
Fibra de nylon	Tonelada	570	5 400
<u>Industria ligera</u>			
Elaboración primaria de la lana	Tonelada de lana lavada	43	-
Curtido de pieles con sal húmeda:			
Cuero al cromo	Tonelada de cueros	61,5	-
Cuero duro	Tonelada de cueros	49,6	-
Cuero de Rusia	Tonelada de cueros	66,6	-
Fieltro de sombreros	1 000 sombreros	29,2	-
Botas y zapatos	1 000 pares	6,6	-
<u>Industria alimentaria</u>			
Panaderías, pan:			
Menos de 20 ton. por día	Tonelada de pan	5,0	-
20-30 ton. por día	Tonelada de pan	4,0	-
30-50 ton. por día	Tonelada de pan	3,3	-
50-65 ton. por día	Tonelada de pan	3,1	-
65-140 ton. por día	Tonelada de pan	2,3	-
Fábricas de queso	Tonelada de queso	6,4	3,4
Fábricas de leche condensada	m ³ de leche	4,8	0,2
Fábricas de leche en polvo	m ³ de leche	2,5	0,8
Industrias cárnicas, con una producción por turno de:			
10 ton. de carne, 1 ton. de productos de carne	Tonelada de carne preparada	31	57
30 ton. de carne, 3 ton. de productos de carne	Tonelada de carne preparada	29	85
50 ton. de carne, 3 ton. de productos de carne	Tonelada de carne preparada	25	85

Cuadro 56 (continuación)

Industria, producto y proceso	Unidad de producción	Toma de agua (m ³)	Agua recirculada (m ³)
<u>Industria alimentaria</u> (continuación)			
Conservas de pescado			
No mecanizadas, pescado fresco	1 000 latas	20,3	-
Mecanizadas, pescado fresco y congelado	1 000 latas	60,4	-
Fábricas de cerveza	Decalitro de cerveza	0,16	0,9
Fábricas de bebidas no alcohólicas	Decalitro de producto	0,07	0,6
<u>Industria de la construcción</u>			
Fábricas de cemento, por vía húmeda, con una producción anual de:			
1 200 000 toneladas	Tonelada de cemento	1,65	10,9
1 600 000 toneladas	Tonelada de cemento	1,05	6,55
3 400 000 toneladas	Tonelada de cemento	0,93	4,55
Fábricas de cemento, por vía seca, con una producción anual de:			
600 000 toneladas	Tonelada de cemento	0,35	13,5
1 200 000 toneladas	Tonelada de cemento	0,27	11,7
Ladrillo, arcilla compacta	1 000 ladrillos	1,44	-

a/ Plantas caldeadas con petróleo.

b/ Plantas de combustible sólido.

Tolerancia de la calidad del agua para ciertas aplicaciones industriales, Estados Unidos de América
(Miligramos por litro, salvo que se indique otra cosa)

Industria	Turbiedad	Color g/l	Color p/ + O ₂ consumo	O. S. y / millones por litro	Olor	Dureza	Alcalinidad	pH g/l	Total sólidos	Fe	Mn	Fe + Mn	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	F	CO ₂	CO ₂ H	ON	NO ₃ Mg (reacción)	Otros criterios g/l	
Aire acondicionado g/										0,5	0,5	0,5										A, B C
Plantas de Alimentación de calderas (libras por pulgada cuadrada):	10	10			Débil	g/				0,2	0,2	0,2										
0-150	20	20	100	2	20		2,0+	3.000-1.800					5	40			200	50	40		1-1	
150-250	10	40	50	0,2	40		0,5+	2.500-900					0,5	20			100	50	40		2-1	
250-400	5	5	10	0,0	10		0,0+	1.500-100					0,09	5			40	5	50		3-1	
400 y más	1	2		0,0	2		0,0	50					0,01	1			20	0	15		3-2	
Elaboración de cerveza g/l:																						
Clara	10	10			Débil		75	6,5-7,0	300	0,1	0,1	0,1		50	100	1,0	50					D, D, G D, D, H
Oscura	10	10			Débil		150	7,0+	1.000	0,1	0,1	0,1		50	100	1,0	50					
Conservas:																						
Legumbres	10				Débil	25-75		7,5+	850	0,2	0,2	0,5					1,0					C
En general	10				Débil	50-400		7,5+	850	0,2	0,2	0,5					1,0					C
Bebidas carbonicas g/	2	10	10		Débil	250	125	g/	850	0,2	0,2	0,5			250	0,2-1,0						C
Dulces					Débil			g/	100	0,2	0,2	0,2										
Refrigeración g/	50					50		g/	100	0,5	0,5	0,5										A, B
Alimentación en general	10	5-10			Débil	10-250	30-250		850	0,2	0,2	0,2				1,0						C
Mole (agua bruta) g/	1-5	5				50	60	6,0-6,8	500	0,2	0,2	0,2		10								C
Lavandería									800	0,2	0,2	0,2										
Fibras, incoloras	2	2							800	0,02	0,02	0,02										
Papel y pasta de papel:																						
Pasta mecánica	50	30				200	150		500	0,3	0,1	0,5		50	75							E
Papel kraft blanqueado	40	25				100	75		500	0,2	0,1	0,2		50	200							E
Pastas a la soda y al sulfite	25	5				100	75		250	0,01	0,05	0,1		20	75							E
Papel de escribir	10	5				100	75		200	0,01	0,05	0,1		20	75							E
Bayón (viscosa):																						
Producción	5	5				8	30		100	0,05	0,05	0,05	8,0	25	5							F
Manufactura g/	0,5					55		7,8-8,3														
Cuero g/	20	10-100				10-155	135	6,0-8,0		0,2	0,2	0,2										
Téxtiles:																						
En general	5	20				20				0,25	0,25	0,25		100								
Furto g/	5	5-20				20				0,25	0,25	0,25										
Lecido de la lana g/						20				1,0	1,0	1,0										
Vendas de algodón g/	5	5			Débil	20				0,2	0,2	0,2										

Fuente: American Water Works Association, Water Quality and Treatment, 2a. ed. (Nueva York, 1970); California State Water Quality Control Board, Water Quality Criteria, 2a. ed. (Sacramento, California, 1965).

g/ Expresado en unidades de platino.

b/ O.D. = oxígeno disuelto.

g/ pH = concentración hidrogeniónica.

d/ A - no corrosividad.

B - No formación de limo.

C - De conformidad con las normas federales relativas al agua potable.

D - ClM, 275 partes por millón.

E - O₂ libre inferior a 10 mg/l.

F - Olor inferior a 5 mg/l.

G - Calcio 100-200 mg/l.

H - Calcio 200-300 mg/l.

g/ Las aguas con algas o con olor a sulfuro de hidrógeno no sirven para el aire acondicionado.

f/ Es conveniente cierta dureza.

g/ El agua para destilación ha de reunir los mismos requisitos generales que para la elaboración de cervezas (para la ginebra y los licores fuertes, agua de mezcla como la de cerveza clara; para el whiskey, agua mezcla como la de la cerveza oscura).

h/ Agua clara, inodoro, estéril para jarabe y carbonización. Agua consistente. El agua de los servicios municipales, filtrada, de primera calidad, no suele ser satisfactoria para bebidas.

i/ Los caramelos requieren un pH de 7,0 o más, ya que los valores bajos favorecen la inversión de la sucrosa, con lo cual el producto resulta pegajoso.

j/ Es necesario el control de la corrosividad, al igual que el de los organismos, como las bacterias del azufre y del hierro, que tienden a formar limo.

k/ Ca(CO₃)₂ crea espejuelos al filtrarse. Mg(CO₃)₂ tiende a dar un color verdoso. CO₂ contribuye a evitar las figuras. Los sulfatos y cloruros de Ca, Mg y Mn no deben exceder cada uno de ellos de 500 partes por millón (partes blancas).

l/ Es conveniente que la composición y la temperatura sean uniformes. El hierro presenta algunos inconvenientes pues la celulosa absorbe el hierro de las soluciones. El manganoso tiene muchos inconvenientes, obstruye las tuberías y en presencia de cloro se oxida formando permanganatos que dan un color rojizo.

m/ El exceso de hierro, de manganoso o de turbiedad origina manchas y decoloraciones en los cueros y artículos de piel.

n/ Composición constante; aluminio residual < 0,5 partes por millón.

o/ Calcio, magnesio, hierro, manganoso, materias en suspensión y materia orgánica soluble pueden ser motivo de objeción.

ESTIMACION DE LA DEMANDA DE AGUA PARA EL RIEGO A LARGO PLAZO
MEDIANTE LA PROGRAMACION LINEAL

La programación lineal se ha utilizado para prever la demanda de agua respecto de un número relativamente grande de actividades y de zonas geográficas extensas a/. El uso de este método ha permitido tener debidamente en cuenta la capacidad de asimilación del riego de diferentes tipos de suelos, las variaciones de las posibilidades de utilización del agua en las distintas estaciones, los efectos de diversos niveles de ordenación en el aprovechamiento de las aguas, etc.

Por otra parte, los precios, los coeficientes de producción o las cantidades de recursos fijos pueden variarse paramétricamente para elaborar proyecciones escalonadas que revelan la sensibilidad de las predicciones a las modificaciones de las hipótesis acerca de los precios de los productos, los costos de los recursos o los coeficientes de producción.

La programación lineal no ha proporcionado un método perfeccionado para predecir el consumo final de productos agrícolas o los futuros cambios de la tecnología agrícola. Además, requiere una gran cantidad de datos y es más costosa que otros métodos, aunque los costos se están reduciendo. La no linealidad de las relaciones de que se trata puede restar exactitud a los resultados de la aplicación de esta técnica.

Con todo, pese a estos inconvenientes, la programación permite incluir supuestos explícitos acerca de la sustitución económica de productos y recursos, incluida el agua, en un sector agrícola competitivo.

Breve esbozo de la metodología

La programación lineal es un procedimiento matemático para maximizar o minimizar una función lineal de una serie de variables, llamada "función objetiva", con sujeción a las desigualdades lineales, que condicionan la elección de los programas.

a/ Véase, por ejemplo, G.A. Pavelis y J.F. Timmons, "Programming small watershed development", Journal of Farm Economics, vol. XLII (mayo de 1960), págs. 225-240; G.S. Tolley y V.S. Hastings, "Optimal water allocation: the North Flatte River", Quarterly Journal of Economics, vol. LXXIV (mayo de 1960), págs. 279-295; L.M. Hartman y N. Whittlesey, Marginal Values of Irrigation Water, Technical Bulletin No. 70 (Fort Collins, Colo., Colorado State University Agricultural Experiment Station, 1961); C.V. Moore y T.R. Hedges, Economics of On-Farm Water Availability and Costs, and Related Farm Adjustments (Davis, Calif., California Agricultural Experiment Station, Giannini Foundation of Agricultural Economics, 1963); E.O. Heady y colaboradores, Agricultural Water Needs - Future Water and Land Use: Effects of Selected Public Agricultural and Irrigation Policies on Water Demand and Land Use, informe preparado para la National Water Commission por el Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University (Springfield, Virginia, National Technical Information Service, 1971).