

Tendencias del Agua: Una Revisión de las Proyecciones Globales de los Recursos Hidráulicos ¹

Peter H. Gleick

Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security

Si no pensamos adonde queremos llegar terminaremos en cualquier sitio.

Proverbio chino.

Hacer predicciones es muy difícil, especialmente acerca del futuro.

Casey Stengel.

Introducción y Antecedentes

Los planificadores hidráulicos son de los pocos administradores de recursos naturales que consideran el futuro más allá de algunos cuantos años. A nivel local, la larga vida útil de las presas requiere que los planificadores tengan una visión a largo plazo. A nivel global, numerosos grupos e individuos han realizado proyecciones y cálculos del uso a futuro de agua potable durante las últimas décadas, algunos inclusive desde hace 60 ó 70 años. El renovado interés acerca de los aspectos del agua a nivel global ha estimulado varios esfuerzos en este tema. Estos nuevos esfuerzos también aprovechan los adelantos en las capacidades de las computadoras, la disponibilidad de mejores datos sobre el agua, y los nuevos conceptos sobre el desarrollo de escenarios. Este capítulo presenta un análisis y una revisión de las principales proyecciones de los escenarios, y analiza las diferencias en sus consideraciones, metodologías y enfoques básicos. Estas diferencias limitan la validez de las comparaciones cuantitativas directas, pero una comparación general subraya los conceptos básicos para el entendimiento de las proyecciones globales del uso del agua.

El futuro es en gran medida incierto. Sin embargo, la planeación requiere que cuando menos consideremos posibles futuros, exploremos rutas viables, e identifiquemos los riesgos y beneficios asociados con diferentes resultados. Esto ha llevado a un creciente interés para el uso de escenarios, para proyectar los enfoques, y para realizar estudios a “futuro” (ver por ejemplo Schwartz, 1991). Esta forma de planeación tiene implicaciones más allá que las académicas. En el sector hidráulico, las expectativas sobre el futuro de la demanda y abastecimiento del agua generan enorme costos financieros para los proyectos de abastecimiento de agua. Estos proyectos, a su vez, con frecuencia generan impactos adversos significativos tanto humanos como ecológicos. Al mismo tiempo, si no se realizan las inversiones necesarias, se puede fracasar en el intento de satisfacer las necesidades humanas fundamentales para las necesidades de agua. El reto que enfrentan los planificadores del agua consiste en equilibrar los riesgos y los beneficios de este tipo de errores.

¹ Esta publicación forma parte del capítulo 3 del libro Gleick, P. H. 2000 *The World's Water 2000 – 2001. The Biennial Report on Fresh Water Resources*. Island Press. Washington, D. C. Pp. 39 – 61.

En tanto que la mayoría de las proyecciones hidráulicas generalmente se realizan a pequeña escala por las dependencias del agua, por los municipios o por las empresas, también se han realizado varias evaluaciones más amplias, a nivel global, como un intento para obtener un panorama más amplio de las preocupaciones más importantes sobre el agua.

Las proyecciones sobre el uso global del agua son cada vez más complejas en cuanto a su enfoque, y cada vez más detalladas en cuanto a su escala en el espacio y en el tiempo. La mayoría de las proyecciones iniciales eran variantes de la misma metodología – el futuro del uso del agua se basaba en proyecciones sobre la población, y en la intensidad del uso industrial, comercial y residencial (por ejemplo, agua por individuo o ingreso unitario), y en algunos cálculos básicos sobre el futuro de la producción de cultivos como una función de las zonas de riego y el rendimiento de cultivos. Los escenarios anteriores consistían en típicos escenarios sin cambios y sin variantes. La mayoría de los escenarios ignoraban las necesidades para la ecología dentro de las corrientes, para la navegación, para la producción de energía hidráulica, para la recreación, etc.

Recientemente, las proyecciones han comenzado a incluir la re-evaluación de las necesidades reales del agua y la eficiencia en el uso del agua, los requerimientos dietéticos, los patrones y tipos de cultivos, y las funciones de los ecosistemas. En el recuadro 3.1 se discuten diferentes definiciones de "uso de agua". Las proyecciones del uso del agua a escala mundial también se han hecho más complejas debido a la creciente capacidad de las computadoras para manejar un número significativo de cálculos y a la creciente disponibilidad de datos sobre el uso del agua. Las evaluaciones que se realizaban para regiones continentales o con base en naciones individuales ahora se realizan para cuencas a escalas de tiempo y espacio cada vez más pequeñas.

Limitaciones en los Datos

La mayor limitación para mejorar las tendencias futuras en el agua no surge de la capacidad de las computadoras, sino de las limitaciones en la calidad, disponibilidad y resolución regional de los datos sobre el agua y en las dificultades para hacer cierta clase de evaluaciones. Algunos de los más importantes problemas con los datos se mencionan a continuación:

- *Aún existen serias lagunas en datos a escala regional, y no parece cercana la fecha en que esto se resuelva.* Mientras la precipitación, temperatura y escurrimiento son relativamente bien medidos en los países desarrollados, muchas regiones del mundo padecen de limitaciones en los siguientes dos conceptos: cobertura con instrumental moderno y de falta de registros de largo plazo. Inclusive, en los países más ricos, las presiones por recortar fondos para las estaciones de observación y monitoreo atentan contra la continuidad de series de tiempo de datos.
- *Algunos tipos de datos sobre el uso del agua no se recopilan, o bien no son confiables.* Mucho menos datos colectados de uso del agua tanto en disponibilidad como abastecimiento. El uso doméstico del agua frecuentemente no es medido directamente y los detalles de cómo se utiliza raramente es colectado. Una encuesta reciente conducida por la American Water Works Association acerca del uso doméstico en los

Estados Unidos de Norteamérica es una rara excepción (<http://www.waterwiser.org/frameset.cfm?b=2>), a pesar de que este estudio resultó limitado en alcance. Los usos del agua industrial y para servicios se inventaría con poca frecuencia o no del todo. Datos del uso del agua para agricultura son más escasos o poco confiables. Extracciones de agua subterránea son raramente medidos o regulados. Siempre que datos de uso del agua son colectados, información en el cambio de los patrones de uso sobre el tiempo frecuentemente no se dispone, lo que hace más difícil el análisis de tendencias.

- *Algunos países o regiones restringen el acceso a datos del agua.* En esta era de fácil acceso a Internet, algunos países se niegan a compartir los datos relacionados con el agua con sus vecinos, o aún con sus propios investigadores. En regiones donde el agua se comparte internacionalmente, las naciones están tentadas a restringir información donde percibe una ventaja política al hacer esto. Singapur, por ejemplo, restringe fuertemente cualquier información acerca de sus acuerdos sobre agua con Malasia o en su dependencia externa para su vital abastecimiento de agua. Esta clase de problemas condujo a los diseñadores de la “Ley de ríos internacionales para usos no navegables”, en la Convención de 1997, considerar la apertura de la información. El artículo 9 de la Convención establece: *Los Países intercambiarán regularmente datos e información disponible acerca de las condiciones de las corrientes, en particular aquella de naturaleza hidrológica, meteorológica, hidrogeológica y ecológica, así como la relacionada a la calidad del agua y pronósticos pertinentes.... [Los Estados] harán sus mejores esfuerzos para coleccionar y donde sea apropiado, procesar datos e información de manera que facilite su utilización por los otros Estados comunicados por la corriente.* (<http://www.worldwater.org>)
- *Algunos usos del agua son no cuantificados o no cuantificables.* Con toda probabilidad, algunos usos y necesidades son improbables siempre de ser exactamente determinados o incluidos en el escenario de proyecciones. Por ejemplo, el agua para las necesidades ecológicas, usos para recreación, para generación de hidroelectricidad, o navegación, y las pérdidas por infiltración o evaporación en reservorios son difíciles de cuantificar con exactitud. Sin embargo, estas actividades y usos del agua eventualmente serán necesarias cuantificarse e incorporarse en las estimaciones futuras si es que se va a realizar una verdadera planeación del agua.

Como resultado de estas limitaciones, los analistas no deberían suponer que incrementando la sofisticación del modelo o del escenario los llevará a mejores pronósticos. Siempre los modelos “perfectos” alimentados con datos imperfectos serán de valor limitado. Finalmente, estos escenarios deben considerarse todavía como “historias”, a medida que se analizan posibles tendencias, en el entendido de que las opciones que tomemos hoy determinarán el camino a seguir, y el futuro hacia el cual nos estaremos dirigiendo.

Cuadro 3.1 Definiciones

Existe a escala mundial una gran confusión en la literatura acerca de los términos “uso”, “necesidad”, “agua disponible”, “extracción”, “requerimiento”, “demanda”, “consumo”, “abastecimiento de agua”, y otros. Debe tenerse mucho cuidado cuando se interpreten o se comparen diferentes estudios. Para los fines de este trabajo, he intentado normalizar los términos de la siguiente manera: “Extracción de agua” se refiere al agua que se extrae de una fuente y se usa para satisfacer necesidades humanas. Parte de esta agua puede ser devuelta a la fuente original cambiando su cantidad y su calidad. El término “uso consuntivo” o “para el consumo” se refiere al agua que se extrae de una fuente y ya no es posible reutilizarla en la misma cuenca, como sucede con las pérdidas irrecuperables, incluyendo evaporación, filtración hacia un sumidero salino, o contaminación. El uso para el consumo algunas veces se menciona como “pérdidas irrecuperables”. El término “uso del agua” se utiliza con frecuencia de manera inconsistente, refiriéndose a veces como uso para el consumo y otras como extracciones. “Necesidad” por agua es también subjetiva, pero típicamente se refiere a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer un propósito particular o un requerimiento. También se refiere, algunas veces, al deseo por agua por la parte de un usuario del agua. “Demanda” por agua se usa para describir la cantidad de agua demandada o por un usuario, pero el nivel de demanda de agua puede no tener relación con la cantidad de agua requerida para satisfacer un requerimiento particular.

Cuarenta Años de Escenarios y Proyecciones del Agua

Durante el Siglo 20, la planeación de los recursos hidráulicos se ha enfocado en el uso o en la elaboración de proyecciones de variables tales como poblaciones, demanda de agua per cápita, producción agrícola, niveles de productividad económica, etc. Estas proyecciones se utilizan para predecir las demandas futuras del agua, y después evaluar el tipo de sistemas necesarios para satisfacer esas demandas. Como resultado de lo anterior, la planeación tradicional del agua tiende a proyectar las demandas futuras del agua como variantes o extensiones de las tendencias actuales, independientemente de cualquier análisis de necesidades humanas específicas. Con frecuencia estas proyecciones se llevan a cabo de manera independiente de los cálculos de la disponibilidad real de agua a escala regional. El proceso de planeación, entonces, consiste en el desarrollo de sugerencias de alternativas para cubrir las brechas aparentes entre esta proyección idealizada de la demanda y el abastecimiento anticipado.

A escala regional, el Plan Hidráulico de California es un excelente ejemplo de este tipo de enfoque. Cada determinado tiempo, el Departamento de Recursos Hidráulicos de California emite un Plan actualizado. La versión más reciente, emitida a finales de 1998, es semejante en forma y en enfoque a cada una de las siete versiones anteriores hasta llegar a la original publicada en 1957 (CDWR 1998). Utilizando proyecciones consistentes en la intensidad del agua (uso de agua por persona) acopladas con los incrementos proyectados de la población, el CDWR concluye que los problemas y políticas hidráulicas de California en 2020 no mostrarán grandes cambios con respecto a la actualidad. Los agricultores cultivarán los mismos cultivos en la misma extensión de tierra. La población urbana creciente seguirá con los mismos patrones en el uso del agua, mostrando cambios mínimos en cuanto a la tecnología y eficiencia del uso de agua residencial. El agua utilizada por los

ecosistemas acuáticos se mantendrá al mismo nivel o incluso disminuirá. Y las proyecciones de las demandas totales superan el abastecimiento disponible por varios billones de metros cúbicos, déficit que ha sido reportado en cada informe del CDWR desde 1957.

A escala más amplia, casi cada proyección anterior de los recursos hidráulicos mundiales utilizaba el mismo enfoque y llegaba a la misma conclusión, provocando que muchos observadores (incluyendo al autor de este trabajo) se preocuparan por los grandes déficits y escasez en el futuro. En algunas zonas del mundo, esta escasez y déficit ya se han manifestado, y es probable que surjan nuevas zonas problemáticas en los años por venir. Al mismo tiempo, es importante hacer notar que cada una de las proyecciones globales anteriores calculaba demandas de agua muy superiores a las que ocurrieron realmente, muchas con márgenes muy significativos. Esto sugiere que los métodos tradicionales usados por los que desarrollan los escenarios del agua carecen de una dinámica importante del mundo real. La figura 3.1 y Tabla 3.15 muestran más de 25 proyecciones de agua diferentes para varios puntos durante y a lo largo del siglo 21 con una estimación de uso actual del agua a partir del año 2000. Tal como la gráfica muestra, cada una de las proyecciones más antiguas con mucho sobrestimaron las demandas de agua futuras al suponer que el uso del agua debería continuar creciendo, inclusive por arriba de las tasas de consumo históricas. Las extracciones de agua actuales en los años de 1990 fueron solo la mitad de lo se esperaba que fueran hace 30 años. La inexactitud de estas proyecciones pasadas enfatiza la importancia de desarrollar mejores métodos para hacer proyecciones del futuro.

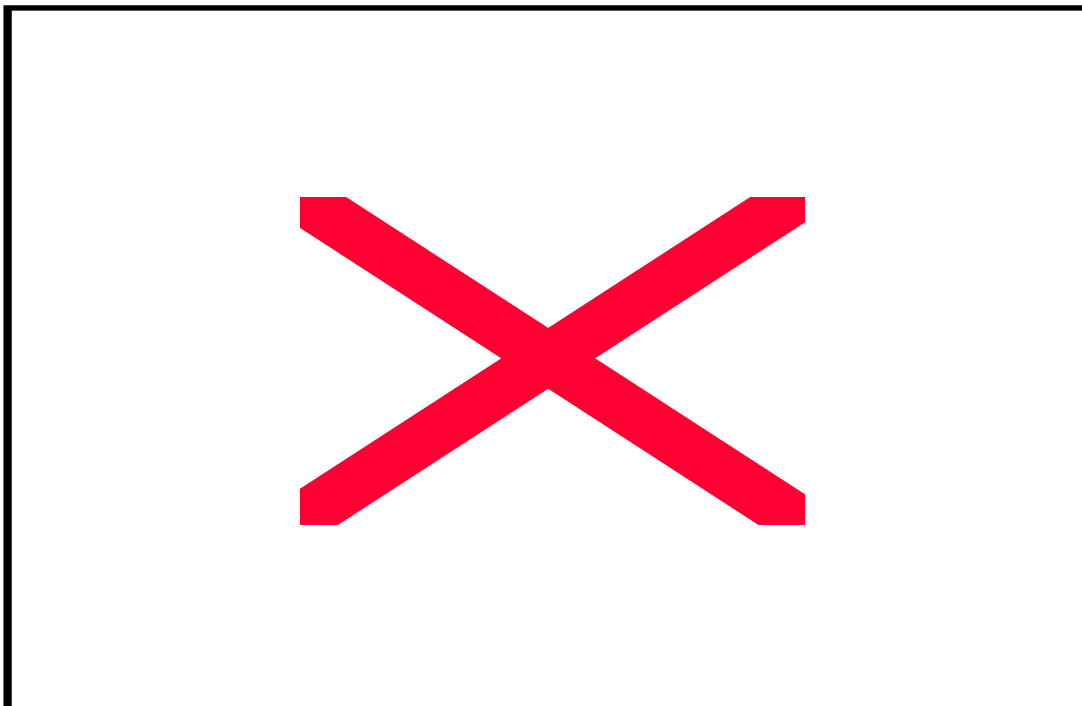


Figura 3.1 Escenarios de agua: extracciones de agua actuales y proyectadas.

Se grafican más de 25 diferentes proyecciones de extracción de agua. Los datos provienen de la Tabla 3.15. También se grafican las extracciones observadas desde 1995. Nótese que

las proyecciones más antiguas sobrestiman la demanda de agua, consistente y significativamente son más grandes que las extracciones observadas.

Clave: Diamantes: proyecciones posteriores a 1995; círculos: proyecciones hechas entre 1980 y 1995; asteriscos: proyecciones anteriores a 1980.

20.

Nikitopoulos (1962, 1967)

En la década de 1960, un hidrólogo griego realizó el cálculo global total de las extracciones de agua por sector principal para el año 2000 (Nikitopoulos, 1967). En su trabajo, tomó en consideración las necesidades de agua promedio domésticas, industriales y agrícolas con base en cálculos per cápita, y después adoptó los cálculos de población para obtener las descargas futuras proyectadas. Realizó un cálculo adicional de las necesidades básicas de agua con base en un promedio anual de uso per cápita para propósitos domésticos, industriales y agrícolas, asumiendo un nivel de vida igual al existente en los Estados Unidos. En ese estudio, el consumo doméstico se calculó en 500 litros por habitante por día (lhd), y otros 500 lhd necesarios para uso industrial. Para el uso de agua para la agricultura, el estudio considera que serían necesarios 700 metros cuadrados de tierra irrigada para el cultivo de alimentos para cada persona, con un promedio de 1000 mm/año de agua para riego necesaria además de la aportada por la lluvia; esto lleva a 700 m³/año adicionales. De esta manera, el total anual básico de uso de agua por persona en 2000 se calculó en 1,065 m³ por persona o sea un total de 6,730 km³ (Nikitopoulos, 1962).

L'vovich (1974)

En 1974, M.I.L'vovich publicó una evaluación del abastecimiento y uso global de los recursos hidráulicos, mismo que un cuarto de siglo después continúa siendo uno de los estudios más amplios y detallados que se hayan realizado (L'vovich 1974). Se consideraron hipótesis detalladas para una variedad de usos humanos hasta el año 2000, incluyendo uso del agua doméstico e industrial, demandas de agua tanto para la agricultura de riego como para la no irrigada, y las necesidades de agua para la energía hidráulica, la navegación y la pesquería. L'vovich desarrolló dos diferentes escenarios para el 2000: un escenario "sin cambios" y un escenario "de uso racional". El trabajo de L'vovich ha constituido la base de muchos de los modelos de uso global del agua que se han realizado desde entonces.

En el escenario "sin cambios", L'vovich considera que las extracciones domésticas promedio de agua per cápita se incrementarían a 400 litros por persona por día (lhd) gracias a la adopción del alcantarillado central. Considera que cada uno de los 6.3 billones de seres humanos proyectados para el 2000 usará esa cantidad, alcanzando una extracción de agua doméstica total de 930 kilómetros cúbicos. El uso de agua para consumo en este sector se estima en menos del 20 por ciento de la extracción, pero el resto se consideran aguas negras, que necesitarán grandes volúmenes de escurrimiento para su "dilución".

Para la producción de energía, L'vovich considera que el uso de agua por kilowatt/hora de electricidad producida disminuirá, a medida que la eficiencia se incremente. Para las plantas de enfriamiento de ciclo cerrado, calcula que cerca de tres litros de agua se evaporan por kw/h de electricidad generada, y niveles mucho más elevados "extraídos" para usarlos y regresarlos a la fuente. En las plantas de ciclo abierto, el uso total de agua consumida es menor, pero las extracciones totales son mayores. Suponiendo que el uso futuro para el consumo en este sector siga los patrones existentes,

L'vovich calcula que el consumo de agua para el sector energético se incrementará por un factor de 20 a 200 km³/año, en tanto que las extracciones aumentarán a 3,100 km³/año. Sin embargo, hace notar que esta cifra es inaceptable, en gran parte por las limitaciones en la temperatura de las extracciones, y revalora las necesidades de energía suponiendo un incremento en la eficiencia del uso del agua. En este caso, calcula que el consumo de agua por unidad de energía disminuirá a la mitad de su valor en la década de 1960. Las extracciones y el consumo de esta manera se incrementarían por un factor de siete entre principios de 1970 y el 2000, en tanto que el uso mundial de energía se incrementaría 17 veces. En este caso, las extracciones totales de agua para el enfriamiento de las plantas de energía serían de cerca de 1,550 km³/año, y el uso para el consumo de cerca de 100 km³/año (L'vovich, 1974, p. 305-306).

Se calculo que el “uso” total de agua industrial para el año 2000, de acuerdo con las tendencias actuales, se incrementaría por un factor de 15 entre principios de 1970 y el 2000 a 6,000 km³, en tanto que las extracciones industriales reales se proyectaban a 3,000 km³/año, lo que implicaba un factor de reutilización de 2. L'vovich es uno de los pocos analistas que toman en consideración el aspecto de la reutilización. La proyección del consumo del agua industrial para el año 2000 fue del 10 por ciento del uso total, o sea 600 km³/año. Él calcula enormes volúmenes adicionales de agua que se requieren para diluir los contaminantes industriales. Debido a los grandes volúmenes de agua que se requieren en este escenario “sin cambio”, L'vovich desarrolló un escenario de “uso racional” para el uso de agua público e industrial, en el cual no se generan aguas negras (toda el agua se recicla y se reutiliza), y todas las necesidades de abastecimiento de agua para la industria y la energía se satisfacen mediante sistemas cerrados. Esto reduce en gran medida los cálculos totales de “abastecimiento de agua”, y este es uno de los pocos ejemplos previos de escenarios alternativos.

En el escenario “sin cambio”, la proyección del agua para uso agrícola (agricultura de riego) para el año 2000 se determinó considerando un consumo per cápita anual de alimentos de 800 kg de cereales (el doble de la cantidad en la década de 1970), que proporcionarían alimentos a 6,300 millones de seres humanos, por una necesidad de producción total anual de cultivos alimenticios (equivalentes a los cereales) de aproximadamente 5,000 millones de toneladas. La agricultura de riego proporcionaría el 40 por ciento de estos cereales, o sea 2,000 millones de toneladas. Utilizando la cifra del rendimiento de cultivos en 4 toneladas por hectárea, la zona total irrigada debería de ser de 500 millones de hectáreas, de las cuales 425 se irrigarían con agua limpia y 75 con aguas negras. L'vovich considera que se requerirán 8,000 metros cúbicos de agua por hectárea para la irrigación. De esta manera, las extracciones totales de agua para irrigación serían de 4,500 km³/año, de las cuales 4,000 serían consumidas (L'vovich, p. 314). Debido a que parte de estas aguas son aguas negras enriquecidas con fertilizantes orgánicos, L'vovich corrige los cálculos de posibles incrementos en el rendimiento de cultivos en las tierras que utilizan esta agua, y hace un nuevo cálculo de las necesidades totales de agua a la baja, en 4,250 km³ de extracciones y 3,850 km³ consumidas. Estos datos son solamente para cultivos alimenticios. Si se incluyen cultivos “técnicos”, como los de fibras naturales, L'vovich calcula que las extracciones totales de agua para riego para el año 2000 serían 4,400 km³ por año, y el uso total del consumo sería de 4,000 km³ por año (L'vovich, p. 314-315).

L'vovich calcula el total de agua consumida por la agricultura de temporal considerando las necesidades de agua para el cultivo de cereales, determinando el área de

tierra sembrada para los cultivos alimenticios, y realizando proyecciones acerca de los incrementos futuros en el rendimiento del cereal por hectárea. Se calculó que los rendimientos se triplicarían y alcanzarían 1.8 toneladas por hectárea, en tanto que la producción total de cereales se considera que tendría un incremento de cuatro a cinco veces hasta 3,000 millones de toneladas. Para las proyecciones a futuro, extrapola una tendencia general de la reducción del consumo de agua por unidad de rendimiento agrícola (es decir, mayor eficiencia), pero un incremento general en el agua total utilizada para el cultivo de plantas. Suponiendo que 1,700 millones de hectáreas de tierra se siembren con cultivos alimenticios, el consumo total de agua en la tierra de temporal será de cerca de 2,500 km³/año, en lugar de la cifra actual de 1,260 km³/año. Este gasto adicional de agua provendrá en parte de las zonas áridas y en parte de las tierras con suficiente agua; de acuerdo con L'vovich, será necesario una disminución general en el escurrimiento de 700 km³ para satisfacer esta necesidad.

Otras actividades humanas, incluyendo la energía hidráulica, la navegación y la pesquería, también requerirán extracciones y uso de agua. Las pérdidas futuras por evaporación se incrementarán debido al aumento del área de las presas. L'vovich proyecta un total de 500 km³ de pérdidas por evaporación de las superficies de las presas para el año 2000, y extracciones y consumo adicionales para pesquería, ganadería y navegación. Las tablas 3.1 y 3.2 resumen las proyecciones convencionales y “de uso racional”.

Tabla 3.1
Proyección convencional de L'vovich para el año 2000 (km³/año)

	Extracciones	Consumo
Agua residencial/Potable	920	180
Ganadería	150	100
Industria energética	3,100	270
Industrial	3,000	600
Agricultura de riego ^a	4,400	4,000
Agricultura de temporal ^b	700	700
Energía hidráulica y navegación	500	500
Pesquería y pesca deportiva	175	85
Total	12,770	6,350

Fuente: L'vovich, 1974.

Nota: L'vovich incluyó muchos posibles escenarios diferentes. Este de las Tablas 29, 30 y 32 de su libro, reflejan la variante “sin cambio”

a - incluye cultivos alimenticios y fibrosos, y 450 km³ de aguas negras.

b - Se utilizan 1,240 km³ adicionales para la agricultura de temporal. Los 700 km³ anotados corresponden a la resta del escurrimiento por la expansión de agricultura de temporal, y por lo tanto se cuenta como uso humano adicional del agua en las condiciones actuales.

c - Estos números no siempre corresponden al texto de L'vovich. El lector debería consultar el texto para detalles y aclaración.

Tabla 3.2
Proyección de L’vovich de “uso racional” para el año 2000 (km³/año)

Región	Extracciones (km³/año)	Consumo (km³/año)	Descargas de aguas negras (km³/año)
Abastecimiento de agua (todo tipo)	1,500	1,050 ^a	0
Agricultura de riego	3,950	4,000 ^b	400 ^c
Agricultura de temporal ^d	700	700	0
Energía hidráulica y navegación	500	500	0
Pesquería y pesca deportiva	175	85	90
Total	6,825	6,335	490

Fuente L’vovich, 1974.

Nota: L’vovich incluyó muchos posibles escenarios diferentes. Este, de la Tabla 32 de su libro, incluye una variante más eficiente.

a - excluyendo 450 km³ de aguas negras usadas para el riego

b - incluyendo 450 km³ de aguas negras usadas para el riego

c - cierta contaminación debida a escurrimiento agrícola

d - Se usan 1,200 km³ adicionales de precipitación para agricultura de temporal. Los 700 km³ anotados aquí corresponden a la resta por el escurrimiento provocado por el escurrimiento de la agricultura de temporal.

e - estas cifras no siempre corresponden al texto de L’vovich. Esta tabla es una repetición palabra por palabra de la fuente original (p. 329), pero se sugiere a los lectores consultar el texto para detalles y aclaraciones.

Kalinin y Shiklomanov (1974) y De Mare (1976)

El trabajo de Kalinin y Shiklomanov inicialmente fue publicado en 1974 y lo describieron en ruso en De Mare 1976. Basan sus cálculos en las tendencias a partir de numerosas estadísticas e informes especiales con respecto al uso actual década de los 1970 y futuro del agua. Además del uso del agua doméstico, industrial y agrícola, calculan las pérdidas en las presas por el incremento en la evaporación. Kalinin y Shiklomanov asientan que “para una predicción confiable es necesario obtener información acerca de las tendencias y posibles cambios en el consumo específico del agua”, mismo que los autores consideran difícil tomar en cuenta o predecir. Los valores per cápita de los usos para el consumo y las extracciones se adoptan para diversas regiones y sectores como usuarios finales y se multiplican por las proyecciones de la población. Para el uso de agua industrial, consideran una norma norteamericana de 1,200 m³/h/año. El total de descargas para el 2000 se calcula en 5,970 km³. La mayor parte de sus cálculos fueron adoptados por De Mare.

Tabla 3.3
Extracciones de agua per cápita (metros cúbicos por persona por año)
para el año 2000 de acuerdo con De Mare
Proyecciones por Región y Sector

Región	<u>Doméstica</u> <u>m³/h/año</u>	<u>Industrial</u> <u>m³/h/año</u>	<u>Agrícola</u> <u>m³/h/año</u>	<u>Pérdidas de</u> <u>las presas</u> <u>m³/h/año</u>
Europa	150	400	185	10
URSS	130	500	1,310	70
Asia	75	150	5,585	25
África	50	100	400	85
Norteamérica	260	2,000	1,050	110
Sudamérica	20	200	190	35
Oceanía	110	700	750	150

Fuente: De Mare, 1976.

En 1976, De Mare (1976) realizó una evaluación del uso global del agua para el año 2000 utilizando como base varias evaluaciones existentes de los recursos hidráulicos mundiales. El propósito original del trabajo fue servir como aportación a la Conferencia del Agua de Naciones Unidas realizada en 1977 en Mar del Plata, Argentina, y el trabajo se realizó bajo contrato con Naciones Unidas en estrecha relación con el secretariado de la Federación Internacional de Institutos para Estudios Avanzados (IFIAS).

De Mare considera que no es probable que las regiones con un alto consumo “específico” (per cápita) reduzcan el uso doméstico una consideración estándar de los planificadores tradicionales. En su evaluación, la mayoría de las regiones en desarrollo alcanzarán un consumo de 200-300 litros por persona por día (lhd) para uso doméstico, y un uso superior per cápita en las regiones industrializadas. De Mare considera que el uso industrial del agua para el año 2000 también presentará variaciones, dependiendo de la región, variando de 100 a 2,000 m³ por persona por año. El valor más alto corresponde a la región industrializada de Norteamérica, que supone un incremento significativo del uso de agua real per cápita para la industria en la región. De Mare calcula que las extracciones globales para la industria serán de 1,775 km³ por año en el 2000.

Las cifras para la agricultura de Kalinin y Shiklomanov fueron adoptadas directamente por De Mare, excepto para África. Los cálculos de De Mare para la agricultura de África no están claramente explicados. Los datos sobre las pérdidas de agua de las presas también se adoptaron directamente de los de Kalinin y Shiklomanov. La Tabla 3.3 resume las extracciones de agua per cápita por región para el año 2000.

La Tabla 3.4 resume las extracciones totales de agua por región, también para el año 2000.

Tabla 3.4
Proyecciones de las extracciones de agua totales para el 2000 de De Mare

Región	Extracciones de Agua totales <u>km³/año</u>
Europa	405
URSS	640
Asia	3,140
África	520
Norteamérica	1,025
Sudamérica	290
Oceanía	60
Total	6,080

Fuente: De Mare, 1976.
Incluye pérdidas de agua de las presas.

Falkenmark y Lindh (1974)

Falkenmark y Lindh publicaron diferentes cálculos de las extracciones y consumo de agua a mediados de la década de 1970. Estos se resumen en las Tablas 3.5 y 3.6. En dos artículos de 1974, en sus cálculos se basaron en las diversas necesidades rurales y urbanas de esa fecha. Falkenmark y Lindh (1974 a, b). Con el apoyo de las proyecciones de las Naciones Unidas sobre la población rural-urbana, calcularon que las necesidades domésticas de agua serían de 400 litros por persona por día (lhd) en las áreas urbanas, y de 200 lhd en las zonas rurales. Para el cálculo de otros usos del agua, se basaron en el mismo enfoque de L'vovich, con variaciones menores. Por ejemplo, para los usos industriales, Falkenmark y Lindh basan sus cálculos en el uso del agua en esas fechas por la industria sueca – 500 m³ por persona por año. Aplicando esta cifra a la población mundial total, se necesitarían todos los recursos de agua potable del mundo para el transporte de las aguas negras, es decir, para su dilución y extracción. Por lo tanto, su alternativa consistió en suponer que el 90 por ciento de las aguas negras podrían ser recicladas, de manera que el 10 por ciento de las aguas negras más las pérdidas irrecuperables por la producción (calculadas en un 20 por ciento adicional) deberían ser sustituidas por agua potable. El uso de agua para el consumo industrial se incrementa por lo tanto en 30 por ciento del total, o sea 150 m³ por persona por año.

Para el cálculo de las necesidades de la agricultura, Falkenmark y Lindh consideraron que 12 personas podrían sostenerse con la producción agrícola de una hectárea de tierra cultivada, necesitando de 700 a 900 mm/año de agua de riego. Esto corresponde a un uso de agua por persona de 585 a 750 m³ por año para la agricultura.

Tabla 3.5
Proyecciones de Falkenmark y Lindh sobre Extracciones y Consumo
de Agua para el año 2000
(km³/año)

Región	Sin reuso de aguas negras	Con reuso de aguas negras
Europa	741	536
Asia	4,826	3,465
URSS	430	312
Africa	1,044	742
Norteamérica	437	317
Sudamérica	859	616
Australia/Oceanía	46	33
Total	8,380	6,028

Fuente: Falkenmark y Lindh, 1974.
 No incluye pérdidas específicas de las presas.

Tabla 3.6
Proyecciones de Falkenmark y Lindh sobre extracciones de agua
para el año 2015
(WRI 1990)

Sector	Extracciones para 2015 (sin reutilización industrial) km ³ /año	Extracciones para 2015 (90% de reutilización industrial) km ³ /año
Doméstico	890	890
Industrial	4,100	1,145
Agrícola	5,850	5,850
Total	10,840	7,885

Fuente: Falkenmark y Lindh, 1974 a y b.
 No incluye pérdidas específicas de agua de las presas.

Para el año 2000, las proyecciones de extracción de agua se proyectaron entre 6,000 y 8,400 km³/año (Véase Tabla 3.5). El valor bajo incluye reuso de aguas negras. Para 2015, las extracciones, pensado con 90 por ciento de reuso industrial, fueron proyectadas hasta alcanzar 8,000 km³/año.

La Tabla 3.6 muestra las proyecciones sectoriales de Falkenmark y Lindh. Ambos conjuntos de estimaciones incluyen las pérdidas de agua por evaporación de los reservorios.

World Resources Institute (1990) y Belyaev (1990)

Las proyecciones para el año 2000 sobre extracciones, consumo y desperdicio de las aguas de retorno están resumidas en uno de los informes anuales del World Resources Institute (WRI 1990, pp. 167-13, Tabla 8). De los 3,500 km³ extraídos para uso humano cada año en 1990, cerca de 2,100 km³ se utilizan para consumo. Los restantes 1,400 km³ se devuelven a los ríos y lagos. En la proyección del WRI, se espera que las extracciones globales se incrementen de dos a tres por ciento anualmente hasta el año 2000. Los datos básicos y las proyecciones sobre el uso del agua para el 2000 se desarrollaron por región y sector por un equipo de hidrólogos soviéticos (dirigidos por A.V. Belyaev) y a partir de una ponencia en una conferencia de Naciones Unidas por Asit Biswas. La Tabla 3.7 resume los cálculos del WRI. En la fuente del WRI se ofrecen pocos detalles acerca de los antecedentes.

Tabla 3.7
Proyecciones del World Resources Institute sobre
extracciones y uso consuntivo para el año 2000
(WRI 1990)

Región	Extracciones (km³/año)	Uso Consuntivo (km³/año)
Europa	404	158
Asia	2,160	1,433
URSS	533	286
Africa	289	201
Norteamérica	946	434
Sudamérica	293	165
Oceanía	35	22.5
Total	4,660	2,700

Fuente: De la Tabla 10.3, WRI, 1990.

El cálculo de Belyaev de la Academia de Ciencias de la URSS, Instituto de Geografía en Moscú (descrito en el WRI 1990), también proporciona un análisis de las extracciones de agua y el consumo para el 2000. Se realizaron proyecciones para los sectores de irrigación, doméstico y municipal. Se proporciona una escala para el sector industrial. Los valores resumidos en la Tabla 3.8 consisten en las sumas de los cálculos sectoriales

Tabla 3.8
Proyecciones de Belyaev para extracciones y
Consumo para el año 2000

Región	Extracciones (km ³ /año)	Consumo (km ³ /año)
Europa	381-481	143-148
Asia	2,020-2,040	1,315-1,320
Africa	220-225	133-138
Norteamérica	840-850	332-342
Sudamérica	230-240	110-120
Oceanía y Australia	28.5-29	17
URSS	475-485	235-240
Total (en números enteros)	4,195-4,350	2,28-2,320

Fuente: Belyaev, 1990.

Shiklomanov (1993 y 1998)

En 1987, Shiklomanov y Markova (del Instituto Estatal de Hidrología en San Petersburgo – entonces Leningrado) publicaron una serie de cálculos de los usos de recursos hidráulicos actuales y proyectados por región y sector (ver Shiklomanov 1993 para una versión en inglés de este trabajo). El uso del agua se detalla para los sectores agrícola, industrial y municipal, y para las pérdidas de agua por evaporación de la presa. Tanto las extracciones como el consumo se calcularon para los años 1990 y 2000. Shiklomanov utilizó los factores de población y económicos como variables, y llevó a cabo evaluaciones detalladas para muchas regiones del mundo, en donde se agregaron a la escala continental. Para algunas regiones, el mejoramiento en la eficiencia del uso del agua está implícito al considerar que el uso del agua continuará a las tasas actuales (una disminución del uso del agua per cápita) más que una tendencia de incrementos continuos per cápita.

Se proyectan, para todas las áreas, los incrementos en los requerimientos de agua por encima de los niveles de 1980, siendo Sudamérica y Africa las que presentan los mayores incrementos. Considera que son posibles las disminuciones en el uso para el consumo general, debido al mejoramiento en la reutilización de agua para la industria. Se proyecta que las extracciones agrícolas disminuirán como una fracción de las extracciones totales de agua, a medida que las extracciones de agua para la industria se incrementan a una tasa más rápida. Las pérdidas por evaporación de las presas superan los usos para el consumo industrial y municipal, pero permanecen muy por debajo de los usos para la agricultura. La Tabla 3.9 muestra sus proyecciones para las extracciones y el consumo por región.

Shiklomanov y el grupo de rusos han seguido afinando sus evaluaciones, y produjeron un análisis total en 1998 como parte de la Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World preparada por la Comisión sobre Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas. Este nuevo trabajo (ver Tabla 3.10) reduce considerablemente las proyecciones anteriores, de tal modo que sus cálculos para el 2025 en cuanto a extracciones y consumo están por debajo de sus cálculos previos para el año 2000 (Shiklomanov 1998).

Tabla 3.9
Dos proyecciones diferentes del Instituto Estatal de Hidrología
de extracciones y consumo para el año 2000

Región	Extracciones para el 2000 (km³/año)	Consumo para el 2000 (km³/año)
Europa	444	109
Asia	3,140	2,020
Africa	314	211
Norteamérica	796	302
Sudamérica	216	116
Oceanía y Australia	47	22
URSS	229	113
Total	5,186	2,893

Fuente: Shiklomanov y Markova 1987

Nota: Incluye cerca de 210 kilómetros cúbicos por pérdidas de las presas.

Tabla 3.10
Proyecciones de extracciones y consumo de Shiklomanov.
Para los años 2000, 2010 y 2025

Continentes	Cálculos Históricos del Uso						Uso Proyectado				
	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
Europa											
Extracciones	37.5	7.1	93.8	185	294	445	491	511	534	578	619
Uso consuntivo	17.6	29.8	38.4	53.9	81.8	158	183	187	191	202	217
Norteamérica											
Extracciones	70	221	286	410	555	677	652	685	705	744	786
Uso consuntivo	29.2	83.8	104	138	181	221	221	238	243	255	269
Africa											
Extracciones	41.0	49.0	56.0	86.0	116	168	199	215	230	270	331
Uso consuntivo	34.0	39.0	44.0	66.0	88.0	129	151	160	169	190	216
Asia											
Extracciones	414	689	860	1222	1499	1784	2067	2157	2245	2483	3104
Uso consuntivo	322	528	654	932	1116	1324	1529	1565	1603	1721	1971
Sudamérica											
Extracciones	15.2	27.7	59.4	68.5	85.2	111	152	166	180	213	257
Uso consuntivo	11.3	20.6	41.7	44.4	57.8	71.0	91.4	97.7	104	112	122
Australia y Oceanía											
Extracciones	1.6	6.8	10.3	17.4	23.3	29.4	28.5	30.5	32.6	35.6	39.6
Uso consuntivo	0.6	3.4	5.1	9.0	11.9	14.6	16.4	17.6	18.9	21	23.1
Total (redondeado)											
Extracciones	579	1065	1366	1989	2573	3214	3590	3765	3927	4324	5137
Uso consuntivo	415	704	887	1243	1536	1918	2192	2265	2329	2501	2818

Fuente: Shiklomanov, 1998.

Nota: Incluye cerca de 270 kilómetros cúbicos de pérdida de agua de las presas para el 2025

Tabla 3.11
Dinámica de Extracciones y Consumos de Agua de Consumo de Shiklomanov
Para los años 2000, 2010 y 2025

Sector	Consignado								Pronosticado		
	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
Población (Millones de habitantes)			2,542	3,029	3,603	4,410	5,285	5,735	6,181	7,113	7,877
Superficie irrigada (Millones de hectáreas)	47.3	75.9	101	142	169	198	243	253	264	288	329
Uso Agrícola (km ³ /año)											
Extracción	525	897	1,122	1,544	1,821	2,173	2,408	2,488	2,560	2,737	3,097
Uso Consuntivo	406	681	849	1,170	1,392	1,688	1,895	1,939	1,970	2,093	2,331
Uso Industrial (km ³ /año)											
Extracción	37.8	127	181	333	546	699	691	732	768	884	1,121
Uso Consuntivo	3.36	9.49	14.4	23.8	36.9	59.0	73.7	79.4	84.6	103	133
Uso Municipal (km ³ /año)											
Extracción	16	36.8	53.1	83.5	130	207	322	357	389	468	649
Uso Consuntivo	4.17	9.04	13.9	20.1	30.8	41.8	54.1	58.9	64.4	70.5	84.0
Reservorios (km ³ /año)											
Uso Consuntivo	0.3	3.7	10.1	29.2	76.2	129	169	188	210	235	270
Total (redondeado) (km³/año)											
Extracción	579	1,065	1,366	1,989	2,573	3,214	3,590	3,765	3,927	4,324	5,137
Uso Consuntivo	415	704	887	1,243	1,536	1,918	2,192	2,265	2,329	2,501	2,818

Fuente: Shiklomanov, 1998.

Gleick (1997)

Utilizando un enfoque desagregado de “uso final” en lugar de las proyecciones tradicionales de abastecimiento/demanda, Gleick desarrolló un pronóstico sustentable para el año 2025. Los modelos incluyen el uso del agua en el futuro por región y sector basados en una serie de criterios y límites con sustentabilidad explícita. En este escenario de “Visión”, el uso total del agua doméstica en 2025 se calcula tomando en cuenta dos hipótesis: (1) toda la población mundial tiene acceso a un “requerimiento básico de agua” (ver Gleick 1996) de cuando menos 50 litros por persona por día para satisfacer sus necesidades básicas; y (2) las regiones que utilizan más de esa cantidad en 1990 implementan mejoramientos en la eficiencia del uso del agua para reducir el uso doméstico de agua per cápita hacia el nivel que actualmente usan las naciones más eficientes de Europa Occidental – alrededor de 300 lhd. El resultado neto es que las necesidades totales de agua doméstica para el 2025 no son significativamente diferentes de los cálculos actuales – aproximadamente 340 kilómetros cúbicos por año. La distribución general de ese uso del agua es más equitativa que la actual.

Para el sector agrícola, las proyecciones de Gleick también se basan en necesidades humanas específicas: las hipótesis sobre las necesidades dietéticas en cada región y los requerimientos de agua para producir calorías de tipos de alimentos específicos. Los modelos incluyen reducciones en el consumo per cápita de carne en Europa y Norteamérica combinadas con aumentos en el consumo de calorías en el mundo en desarrollo. En el

escenario agrícola, se supone que todas las regiones alcanzarán un mínimo de 2,500 calorías por persona por día para el año 2025, y aquellas regiones que actualmente consumen más de 3,000 calorías por persona por día experimentarán cambios dietéticos que reducirán el consumo diario hacia el nivel de 2,500 calorías. Para satisfacer esas necesidades se requerirá no solamente metas de producción, sino políticas para mercados abiertos de alimentos y transferencias.

Sin embargo, son más dramáticas las reducciones proyectadas en agua necesarias para cultivar esas dietas. Estas reducciones son el resultado de cambios en los componentes del uso intensivo del agua de esas dietas, especialmente de las carnes. Una dieta de Norteamérica que actualmente requiere más de 5,000 litros por persona por día puede reducirse a menos de 3,500 lhd, cifra aún superior a la de cualquier otra dieta, pero que sin embargo representa considerables ahorros en agua. Se desarrollan reducciones similares para cada región. Se incluyen hipótesis adicionales acerca de cambios en la eficiencia de la irrigación, intensidades de los cultivos, y área irrigada.

Aún considerando estas hipótesis, el escenario de Visión de Gleick proyecta que los requerimientos generales para la irrigación aumentarán significativamente entre ahora y el 2025. Esto parece ser un resultado inevitable del incremento anticipado de la población. Sin embargo, los aumentos que se presenten podrían estar lejos de los anticipados por los escenarios de desarrollo convencionales. En el 2025, este enfoque proyecta un consumo de agua para la agricultura de 2,930 km³/año.

Gleick también argumenta que las demandas futuras de agua industrial y comercial podrían ser significativamente diferentes de las actuales, debido a los cambios en las tecnologías de la energía, los aumentos en la eficiencia del uso del agua, y a un cambio en el modelo industrial. Al mismo tiempo, un incremento en el uso de agua reciclada podría reducir aún más las extracciones industriales totales. A medida que las naciones en desarrollo se industrializan, tienen la posibilidad de tener acceso directamente a tecnologías más eficientes. La oportunidad de evitar ciertos estilos de desarrollo permitiría a muchas naciones pasar directamente a industrias y sistemas de energía que consumen menos agua. Ambas tendencias también pueden observarse en el escenario desarrollado por Raskin et al. (1997).

Para realizar su estudio, Gleick supone que habrá grandes reducciones en la demanda de agua industrial en las naciones industrializadas (debido a incrementos en la eficiencia del uso del agua y a cambios en la estructura industrial) y un incremento en el mínimo del uso del agua industrial en los países en desarrollo. El uso del agua urbana en los países en desarrollo se supone que se incrementará cuando menos a 100 metros cúbicos por persona por año – un nivel descrito por Shuval (1994) como los mínimos niveles adecuados para una nación industrializada moderadamente eficiente. Para el 2025, en el escenario de Gleick, las extracciones totales de agua industrial permanecen prácticamente iguales que en 1990, alrededor de 1,000 km³/año, pero la distribución per cápita del uso de agua industrial es mucho más equitativa que actualmente. El uso per cápita del agua industrial en casi todas las regiones desarrolladas ha disminuido – más notablemente en Norteamérica y Europa, y ha aumentado en Asia, Africa y América Latina tanto en el nivel per cápita como absoluto. A pesar de los mejoramientos descritos en esta proyección, la eficiencia del uso del agua industrial en la mayoría de los países desarrollados no ha alcanzado el nivel de Japón o el de California a principios de 1990, medido tanto por el uso per cápita del agua industrial como por la productividad industrial por unidad de agua utilizada. Estas medidas sugieren que podrían lograrse aún mejoramientos sin poner en peligro la producción industrial.

Las extracciones totales de agua para el 2025, que se presentan en la tabla 3.11, serán aproximadamente de 4,500 km³ en el 2025, de acuerdo con este escenario.

Tabla 3.12
Proyecciones sobre extracciones de agua para el año 2025
según el proyecto “Visión” de Gleick

Sector Hidráulico	Extracciones Km ³ /año
Agricultura	2,930
Industrial	1,000
Doméstico	340
Total	4,270

Fuente: Gleick, 1997.

Gleick calcula que 225 km³/año se perderán debido a la evaporación de las presas.

Raskin et al (1997, 1998)

Raskin junto con un grupo de investigadores del Stockholm Environment Institute/Tellus Institute en Boston, desarrollaron una serie de escenarios del uso futuro del agua, en un intento para explorar las condiciones futuras – escenarios “qué pasaría si” (Raskin et al. 1995, 1997). Utilizando un modelo de computadora desarrollada para proyectar demandas del recurso bajo diferentes condiciones socioeconómicas, evaluaron por separado las posibles extracciones de los sectores agrícola, industrial y doméstico, y de diversas regiones del mundo. Los principales conductores de estos escenarios son las proyecciones demográficas y macroeconómicas, junto con cálculos de la “intensidad” del agua, definida como el uso de agua por persona o por unidad de producción económica. Para algunas regiones y sectores, los escenarios se desarrollaron cuando las intensidades del agua proyectaban un decremento, reflejando una mejora en la eficiencia del uso del agua. Estas intensidades se combinan con los cálculos sobre la población futura y el Producto Interno Bruto. Los cálculos iniciales se realizaron para el 2025 y el 2050, como un escenario de “Referencia” (en que nada cambia), y un escenario de “Reforma Política” diseñado para satisfacer metas de sustentabilidad específicas.

Para el sector doméstico, se calcula que la intensidad del agua en Norteamérica disminuirá hasta el nivel de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). En general, esto lleva a incrementos significativos en las extracciones domésticas totales. Se realizan hipótesis similares para el sector industrial, en donde las intensidades del agua en los países desarrollados como Estados Unidos comienzan a decrecer a medida que las industrias de uso intensivo del agua son sustituidas por industrias de bajo uso del agua, y a medida que se mejora la eficiencia en el uso del agua. Se considera que estas tendencias continuarán, pero están empantanadas por grandes incrementos en el uso total de agua industrial en los países desarrollados, mismos que se elevarán significativamente debido al crecimiento del desarrollo económico y de las poblaciones.

Las proyecciones del uso del agua para la agricultura se llevan a cabo de manera diferente en el trabajo de Raskin et al que en los escenarios más convencionales, que

simplemente hacen hipótesis sobre la tierra y los requerimientos de agua por persona, o bien utilizan hipótesis muy generales acerca de las necesidades de agua por tonelada de producto agrícola. Estos escenarios incluyen detalles más puntuales sobre las intensidades de agua para el riego, los rendimientos de cultivos, las intensidades de cultivos y las tendencias hacia la mejora en la eficiencia de la irrigación (Leach 1995, Raskin et al. 1998). Con la combinación de sus diversas hipótesis regionales con las proyecciones de la población, Raskin et al (1997), muestran que la tierra irrigada en el mundo crecerá un 0.3 por ciento anualmente entre 1990 y 2025, habrá un incremento en la eficiencia de la irrigación del ocho por ciento en este período, y un incremento en las intensidades de cultivos. En general, los escenarios para 1997 reportan que las extracciones totales de agua potable en un escenario de “medio nivel” aumentarán a 5,000 km³ para el 2025, de la base calculada en 1990 de 3,700 km³. Sus escenarios de “bajo nivel” y de “alto nivel” para el 2025 son 4,500 km³ y 5,500 km³ respectivamente. No se incluyen pérdidas de agua de las presas.

Los escenarios de 1998 tienen extracciones totales más bajas, pero empiezan con un uso del agua con una base más baja en 1990, dificultando hacer comparaciones directas con otros estudios.

Alcamo et al (1997)

El Center for Environmental Systems Research de la Universidad de Kassel, Alemania, desarrolló un modelo global hidráulico, WaterGAP (Water – Global Assessment and Prognosis), y evaluó el uso y la disponibilidad del agua para casi toda la superficie de la Tierra. La Versión 1.0 de este modelo, escrito en Alcamo et al. (1997) trabaja sobre la base de las cuencas, y toma en consideración los factores socioeconómicos que afectan el escurrimiento superficial y la recarga subterránea. Los cálculos se realizan en una escala de cuadrícula de 0.5 grados de longitud y latitud, y agregada a la escala de la cuenca y al país. Se desarrollan tres diferentes escenarios – casos de uso de agua bajo, medio y alto. El uso de agua doméstica de un país se calcula multiplicando la población por una estimación del uso de agua per cápita. El uso de agua industrial se calcula multiplicando el PIB industrial por la intensidad de agua (uso de agua por unidad del PIB). El uso de agua per cápita y las estimaciones de la intensidad del agua para los escenarios medio y bajo suponen diferentes niveles de mejoramiento en la eficiencia del uso del agua como una función de insumo. El uso de agua para la agricultura en WaterGAP se divide en los requerimientos de agua para el ganado y los requerimientos de agua para la irrigación. El uso del agua para el ganado se presume que sólo varía con la población del ganado; el uso de agua por cabeza de ganado se estima a los mismos niveles de 1995. Los cálculos para el agua de irrigación se desarrollan multiplicando el uso de agua por hectárea por el cálculo del área irrigada. El uso de agua por hectárea está en función del clima, de la intensidad del cultivo y de la eficiencia en el uso del agua. Estos factores varían en los escenarios bajo, medio y alto. La Tabla 12 muestra los cálculos del uso de agua global para el escenario medio, además del detalle del uso de agua por sector. En la fuente original se presentan datos regionales adicionales.

Tabla 3.13
Proyecciones del uso de agua global por sector según Alcamo et al.
Escenario medio para 1995, 2025 y 2075 (kilómetros cúbicos por año)

	Total	Agrícola	Doméstico	Industrial
Cálculo para 1995	3,046	2,022	296	728
Medio para 2025	4,580	1,724	621	2,235
Medio para 2075	9,496	1,826	1,290	6,380

Fuente: Alcamo et al., (1997).

Nota: No incluye pérdidas de agua de las presas.

Seckler et al. (1998)

El International Water Management Institute (IWMI) realizó un estudio a mediados de 1998, con la evaluación de la demanda y abastecimiento de agua en el mundo para el año 2025 bajo diferentes escenarios. El IWMI creó un modelo de simulación basado en una estructura conceptual y metodológica que mezcla diversas estrategias de las evaluaciones anteriores. Incluye un submodelo para el sector irrigación que describe como más completo que cualquiera que se haya utilizado con anterioridad (Seckler et al. 1998). Se desarrollan dos escenarios alternativos, con diferentes hipótesis acerca de la productividad del uso de agua para la agricultura: el primero es un escenario “sin cambios”; el segundo supone un alto grado de efectividad en el uso del agua para la irrigación.

Las proyecciones se realizan para tres sectores: uso del agua para la irrigación agrícola, uso doméstico y uso industrial (ver Tabla 3.14). La irrigación es una función del área irrigada, de las extracciones de agua por hectárea de agua irrigada, de las tasas de evapotranspiración para diferentes países y temporadas, y de la efectividad de la irrigación. Se desarrollan dos escenarios separados para la irrigación. En ambos, se estima que el área irrigada per cápita será la misma que en 1990. Por lo tanto, las diferencias en el uso del agua para los dos escenarios dependen exclusivamente de las estimaciones sobre el cambio en las eficiencias de la irrigación a partir de las presas, de acuerdo con los autores. En el escenario “sin cambios”, se estima que la efectividad de la irrigación en el 2025 será la misma que en 1990, de modo que las futuras extracciones para la irrigación se determinan simplemente multiplicando las extracciones para la irrigación en 1990 por los incrementos en la población. El segundo escenario estima que la mayoría de los países lograrán una efectividad de la irrigación del 70 por ciento, con algunas diferencias para determinados países.

Seckler et al. advierten las hipótesis del agua doméstica en el trabajo de Gleick “requerimientos básicos de agua” (1996) y duplican el uso de agua doméstica en países que se indica están utilizando menos de 10 metros cúbicos por persona anualmente. Subrayan su preocupación sobre la calidad de los datos sobre las extracciones domésticas per cápita en algunos países, preocupación también mostrada por Gleick (1996). Para los países que utilizan más de 10 metros cúbicos por persona anualmente, Seckler et al. proyectan la demanda para el 2025 sobre la base de una relación entre el PIB per cápita y las extracciones per cápita, proporcionadas por Mark Rosegrant del International Food Policy Research Institute, modificadas para algunas diferencias regionales. Los usos doméstico e

industrial son superados en los países con un alto PIB en el nivel de 1990. Las extracciones totales para 2025 se incrementan 45 por ciento por encima de los valores de 1990, un incremento menor que el aumento de la población porque los incrementos per cápita en los países con bajo uso de agua se compensan por las disminuciones en el uso de agua per cápita de los países con elevado uso del agua. Es importante notar que el cálculo de uso del agua tomando como base 1990 de Seckler et al. es mucho menor que el de otros analistas, dando como resultado una reducción significativa en su cálculo del uso futuro del agua cuando se compara con otras proyecciones. Estiman que el uso del agua en 1990 es de 2,900 km³; el cálculo de uso de agua en 1990 según Raskin et al. es de 3,700 km³; y Shiklomanov (1998) lo calcula en 3,950 km³.

Tabla 3.14
Proyecciones del uso del agua por sector según Seckler et al.
Escenarios “sin cambio” y de alta eficiencia en irrigación (kilómetros cúbicos)

	Total	Agrícola	Doméstico e Industrial
Cálculo para 1990	2,907	2,084	823
“Sin cambio” para 2025	4,569	3,376	1,193
Alta eficiencia en Irrigación para 2025	3,625	2,432	1,193

Fuente: Seckler et al., 1998.

Nota: No incluye pérdidas de agua de las presas

Análisis y Conclusiones

Durante el último cuarto del siglo 20 se han preparado muchos escenarios convencionales sobre el desarrollo del agua. Cuando se analizan los diversos estudios que se han realizado durante las últimas décadas, se pueden observar dos tendencias dignas de atención. Primera, las proyecciones iniciales sobrestimaban en gran medida la magnitud de las demandas futuras debido al enfoque básico de extrapolar las tendencias existentes. Segunda, los métodos y herramientas utilizadas para las proyecciones y los análisis de los escenarios se han vuelto cada vez más finos, permitiendo una gama más amplia de escenarios exploratorios, así como una mejor comprensión de los factores que impulsan los cambios en las demandas de agua.

Las proyecciones revisadas anteriormente se presentan en forma gráfica en la Tabla 3.15 y en la Figura 3.1. Esta figura también muestra las extracciones reales a lo largo del tiempo hasta 1995. Como bien lo muestran estos datos, las proyecciones iniciales sobrestimaban las demandas futuras de agua suponiendo que el uso continuaría incrementándose a, o por encima de las tasas de crecimiento históricas. Las extracciones globales reales para mediados de la década de 1990 sólo fueron la mitad de lo que se esperaba 30 años atrás. Las razones de este comportamiento son diversas, y van desde la imposibilidad para enfrentar las necesidades de agua en muchas partes del mundo hasta las grandes mejoras en la eficiencia con la que se usa el agua en todos los sectores. Pero la naturaleza borrosa de nuestras bolas de cristal subraya la importancia de desarrollar mejores métodos para realizar las proyecciones sobre las necesidades futuras.

Estos métodos comienzan a aparecer, a medida que se desarrollan modelos de computadoras que van aparejados con la velocidad de los trabajos, y también a medida que se recopilan y se ponen a disponibilidad mejores datos sobre el uso del agua. Sin embargo, la lección más importante que se deriva de las experiencias pasadas con las proyecciones sobre el agua consiste en que siempre deberán ser consideradas como futuros posibles, no como predicciones, y que los planeadores hidráulicos deberán usarlas como herramientas para evaluar los riesgos y beneficios de políticas hidráulicas alternativas, y no como camisas de fuerza que limitan nuestra capacidad para responder a las incertidumbres y a sorpresas futuras. Como lo dice el proverbio: visualizar el futuro es bueno, pero prepararse para él es mejor aún.

Tabla 3.15
Resumen de los diversos Pronósticos sobre el Agua Global

Autor	Año de Publicación	Año del Pronóstico	Extracciones (km³/año)
Nikitopoulos	1967	2000	6,730
L'vovich "RationalUse"	1974	2000	6,325 ^a
L'vovich "Conventional"	1974	2000	12,270 ^a
Kalinin and Shiklomanov	1974	2000	5,970
Falkenmark and Lindh	1974a,b	2000	6,030
Falkenmark and Lindh	1974a,b	2000	8,380
Falkenmark and Lindh	1974a,b	2015	10,840
Falkenmark and Lindh	1974a,b	2015	7,885
De Mare	1976	2000	5,605 ^a
Belyaev	1990	2000	4,350
World Resources Institute	1990	2000	4,660
Shiklomanov and Markova	1987	2000	4,976 ^a
Shiklomanov	1998	2000	3,717 ^a
Shiklomanov	1998	2010	4,089 ^a
Shiklomanov	1998	2025	4,867 ^a
Raskin et al. "Low"	1997	2025	4,500
Raskin et al. "Mid"	1997	2025	5,000
Raskin et al. "High"	1997	2025	5,500
Gleick "Sustainable Vision"	1997	2025	4,270 ^a
Alcamo et al. "Medium 2025"	1997	2025	4,580
Alcamo et al. "Medium 2075"	1997	2075	9,496
Raskin et al. "Reference 2025"	1998	2025	5,044
Raskin et al. "Reference 2050"	1998	2050	6,081
Raskin et al. "Policy Reform 2025"	1998	2025	4,054
Raskin et al. "Policy Reform 2050"	1998	2050	3,899
Seckler et al. "Business as Usual"	1998	2025	4,569
Seckler et al. "High Irrigation Efficiency"	1998	2025	3,625

Notas:

Extracciones para 1990 (calculadas por Shiklomanov 1993), 4,130 km³.

Extracciones para 1990 (calculadas por Shiklomanov 1998), 3,590 km³.

En donde ha sido posible, no se han incluido las pérdidas por evaporación de las presas para que las comparaciones sean consistentes.

Fuentes: Consulte las referencias para las citas completas y para las hipótesis específicas en las que se basa cada proyección.

Referencias

- Alcamo, J.P., Döll, F., Kaspar, S., Siebert, S. 1997. "Global change and global scenarios of water use and availability: An application of WaterGAP 1.0." Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung, Universität Gesamthochschule Kassel, Germany.
- Belyaev, A. V. 1990. Cited in *World Resources 1990-1991*, pp. 165-178. Washington, D.C., Oxford University Press, New York.
- Bigwas, A.K. 1978. *United Nations Water Conference: Summary and Main Documents*, Vol. 2 Pergamon Press, Oxford, U.K.
- California Department of Water Resources (CDWR). 1998. *The California Water Plan Update*. Bulletin 160-98, Sacramento, California.
- DeMare, L. 1976. "Resources-Needs-Problems: An assessment of the world water situation by 2000." Institute of Technology/University of Lund, Sweden.
- Falkenmark, M., and G. Lindh. 1974a. "How can we cope with the water resources situation by the year 2050?" *Ambio*, Vol.3, Nos. 3-4, pp.114-122.
- Falkenmark, M., and G. Lindh. 1974b. "Impact of water resources on population." Swedish contribution to the UN World Population Conference, Bucharest.
- Gleick, P.H. 1996. "Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs." *Water International*, Vol. 21, pp. 83-92 (June).
- Gleick, P.H. 1997. *Water 2050: Moving Toward a Sustainable Vision for the Earth's Fresh Water*. Working Paper of the Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, California. Prepared for the Comprehensive Freshwater Assessment for the United Nations General Assembly and the Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden (February).
- Kalinin, G.P., and I.A. Shiklomanov. 1974. "USSR: World water balance and water resources of the earth," USSR National Committee for IHD, Leningrad (in Russian).
- Leach, G. 1995. *Global Land and Food in the 21st Century: Trends and Issues for Sustainability*. Polestar Series Report No. 5. Stockholm Environment Institute. Boston, Massachusetts.
- L'vovich, M.I. 1974. *World Water Resources and Their Future*. 1979 English translation, Raymond Nace (ed.). American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Nikitopoulos, B. 1962. "The influence of water on the distribution of the future earth's population." Athens Technological Organization/Center for Ekistics, RR-ACE: 125 (COF) (October 7).
- Nikitopoulos, B. 1967. "The world water problem-water sources and water needs." Athens Technological Organization/Center for Ekistics, RR-ACE: 106 and 113 (COF).
- Raskin, P., G. Gallopin, P. Gutman, A. Hammond, and R. Swart. 1998. *Bending the Curve: Toward Global Sustainability*. Polestar Series Report No. 8. Stockholm Environment Institute. Boston, Massachusetts.
- Raskin, P., P. Gleick, P. Kirshen, G. Pontius, K. Strzepek. 1997. *Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems*. Background Document for Chapter 3 of the Comprehensive assessment of the Freshwater Resources of the World. Stockholm Environment Institute, Boston, Massachusetts.
- Raskin, P., E. Hansen, R. Margolis. 1995. *Water and Sustainability: A Global Outlook*. Polestar Series Report No. 4. Stockholm Environment Institute, Boston, Massachusetts.

- Schwartz, P. 1991. *The Art of the Long View*. Currency/Doubleday Press, New York.
- Seckler, D., U. Amarasinghe, D. Molden, R. de Silva, and R. Barker. 1998. "World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues." Research Report 19, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Shiklomanov, I.A. 1993. "World fresh water resources." In P.H. Gleick (ed.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York, pp.13-24.
- Shiklomanov, I.A. 1998. "Assessment of water resources and water availability in the world." Report for the Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, United Nations. Data archive on CD-ROM from the State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia.
- Shiklomanov, I. A., and O.A. Markova. 1987. *Specific Water Availability and River Runoff Transfers in the World*. Gidrometeoizdat, Leningrad (in Russian).
- Shuval, H. 1994. "Proposed principles and methodology for the equitable allocation of water resources shared by the Israelis, Palestinians, Jordanians, Lebanese, and Syrians." In J. Isaac and H. Shuval (eds.), *Water and Peace in the Middle East*. Elsevier, Amsterdam, pp. 481-495.
- United Nations. 1974. *Concise Report on the World Populations Situation in 1970-75 and Its Long Range Implications*. Dept. of Economic and Social Affairs. ST/ESA/SER.A/56, New York.
- World Resources Institute. 1990. *World Resources 1990-1991*. Oxford University Press, New York.