

EVALUACION Y GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN EGIPTO EN CONDICIONES EXTREMAS

Por M. ABU-ZEID* Y K. HEFNY**

Introducción

En vista del rápido crecimiento de la población, del progreso tecnológico, de la mejora general en las condiciones de vida y del aumento correspondiente de la demanda de agua, deben protegerse, conservarse y utilizarse eficazmente los recursos hídricos disponibles tanto en lo referente a la cantidad como a la calidad.

Hay dos dudas sobre la futura disponibilidad de agua en Egipto, que necesitan una atención adecuada; son la fiabilidad del régimen fluvial del Nilo —en base al cual se diseñó la Presa del Alto Asuán (PAA)— y su carácter internacional. No hay ninguna garantía de que, en el futuro, el río conserve la misma configuración del régimen que en el pasado. Los bajos caudales observados últimamente han llevado a algunos científicos a reinterpretar la historia climática reciente. Han sugerido que el caudal del río durante el periodo posterior a 1970 es similar al de las condiciones de mayor sequía que prevalecieron en el sur de la cuenca durante la primera parte del siglo XIX y, probablemente, mucho antes de ello. Además, el tema del cambio climático potencial debido al calentamiento mundial y sus impactos sobre la agricultura egipcia y el Nilo son factores básicamente desconocidos en el momento actual. En consecuencia, será un proceso cada vez más complicado la gestión del agua en Egipto. El carácter internacional del Nilo, cuya cuenca comparten nueve países, hace más compleja su gestión racional.

Respecto al agua para la producción agrícola hasta el año 2000, parece probable que las nuevas fuentes de agua para Egipto sean el tratamiento de aguas residuales y las de drenaje agrícola. Ambas fuentes implican

problemas higiénicos y medioambientales y, por lo tanto, si se quieren usar adecuadamente, es completamente esencial un sistema funcional de vigilancia.

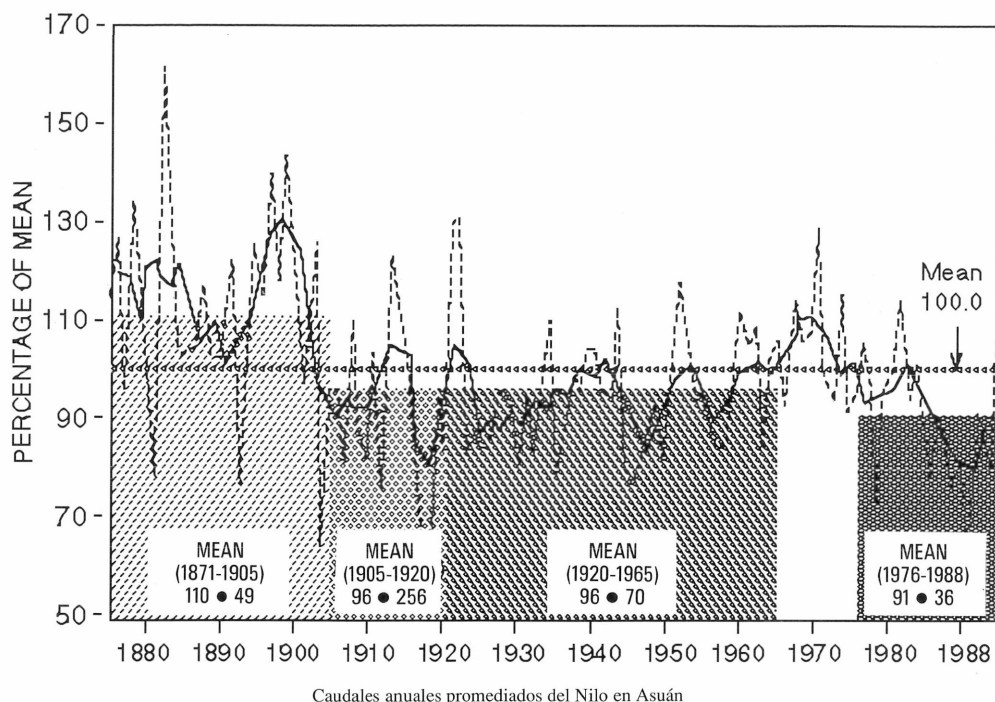
El desarrollo de los acuíferos para usos agrícolas y domésticos es prioritario para la mejora de la producción agrícola del país. Los acuíferos del valle y del delta del Nilo se están rellenando continuamente por el agua procedente del sistema de irrigación del área del Nilo. Las aguas superficiales y subterráneas deben ser evaluadas conjuntamente. Se puede usar el acuífero del valle del Nilo como almacenamiento anual a largo plazo para aliviar los efectos de los bajos caudales de entrada en el embalse de la PAA, así como para depósito estacional. Se ha considerado el uso y gestión conjunta del embalse de la PAA y de la reserva subterránea aluvial natural en el valle del Nilo, aguas abajo de la PAA, como una posible base de estrategia en la gestión de los recursos hídricos en Egipto en condiciones extremas.

Los recursos hídricos propios de los desiertos de Egipto son poco conocidos en lo referente a su cantidad, calidad, disponibilidad y rellenado. Estos factores deben ser determinados mediante estudios, investigaciones y evaluaciones, antes de planear los proyectos y de identificar los recursos hídricos para encontrar las deficiencias existentes entre abastecimiento y demanda.

El factor que limita la extracción de agua subterránea de las enormes reservas en el desierto del oeste, es el coste que supone bombear el agua hasta la superficie y el proceso debe ser mantenible, si se quiere asegurar la prosperidad para las generaciones futuras. Si queremos emplear a largo plazo esta enorme reserva de agua segura y

* Presidente, Centro de investigación del agua, Ministerio de Obras Públicas y de Recursos Hídricos, Egipto.

** Director, Instituto de investigación de aguas subterráneas, Centro de Recursos Hídricos, Egipto.



económicamente es inevitable un cambio en la actual estrategia de gestión hídrica. Se está considerando un método que representa una variante respecto al actual cultivo intensivo en grandes granjas hacia el cultivo en granjas aisladas y a pequeña escala. Aunque esto puede reducir las restricciones hidrológicas, puede también crear otros problemas socioeconómicos pero prolongará seguramente la duración de los proyectos.

Recursos hídricos: presente y futuro

La principal y casi exclusiva fuente de agua superficial en Egipto es el río Nilo. El Acuerdo del agua del Nilo de 1959, con Sudán, define claramente la división de las aguas del río que fluyen al norte, entre Egipto y Sudán. Casi el 85 por ciento del agua compartida por los dos países se origina en las tierras altas de Etiopía. El caudal medio en Asuán (Egipto) es de 84 km³ al año. La evaporación media anual y otras pérdidas en el embalse de la Presa del Alto Asuán se calcula en 10 km³ por año, dejando un caudal neto anual utilizable de 74 km³; bajo el tratado de 1959, se asignaron a Egipto 55,5 km³ y a Sudán 18,5.

Se puede conseguir una cantidad limitada de agua desarrollando los recursos

provenientes de la lluvia y de la escorrentía en el desierto de Egipto y en el Sinaí, pero hay todavía una falta de información de estos recursos y de sus períodos de retorno.

Las fuentes de agua subterránea en Egipto se pueden dividir en dos categorías. La primera es el sistema del valle y del delta del Nilo que tiene una capacidad total de almacenamiento de 500 km³; esta agua subterránea de las llanuras aluviales es repuesta a partir de las fuentes del Nilo y de la irrigación. La segunda es el complejo de areniscas de Nubia en el desierto egipcio que contiene un enorme depósito de agua subterránea. También hay agua subterránea en acuíferos superficiales en las costas del norte y en algunos valles de las zonas desérticas que son rellenados por la lluvia estacional.

Agua superficial

La PAA se construyó en 1968 para asegurar la disponibilidad de agua a largo plazo en Egipto y Sudán. La figura muestra el caudal anual del Nilo en Asuán durante los últimos 110 años e indica que el caudal medio varía ligeramente si se consideran lapsos más cortos. Hay una posibilidad de aumentar el caudal del río en Asuán. El comité conjunto egipcio-sudanes ha

diseñado varios programas de desarrollo, el primero de los cuales es la construcción del canal de Jonglei. Se espera que este proyecto canalice el cauce del río en la región sur de Sudán y así se reducirán las pérdidas sustanciales por evapotranspiración. Se suponía que la primera fase iba a estar terminada dentro del decenio de los 80 y proporcionaría a Asuán unos 4 km³ adicionales de agua, para ser compartidos por igual entre ambos países, pero el proyecto tuvo que ser abandonado en 1983 debido a problemas de seguridad en el sur de Sudán. (Se esperaba conseguir un total de 7 km³ para compartir entre ambos países tras la finalización de la segunda fase).

A partir de los proyectos de conservación propuestos para las subcuencas del Alto Nilo (Bahr el Ghazal, zonas pantanosas del Machar) se esperaba recuperar una cantidad mínima de 18 km³ a compartir entre los dos países. Sin embargo, la terminación de dichos proyectos depende de los acuerdos entre los países del Nilo y de los fondos disponibles.

Agua subterránea

En Egipto se encuentra agua subterránea prácticamente en cualquier capa de arena o de grava situada más abajo de las llanuras aluviales del Nilo, en extensas zonas debajo del desierto y en algunos lugares de rocas fragmentadas. La decisión de dónde y cuánta agua subterránea debe bombearse depende, *inter alia*, de la calidad del agua y de la profundidad desde la que debe ser bombeada.

La posterior explotación del agua subterránea para usos agrícolas y domésticos es una de las prioridades en los intentos de mejorar la producción agrícola del país frente a las crecientes demandas de agua para uso doméstico e industrial. En los próximos dos decenios está previsto aumentar la utilización de agua subterránea desde 3,3 hasta 8,3 km³ por año.

Los dos factores principales en el planeamiento del desarrollo del agua subterránea son el coste del bombeo y la calidad del agua. El coste del bombeo (por m³ de agua sacada a la superficie) puede considerarse como un indicador de la disponibilidad cuantitativa del agua subterránea. Se prefiere el agua de buena calidad que cumple los requisitos para su consumo público, para la irrigación, etc. puesto que, generalmente, precisa poco tratamiento. Otros

factores a considerar durante el proceso de planificación son: la demanda de agua (tipo, distribución, cantidad), la disponibilidad de recursos alternativos, la existencia de planes de desarrollo, las condiciones sociales y las prioridades políticas. La tabla I muestra los valores actuales y futuros de la proporción de extracción en kilómetros cúbicos por año.

El agua subterránea del acuífero cuaternario del valle del Nilo y de los bordes del desierto no es un recurso en sí mismo, puesto que está en contacto hidráulico con el sistema hídrico superficial. El agua subterránea que es bombeada del acuífero es continuamente repuesta por el agua superficial o por la entrada de agua salada en el norte. El acuífero es, de hecho, un gran depósito de almacenamiento abastecido por el agua del Nilo a través del sistema de irrigación.

La principal formación acuífera en el desierto de Egipto es el complejo nubio de areniscas. Este forma parte del sistema hidrogeológico regional que se extiende hasta la Jamahiriya Árabe de Libia y el Chad. En Egipto, ocupa la mayor parte del Valle Nuevo, del oasis de Siwa, del Uweinat oriental, de la zona de Asuán, de parte del desierto oriental y del Sinaí. La población actual del Valle Nuevo (Baharia, Frafra, Dakhla y oasis de Kharga) es de unas 120 000 personas.

En 1960, se inició un programa de aplicación al desarrollo de agua subterránea en Valle Nuevo, para abastecer a la población del valle del Nilo. En 1983 se preparó un plan regional cuyo objetivo era el cultivo de 68 000 ha empleando el agua subterránea del acuífero de las areniscas nubias. Los objetivos estratégicos combinan de forma óptima los recursos del Valle Nuevo mediante la asignación del agua a los distintos sectores económicos; se deben establecer las prioridades para evitar conflictos entre las demandas de los sectores. Es lógico asignar primero el agua escasa a la explotación de actividades locales específicas, tales como minería y turismo, y aplicar el resto principalmente a la agricultura.

La zona del Uweinat oriental está situada al suroeste del Valle Nuevo con un rellenamiento esperado de tan sólo 120 km³ por año. La estrategia de desarrollo deberá concentrarse exclusivamente sobre las reservas del acuífero estático, del que se espera extraer 5 10⁶ m³ diarios para irrigar unas 6 500 ha.

El desierto oriental ocupa 215 000 km² y tiene una población de tan sólo 70 000

TABLA I

Ritmos de extracción actuales y futuros
(kilómetros cúbicos por año)

<i>Provincia</i>	<i>Localidad</i>	<i>Actual</i>	<i>Adicional (previsto)</i>	<i>Total (futuro)</i>
Delta del Nilo	Llanura anegable	985,0	460,0	1 445,0
	Desierto oeste	490,0	380,0	870,0
	Desierto este	200,0	165,0	365,0
Valle del Nilo	Llanura anegable y márgenes del desierto	965,0	1 325,0	2 290,0
	<i>Subtotal Nilo</i>	2 640,0	2 330,0	4 970,0
Resto del desierto	Valle nuevo			
	El Khârga	120,0	0,0	120,0
	El Dakhla	280,0	200,0	480,0
	El Farafra	100,0	260,0	360,0
	El Bahariya	40,0	170,0	210,0
	Siwa	30,0	100,0	130,0
	Desierto occidental	1,0	29,0	30,0
	Zona costera			
	Uweinat	0,0	1 500,0	1 500,0
	Área del Mar Rojo	5,0	5,0	10,0
	Ramblas del desierto oriental	0,0	190,0	190,0
	Sinaí	100,0	200,0	300,0
	<i>Subtotal del desierto</i>	676,0	2 654,0	3 330,0
	Total	3 316,0	4 984,0	8 300,0

habitantes. Las areniscas nubias son la continuación oriental a través del valle del Nilo. Se calcula que un promedio de $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ por año podría rellenar el acuífero nubio de la zona central del desierto oriental. Este rellenado y el enorme almacenamiento profundo podría permitir la extracción de $270 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ por año

para desarrollar proyectos en cuatro ramblas del este del desierto.

En el Sinaí, la arenisca nubia ocupa una superficie de $40\,000 \text{ km}^2$ con un almacenamiento profundo estimado en 130 km^3 y un rellenado anual de unos $125 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ por año.

Usos y demandas actuales y futuras

Durante el año 1990 el total de agua empleada en Egipto fue de 59,2 km³, del cual el 84 por ciento correspondió a uso agrícola. A los usos industrial, municipal y de navegación correspondieron el 8, el 5 y el 3 por ciento, respectivamente. Los cálculos actuales indican que el total de agua utilizada aumentará a 69,4 km³ para el año 2000. El porcentaje de agua empleada en los sectores agrícola y municipal permanecerá más o menos igual al de 1990, pero el empleado en la industria aumentará un 50 por ciento y el correspondiente a la navegación disminuirá muy substancialmente.

Empleo de agua para la agricultura

Mientras que, en términos porcentuales, la cantidad de agua para uso agrícola ha disminuido lentamente en el último decenio, la agricultura actual (1990) presenta la mayor cantidad de agua empleada con un 84 por ciento ó 49,7 km³ por año. En esta cantidad no se incluye una pérdida anual estimada de 2 km³ debido a la evaporación en el sistema de irrigación. Las pérdidas anuales por evaporación en Egipto se estiman en 34, 8 km³.

Los sistemas de irrigación superficial se emplean en la mayoría de las tierras cultivadas del valle y del delta del Nilo pero su eficacia se considera baja. El exceso de agua de irrigación contribuye a la salinidad y crea grandes problemas en los colectores. El gobierno ha puesto en marcha un programa nacional de mejora de la irrigación y gestión del agua. Debe de recalcar, sin embargo, que el exceso de agua de irrigación contribuye a la formación del agua subterránea, de la que una buena parte es bombeada o parcialmente reciclada y que eleva la eficiencia global del empleo del agua hasta un nivel razonable. La cantidad medida de agua de drenaje procedente del sistema llegó hasta unos 12 km³ durante 1989.

En tierras nuevas se emplean sistemas de irrigación modernos (goteo o aspersión). De hecho, el gobierno no concede ningún permiso de uso de agua para tierras nuevas a menos que se garantice que se están empleando tales sistemas.

Empleo doméstico del agua

El empleo doméstico anual del agua en 1990 se estimó en 3,1 km³. Las pérdidas en la distribución, al nivel actual, son del 50 por

ciento. Se ha calculado que el empleo doméstico del agua en el año 2000 se puede mantener al nivel de 1990, si se reducen estas pérdidas al 20 por ciento.

Uso industrial del agua

El cálculo para 1990 está basado en una extrapolación del estudio de 1980 llevado a cabo por el Water Master Plan. Para 1990 se estimó en 4,6 km³.

Empleo del agua para la navegación

El agua procedente de la irrigación, desde febrero a septiembre, es suficiente para mantener los niveles de agua para la navegación en el Nilo. Sin embargo, las necesidades de la irrigación, desde octubre a enero, no bastan para mantener un nivel del río apropiado para la navegación. Este periodo es también la temporada alta para el turismo en la que numerosos barcos navegan regularmente entre Asuán y Luxor. Actualmente, es necesario soltar unos 1,8 km³ de agua durante este período para mantener el nivel de navegación.

Actualmente, se está reconstruyendo la presa de Esna que proporcionará un mejor control de nivel de agua del Nilo. Para el año 2000, se espera que las necesidades hídricas anuales para la navegación podrían reducirse hasta sólo 0,3 km³ mediante el mejor control del nivel de agua y la puesta en marcha de embalses en los lagos del norte.

Reutilización de las aguas residuales tratadas

Después de un tratamiento primario, las aguas residuales del sistema de alcantarillado de El Cairo se emplearon, en 1915, para irrigar unas 1000 ha del desierto cercano a El Cairo (Jabal El Astor). Se calcula que la cantidad total de aguas residuales, procedentes del Gran Cairo, que podría utilizarse, aumentarían desde 0,9 km³, en 1990, hasta 1,7 km³ en el año 2000 y a 1,9 km³ en el año 2010.

Reutilización de las aguas de drenaje agrícola

El agua de drenaje agrícola en el Alto Egipto descarga de nuevo en el río Nilo. Esto apenas afecta a la calidad del agua del Nilo puesto que su salinidad aumenta desde 250 p.p.m. en Asuán hasta 350 p.p.m. en El Cairo. El agua de drenaje del delta del Nilo es de menor calidad y, en consecuencia, se recoge por medio de una gran red de drenaje y se descarga en el mar Mediterráneo.

La cantidad total de agua de drenaje que se descarga al mar depende de muchos factores: la cantidad de agua soltada en Asuán, los tipos de cultivo y la eficiencia de la irrigación. La cantidad total de agua de drenaje descargada anualmente varió desde 14 km³, en 1984 hasta 12 km³ en 1989. La salinidad de esta agua varía entre 1000 y 7000 p.p.m.. Entre el 25 por ciento (1987) y el 70 por ciento (1988) de esta agua tiene una salinidad menor de 3000 p.p.m.. Cuando la eficiencia de la irrigación se mejore, tanto en el sistema de distribución como en las granjas, se logrará una mayor disminución de la cantidad de agua de drenaje y un aumento de su salinidad.

La cantidad de agua de drenaje que actualmente se reutiliza en la irrigación es 4,7 km³ anuales, de los cuales 2,6 km³ son empleados en el delta del Nilo, 0,95 km³ en Fayoum y 1,15 km³ vuelven al Nilo en el Alto Egipto. Se espera aumentar gradualmente este valor hasta alcanzar 7,0 km³ para el año 2000. Debe resaltarse que los ahorros potenciales debidos a la mejora de la gestión hídrica (por ej., un funcionamiento más eficiente del sistema para reducir las salidas al mar, como se practicó en los años 1987-1988 y 1988-1989) y a un aumento en la reutilización de aguas de drenaje, no se autoexcluyen. Existe el peligro real de que la salinidad aumente gradualmente a lo largo de los años; por lo tanto, es de esperar que un acercamiento prudente al aumento de la utilización del agua de drenaje, especialmente en lo referente a la calidad del agua, redunde probablemente en un beneficio para el país a largo plazo.

Recursos hídricos; políticas y restricciones

Agua superficial

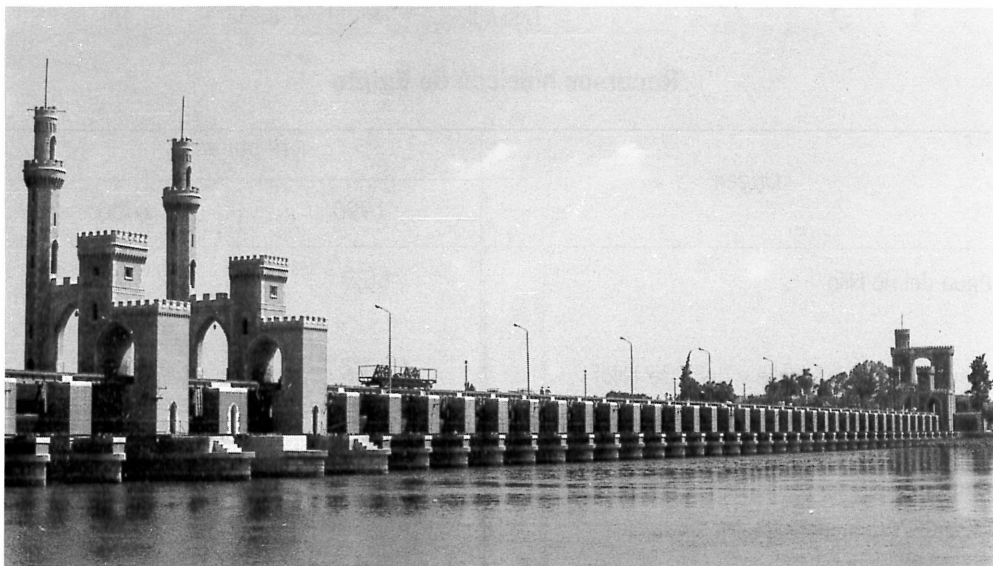
En 1975 después de la construcción de la PAA, se diseñó una nueva y detallada política del agua que incluía los recursos hídricos de Egipto en esos momentos y los esperados para el futuro —programa de reutilización del agua superficial y subterránea— y se sugirieron acciones para el desarrollo.

Durante los últimos 10 años han ocurrido varios eventos que han ejercido un impacto directo sobre la planificación hídrica en Egipto. De acuerdo con lo cual, fue actualizada de nuevo la política hídrica en 1988. Entre los eventos más importantes podemos citar:

- (a) La sequía ocurrida durante el período 1979-1988 en la que el caudal medio del Nilo descendió hasta 48,6 km³. En 1985 el Ministerio de Obras Públicas y Recursos Hídricos (MOPRH) comenzó un programa de gestión con el cual las pérdidas de la PAA disminuyeron hasta 54,0 km³ durante el año 1990. El almacenamiento dinámico en el embalse de la PAA disminuyó hasta su valor mínimo de 6,84 km³, durante el mes de julio de 1988, cuando el nivel del río, aguas arriba del embalse, llegó a 150,62 m;
- (b) Las obras de construcción del canal de Jonglei cesaron en 1983 y se retrasaron las aguas que esperaba compartir Egipto (2,0 km³) en 1985;
- (c) El gobierno decidió empezar un programa de recuperación de tierras de más de 67 000 ha anuales; una superficie que precisa alrededor de un kilómetro cúbico anual de recursos hídricos;

Para justificar dichas ventas, el MOPRH tomó varias decisiones, siendo las más importantes las siguientes:

- (a) No se concedieron aperturas de compuertas adicionales de la PAA para generación de energía eléctrica (tan sólo se destinaron 31,6 km³ del embalse de la PAA para la generación de energía, durante los periodos 1976-1978 y 1983-1984);
- (b) La construcción de la presa del Nuevo Esna para prevenir cualquier salida del agua sobrante por la excesiva reducción de la coronación de la vieja presa debida a la caída hasta los niveles del cauce río abajo. Hasta la terminación del nuevo embalse, que se empezó a finales de 1990, se han construido estaciones temporales de bombeo río arriba;
- (c) Ampliación y selección de distintos períodos invernales de cierre para el alto y bajo Egipto, restringiendo las salidas del embalse de la PAA, durante este período, a 70×10^6 m³ al día en lugar de valores de hasta 140×10^6 m³ diarios;
- (d) Comienzo del programa de mejora de irrigación nacional.
- (e) Minimizar las salidas de agua dulce al mar a través del afluente Rosetta. (1,8 km³ en 1990).



Presa del Delta del Nilo

Con estas acciones, en junio de 1990 se actualizó la política del agua hasta el año 2000 y consta de los siguientes puntos importantes:

- (a) Los recursos de aguas superficiales están limitados a las aguas compartidas por Egipto y Sudán en el curso del río Nilo, según el Acuerdo del Nilo de 1959. Se espera completar la primera fase del canal de Jonglei para el año 2000 y Egipto obtendrá, entonces, unos $2,0 \text{ km}^3$ adicionales.
- (b) Los actuales desagües anuales de aguas de drenaje al mar y lagos terminales, se calculan en 12 km^3 durante el año 1990. Esta cantidad no puede ser reutilizada en su totalidad debido a varias restricciones, que incluyen el nivel de contaminación en algunos sumideros y necesidad de desaguar un cierto volumen de agua dulce al mar para mantener el balance de sal en el delta del Nilo. Existe la posibilidad de aumentar los valores actuales de reutilización de $4,7$ a $7,0 \text{ km}^3$ para el año 2000.
- (c) El ritmo actual de extracción de agua subterránea procedente de los acuíferos profundos del desierto occidental puede aumentarse, para el año 2000, desde su nivel actual, de $0,5 \text{ km}^3$ anuales, a $2,5 \text{ km}^3$ por año; la extracción en los acuíferos del

delta y del valle del Nilo se aumentarán desde $2,6$ hasta $4,9 \text{ km}^3$ para el año 2000;

- (d) Las descargas de agua dulce al mar, para la navegación durante el período de cierre, bajarán desde $1,8 \text{ km}^3$ (1990) hasta $0,3 \text{ km}^3$ para el año 2000. La diferencia se embalsará en el lago Burollus para usos futuros;
- (e) Mediante la gestión hídrica y la mejora de los sistemas de irrigación, puede ahorrarse un kilómetro cúbico de agua para el año 2000;
- (f) La superficie que se espera recuperar para el año 2000 —basándose en los recursos hídricos disponibles— es de $0,65 \cdot 10^6$ ha.

La Tabla II resume los recursos hídricos de Egipto disponibles y esperados para el futuro, desde el año 1990 al 2000. La Tabla III muestra las demandas de agua actuales y futuras.

El agua subterránea en condiciones extremas

Las condiciones hidrogeológicas prevalecientes influyen en la selección de las estrategias para la planificación del desarrollo del agua subterránea, tanto a corto como a largo plazo. El agua subterránea en el valle y delta del Nilo no es un recurso en sí mismo, ya que está

TABLA II

Recursos hídricos de Egipto

Origen	km ³ por año	
	1990	2000
Agua del río Nilo	55,5	57,5 (Finaliza la primera etapa del Jonglei)
Agua subterránea (valle y delta del Nilo)	2,6	4,9
Agua de drenaje agrícola	4,7	7,0
Aguas residuales municipales tratadas	0,2	1,1
Programas de gestión para ahorro del caudal hídrico	-	1,0
Aguas subterráneas profundas (desiertos)	0,5	2,5
Total	63,5	74,0

recargándose continuamente con el agua procedente del sistema de irrigación del Nilo. Debería, pues evaluarse siempre conjuntamente el agua superficial y el agua subterránea. Esta puede ser bombeada casi en cualquier sitio pero sólo contribuirá a la gestión hídrica nacional si su viabilidad económica es mayor que la de un sistema alternativo basado en las aguas superficiales y en un drenaje con enlosado. Además, el agua subterránea se bombea localmente en la parte final de las zonas de control para suplementar la escasez en el suministro de agua para irrigación ya sea en el espacio o en el tiempo.

El desarrollo del agua subterránea para la irrigación en los márgenes del desierto del valle y del delta del Nilo se verá impedido en ocasiones por dos restricciones principales:

- El continuo descenso de la capa freática; y
- El aumento de la salinidad.

La amplitud de estos procesos dependerá mucho de las condiciones locales del acuífero, de la profundidad del agua subterránea y del rango de las extracciones del agua subterránea. Estas restricciones se reducirán mucho cuando el agua subterránea para la irrigación se desarrolla conjuntamente con el

agua superficial. Los efectos laterales de los proyectos de recuperación en el desierto, que tienen sólo agua superficial (acumulación de agua y salinización del suelo en las tierras bajas adyacentes), pueden minimizarse si el agua subterránea se bombea junto con el agua superficial.

El abastecimiento integrado del agua de irrigación procedente de la superficie y del subsuelo puede ser probablemente la solución con mejor relación coste-beneficio a corto y largo plazo.

Hay dos grandes depósitos de agua en el valle del Nilo en Egipto. Uno es el embalse artificial en superficie, aguas arriba de la PAA. El otro es el depósito subterráneo natural, bajo el valle del Nilo, aguas abajo de la PAA. Se considera que el uso y gestión conjunta de ambos depósitos es un fundamento importante para una estrategia sensata de la gestión de los recursos hídricos en Egipto, en condiciones extremas, por ej., durante los años de bajo caudal, similares al período 1979-1987. La PAA, con un almacenamiento dinámico de 137 km³, y el depósito subterráneo, con un almacenamiento potencial de unos 500 km³, deben ser considerados como un sistema integrado.

TABLA III

Demanda de aguas de Egipto

Uso	km ³ por año	
	1990	2000
Irrigación	49,7	59,9 ¹
Usos municipales	3,1	3,1
Industrial	4,6	6,1
Navegación y regulación	1,8	0,3
Total	59,2	69,4 ²

¹ Incluye las necesidades de irrigación de unas $0,65 \cdot 10^6$ hectáreas adicionales que serán recuperadas para el año 2000

² Las necesidades adicionales para el año 2000 se asegurarán mediante la reducción de las pérdidas del sistema desde un ritmo actual del 50 por ciento hasta el 20 por ciento.

Se podrían extraer cantidades adicionales de agua del embalse subterráneo, situado aguas abajo de la PAA, con el fin de reducir las salidas de la PAA durante los años de bajo caudal, en los que el acuífero actúa como un acuífero freático; una variación de un metro por encima de la cabecera del depósito de aguas subterráneas implica unos 5 km³ de capacidad de almacenamiento.

Así pues, el acuífero del valle del Nilo se puede emplear como depósito a largo plazo para aliviar los efectos de la disminución del caudal de entrada en el embalse de la PAA, y también como depósito estacional.

El uso conjunto del agua superficial y subterránea aumentaría el uso directo del agua subterránea, disminuiría la descarga de agua dulce al mar, reduciría las pérdidas de agua dulce por evaporación en los colectores superficiales próximos a los bordes del valle del Nilo, y mejoraría la irrigación para poder adaptarse a las configuraciones de cultivos intensivos.

La estrategia para las aguas locales de los desiertos de Egipto deberá basarse en el hecho de que dichos recursos hídricos son inciertos respecto a su cantidad, su calidad, su disponibilidad y su rellenado. Estos factores

deben ser determinados mediante estudios, investigaciones y evaluaciones antes de ser destinados a los diferentes usos, y las deficiencias entre abastecimiento y demanda deben reponerse a partir de otras fuentes.

En la planificación de los procesos para el desarrollo del acuífero arenisco nubio, el factor restrictivo no es la disponibilidad del agua sino el coste del bombeo. La escasez de tierra buena para la agricultura en el desierto es sólo un factor relativo. La planificación de la explotación del agua subterránea del acuífero arenisco nubio en condiciones de explotación minera depende de dos criterios:

- La extracción del agua subterránea debe ser económicamente viable; y
- Los procesos deben ser mantenibles para asegurar la prosperidad de las generaciones futuras.

Según se aumenta el ritmo de extracción, la potencia hidráulica del acuífero decae y aumenta también el coste de extracción del agua hasta la superficie. Generalmente, es factible explotar un recurso cuando los costes marginales para extraer una unidad adicional de agua no superan los ingresos marginales

adicionales. Pueden ser importantes otros objetivos socioeconómicos tales como el asentamiento de poblaciones. Los recursos proporcionados por dichos conceptos no deben necesariamente ser explotados para obtener una rentabilidad máxima.

El segundo criterio, preciso para conseguir un bienestar mantenible, está relacionado con la escala cronológica para la que se supere la máxima profundidad de bombeo. Con el fin de alcanzar el objetivo de prosperidad mantenible, se aceptó que varias generaciones pudieran explotar económicamente los recursos de las aguas subterráneas. La escala cronológica se estableció arbitrariamente en 100 años, es decir, el coste del agua bombeada debía ser igual o menor que sus beneficios en los próximos 100 años. Es difícil prever la evolución del agua subterránea en un período más largo.

El método de cultivo intensivo, aunque viable y aceptable desde un punto de vista socioeconómico, tiene muchas consecuencias hidrológicas inevitables representadas por un continuo descenso de la presión piezométrica. El resultado final de dicha estrategia en el uso del agua es acelerar la disminución de la capa freática lo cual, a su vez, conduce al aumento de los costes de bombeo. Parece, pues, inevitable un cambio en la actual estrategia de gestión del agua si se quiere utilizar, a largo plazo, esta enorme reserva de agua de forma económica y segura. Una alternativa adecuada puede ser un sistema que se aparte del actual método de cultivo intensivo y colectivo para crear granjas aisladas, distantes y limitadas. Dicho sistema de granjas a pequeña escala no debería superar las 445 a 890 ha en lugar de 4 450 ha. Se piensa que dicho método minimizará las restricciones hidrológicas, al mismo tiempo que hará posible mantener las subidas del agua a niveles económicos.

Retos y medidas sugeridas para la seguridad del agua en condiciones extremas

Las políticas de gestión del agua en Egipto se caracterizan por ciertos rasgos específicos, como son:

- La necesidad de equidad, en tiempo y espacio, en las diferentes asignaciones;
- La agricultura es la principal consumidora de agua;

- Un rígido sistema de distribución del agua se extiende a lo largo de más 1 000 km de canales principales y más de 30 000 km de canales secundarios;
- Hay una continua amenaza de infiltración de agua salada en el delta del Nilo a través de sus afluentes y/o a través del acuífero de agua subterránea; y
- Existe un retraso cronológico de 10 días entre la salida de agua de la PAA y los principales desagües del drenaje (los lagos del norte y el mar).

El tema de la futura planificación hídrica es de vital importancia para el país, debido a los limitados recursos renovables de agua dulce y al continuo incremento de las demandas de agua. El año 2000 está mas cerca de lo que generalmente se piensa y la planificación a largo plazo está sometida a consecuentes consideraciones. El MOPRH ha formado un comité técnico multidisciplinario sobre planificación de recursos hídricos, después del año 2000. La atribución principal de este comité es proponer futuros escenarios para los posibles recursos y demandas hídricos. La intención no fue la de duplicar el trabajo de otros departamentos ministeriales de planificación sino más bien la de proporcionar mayor asesoramiento al Ministerio.

Considerando los aumentos en la demanda, la cuota *per capita* de agua dulce ha ido disminuyendo continuamente. Es evidente que la parte *per capita* compartida por Egipto está disminuyendo gravemente; en 1990 fue de 922 m³ y en el 2025 será de 337 m³.

Las prospecciones futuras a largo plazo se basan en los siguientes hechos estratégicos y directrices:

- (a) Una tasa razonable de crecimiento en la demanda en los principales sectores de consumo del agua, especialmente la agricultura;
- (b) El Acuerdo de aguas del Nilo de 1959, proporcionará la principal estructura legal para la planificación del agua en Egipto;
- (c) Necesidad de cooperación entre países ribereños;
- (d) Restricciones socioeconómicas y necesidad de participación pública;
- (e) Prioridades dentro de los diferentes grupos de usuarios del agua y aceptación nacional de dichas prioridades;

- (f) Deterioro de la calidad del agua y necesidad de establecer y llevar a cabo un plan de gestión de la calidad del agua;
- (g) Eliminación de las restricciones actuales en operación y mantenimiento;
- (h) Empleo eficaz de los recursos hídricos existentes.

Como se mencionó anteriormente, el MOPRH ha establecido la política de agua para Egipto hasta el año 2000. Se han propuesto distintos escenarios para después del año 2000 y están actualmente en discusión.

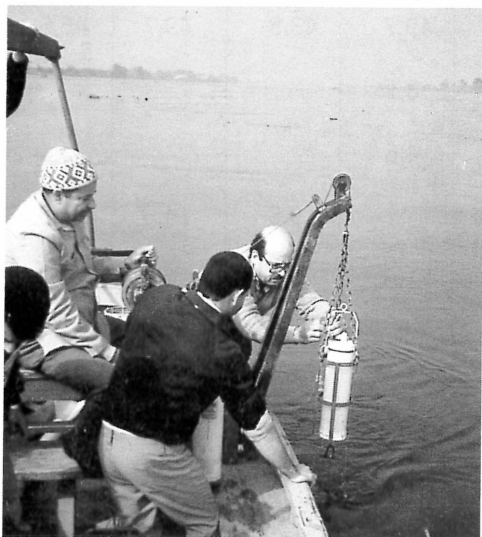
Basándose en las condiciones y restricciones actuales, los tres escenarios siguientes ofrecen el abastecimiento y la demanda de agua hasta el año 2025. El primer escenario se basa en lograr una eficacia del 75 por ciento en la mejora de la irrigación y del 90 por ciento en el empleo del agua potable con una vigilancia completa del transporte y distribución del agua para minimizar los usos no consuntivos. En el segundo escenario prevalecerán las bajas eficacias actuales lo que, a su vez, impulsará la reutilización del agua. El tercer escenario es una mezcla de los otros dos; se mejora la eficacia de la irrigación en el 65 por ciento, y la del uso de agua potable en el 80 por ciento en el almacenamiento de agua no consuntiva para su uso en el momento apropiado, y se mejora la

vigilancia del transporte y distribución del agua. La Tabla IV resume el abastecimiento y demanda en los tres escenarios sugeridos.

Conclusión

Con las demandas de agua esperadas para el futuro y bajo la amenaza de la reducción del caudal natural del río y de los limitados recursos de agua dulce, Egipto tiene que depender aún durante muchos años del desarrollo de los recursos de agua no tradicionales y de su uso racional. Con estos considerandos, las futuras políticas se planificarán de acuerdo con las siguientes líneas estratégicas:

- (a) Elevar la eficacia del uso del conjunto total de agua hasta el máximo posible. Esto podría conseguirse mediante:
 - Mejorar el sistema de irrigación y asegurando su flexibilidad para enfrentarse a los modernos sistemas de irrigación en granjas;
 - Minimizar las pérdidas de agua;
 - Desarrollar el sistema de granjas;
 - Diseñar mecanismos adecuados para las cargas de agua;
- (b) Reutilizar tanta cantidad de agua procedente del drenaje agrícola como sea posible, empleando los medios tecnológicos adecuados para ocuparse de la calidad, especialmente después de poner en práctica el programa de desarrollo de la irrigación;
- (c) Planificar correctamente el reciclaje de las aguas de alcantarillado tratadas, después de haber trazado las directrices para su uso;
- (d) Llegar a acuerdos con los países de la cuenca del Nilo, referentes a la utilización adecuada de las pérdidas y de los proyectos de conservación sugeridos;
- (e) Modificar el modelo de cultivo para optimizar el uso de los recursos hídricos;
- (f) Uso y gestión conjuntos del embalse de la PAA y de las aguas subterráneas del valle del Nilo, teniendo en cuenta las condiciones de sequía;
- (g) Desarrollar los recursos no renovables de agua subterránea en el desierto occidental, sobre una base mantenible;



Toma de muestras para estudiar la calidad del agua del Nilo

TABLA IV

Abastecimiento y demanda de agua para el 2025—supuestos futuros
(en km³)

A. Recursos hídricos	1990	<i>Escenarios para el 2025</i>		
		S1	S2	S3
Río Nilo	55,5	57,5	57,5	57,5
Aguas subterráneas profundas	0,5	3,5	3,5	3,5
Agua subterránea del Valle y Delta del Nilo	2,6	2,6	4,9	3,6
Agua del drenaje agrícola	4,7	4,7	8,0	5,0
Aguas residuales tratadas	0,2	1,5	2,5	2,0
Total (recursos)	63,5	69,8	76,4	71,6

B. Demanda	1990	<i>Escenarios para el 2025</i>		
		S1	S2	S3
Agricultura (superficie actual)	49,7	43,5	49,7	46,6
Agua municipal	3,1			
Agua industrial	4,6			
Municipal e industrial		9,5	14,6	10,8
Navegación	1,8	0,3	0,3	0,3
Total (demanda)	59,2	53,4	64,6	57,7
Recursos menos demanda	4,3	16,4	11,8	13,9
Nuevas tierras a añadir (millones de hectáreas)	0,35	1,17	0,79	0,96

- (h) Despertar la conciencia pública sobre la escasez de los recursos de agua y sobre los planes de gestión del gobierno.

Referencias

ABU ZEID, M., 1985: *Irrigation in Egypt—Present and Future*. Eighth Seminar of the Regional Commission on Land and Water Use in Cyprus.

ABU ZEID, M. and A. K. Biswas, 1990: Impacts of Agriculture on Water Quality. *Water International*, 15.

ABU ZEID, M., 1990: Some Technical and Economical Considerations on Irrigation Water Pricing. *Water Science Magazine*, 7.

ABU ZEID, M. and M. A. Rady, 1991: *Egypt's Water Resource Management and Policies*. World Bank Report.

HEFNY, K., 1985: *Groundwater Planning Projects in Egypt*. II World Congress on Engineering and Environment, New Delhi, India.

HEFNY, K., 1991: Planning for Groundwater Development of Nubian Sandstone Aquifer for Sustainable Agriculture. *Water Science Magazine*. 10th special issue.

EL PROYECTO DE LOS MONTES SNOWY Y SU FUTURO EN EL CONTEXTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE AUSTRALIA

Por ALLAN HALL *

Introducción

Australia es el continente más seco del mundo; su zona interior tiene unos recursos hídricos muy limitados y la amenaza de la sequía está siempre presente.

Desde los primeros días, la búsqueda de un abastecimiento de agua adecuado y fiable ha tenido una prioridad aún mayor que la búsqueda de oro. Sin agua no puede haber vida de ningún tipo. Para realizar los sueños iniciales de nuevos avances agrícolas e industriales en Australia eran necesarias enormes reservas de agua. A la vez que los primeros exploradores atravesaban el territorio, pudieron evaluar las posibilidades del país a partir de la cantidad de agua disponible para los cultivos y la ganadería.

Cuando los colonos europeos exploraron por vez primera los Montes Snowy, en 1835, se dieron cuenta rápidamente de que allí

existía un enorme abastecimiento potencial de agua para el riego, la mayor parte de la cual desaguaba en el mar sin ser utilizada. Fue en aquellos primeros días cuando se echaron las raíces de lo que ahora es el amplio Proyecto de los Montes Snowy. Durante la mayor parte del año, la configuración del tiempo que prevalece en Australia produce flujos del este procedentes del Océano Índico. Los Montes Snowy, que se elevan en algunos lugares por encima de los 2 000 m, proporcionan una barrera natural y gran parte de la humedad contenida en las nubes frontales cae en forma de lluvia o de nieve. En consecuencia, sobre esta zona aparece una precipitación relativamente fiable de unos 1 600 mm de promedio anual. Esto representa casi cuatro veces el valor medio de todo el continente australiano.

Alguno de los más conocidos ríos de Australia (el Murray, el Murrumbidgee, el Snowy y el Tumut) nacen en los Montes Snowy y corren y se precipitan a través de abruptos valles hasta las llanuras inferiores. Algunos de

* Jefatura Hidroeléctrica de los Montes Snowy, Cooma, Nueva Gales del Sur, Australia.