

## La agricultura de riego

En la mayoría de los países, no son las poblaciones urbanas las que requieren los mayores volúmenes de agua, sino la irrigación de los cultivos. El riego utiliza cantidades de agua muy grandes, sobre todo en la agricultura comercial de elevados volúmenes productivos. En esos casos, las tierras irrigadas ocupan áreas extensas.

Al mismo tiempo, si bien la agricultura requiere caudales hídricos considerables, no posee los mismos requerimientos de calidad que tienen otros usos, como, por ejemplo, el consumo urbano e industrial. Por esa razón, a veces, es posible compatibilizar el suministro urbano con el agrícola en un mismo sistema de aprovechamiento hídrico (ver capítulo 13).

El riego es particularmente necesario, incluso imprescindible, en las áreas semiáridas o áridas. Como en estas regiones las tasas de evaporación son elevadas, en ellas el consumo se ve incrementado considerablemente y los retornos hídricos son más exiguos y de menor calidad.

Se mencionan requerimientos de más de 1500 mm de agua para cultivar alfalfa en el bajo Egipto (30 mm de precipitaciones por año), poco más de 1000 mm en el sur de España (lluvias de 500 mm anuales) y 200 mm o menos, en el noreste de Francia (donde llueven 800 mm por año)<sup>1</sup>. En las zonas semiáridas de México, las láminas de agua requeridas son generalmente superiores a los 1000 mm anuales.

Otro factor que puede incidir desfavorablemente en el balance hídrico de los predios agrícolas, son las prácticas de irrigación utilizadas. Frecuentemente se usan tecnologías altamente dilapidadoras del recurso. El riego por inundación, un método de aplicación frecuente, entraña gastos de agua

considerables, debido a las pérdidas por infiltración, y en menor grado, a la evaporación. Los volúmenes utilizados están muy por encima de las necesidades de las plantas. El riego por aspersión, otra tecnología frecuente, es altamente evaporador, consumiendo volúmenes considerablemente superiores a los requeridos por los cultivos.

Además de las técnicas antes mencionadas, existen otras mucho más ahorrrativas, como por ejemplo, el riego por goteo. A pesar de ello, este método todavía no se ha impuesto en forma generalizada en la agricultura irrigada a nivel mundial.

## La eficiencia del riego y la productividad agrícola

Uno de los elementos claves en la productividad agrícola es la eficiencia de la tecnología de irrigación.

Esta eficiencia se expresa en general en la siguiente fórmula:

$$Ef = \frac{V_u}{V_e}$$

En donde, Ef= eficiencia; Vu= el volumen utilizado por las plantas para ser evapotranspirado y Ve= el volumen extraído.

La eficiencia se manifiesta en todas las etapas del proceso de irrigación, a nivel de los sistemas de almacenamiento, en los sistemas de conducción y finalmente en el aprovechamiento que las plantas hacen del agua suministrada. Por regla general, el agua de riego efectivamente utilizada es igual al agua evapotranspirada menos las precipitaciones<sup>2</sup>. Otro factor que influye en el gasto excesivo, es el precio subvaluado que pagan los irrigadores en algunos países, tanto por el agua como por la energía eléctrica necesaria para operar las bombas que traen el agua hasta los campos de cultivo.

Como resultado de esta situación y prácticas, muchos cultivos comerciales corrientes consumen volúmenes excesivos de agua, muy superiores a los que serían necesarios si se utilizaran tecnologías de alta eficiencia.

## Consumo hídrico de los cultivos irrigados

El consumo hídrico de los predios cultivados depende sobre todo de tres factores principales: el tipo de cultivo, la tecnología utilizada y las condiciones ecológicas locales. Una hectárea de arroz irrigado (por inundación) en un clima subtropical subhúmedo o mediterráneo, evapora aproximadamente 20,000 metros cúbicos de agua por año (ver cuadro 10.1). En el otro extremo hay cultivos que consumen mucho menos, como la alfalfa (7 metros cúbicos en clima semiárido) o el tomate (unos 6 metros cúbicos en las mismas

**Cuadro 10.1**  
**Consumo hídrico de varios cultivos<sup>3</sup>**

<b>Cultivo</b>	<b>Consumo (condiciones climáticas mediterráneas)</b>
Arroz	20,000 m <sup>3</sup>
Alfalfa	7,000 m <sup>3</sup>
Tomate	6,000 m <sup>3</sup>
Maíz	4,500 m <sup>3</sup>
Sorgo	4,000 m <sup>3</sup>
Durazno	3,500 m <sup>3</sup>

condiciones). En volumen, el gasto por hectárea de estos dos últimos cultivos es equivalente, promedialmente, al de 40 hogares urbanos.

## **Aspectos administrativos**

De acuerdo a Sundaram (1999), existen dos modelos principales de administración de áreas de riego en el mundo: el modelo asiático y el modelo estadounidense.

El asiático es un sistema que funciona en forma descentralizada, en donde la construcción y mantenimiento de las obras, así como la distribución del agua están en manos de los agricultores y de sus organizaciones.

El modelo estadounidense, por el contrario, es centralizado. El estado se encarga del establecimiento de las obras hidráulicas, así como de su mantenimiento y de la distribución de las cuotas hídricas correspondientes entre los agricultores.

El modelo asiático está ejemplificado por los sistemas tradicionales de la India (aunque modificados durante la ocupación inglesa), de China e Indonesia<sup>4</sup>.

El modelo estadounidense se extendió a algunos países de América Latina, en particular, el norte de México.

En los últimos años ha quedado en evidencia la mayor eficacia del modelo asiático, y poco a poco, incluso los países más centralizados están procurando transferir la administración de los sistemas a las organizaciones de agricultores.

## **Aspectos económicos**

Debido a los volúmenes de agua necesarios, la agricultura de irrigación es

competitiva en los lugares donde el precio del agua es muy bajo o en los casos en que se plantan cultivos de alto valor comercial. A menudo el bajo precio del agua de irrigación no refleja los costos reales. En esos casos, el agua se obtiene de sistemas cuyo costo no ha sido incorporado en el precio. En algunos distritos irrigados de México, por ejemplo, el precio por hectárea irrigada (lámina de 0.33 m de espesor en una superficie) es de poco más de 1 U\$S (10 \$mex)<sup>5</sup>. Estos precios artificialmente bajos del agua, generalmente basados en consideraciones sociales y no económicas, permiten el desarrollo o persistencia de plantaciones de riego en áreas en donde, de otra forma, ello no sería rentable ni posible<sup>6</sup>. En esos casos, la agricultura logra sobrevivir solamente debido a subsidios proporcionados directa o indirectamente por la institución o agencia que construye, financia u opera las obras hidráulicas, sin que se transfieran estos costos a los usuarios.

En muchos países la inversión de capital requerida para las obras es proporcionada por el gobierno (nacional, estatal o provincial) o a través de un préstamo internacional cuyo costo es reembolsado por toda la sociedad. En California, por ejemplo, las grandes obras hidráulicas del río Colorado (y muchas otras con finalidades análogas) fueron financiadas por el gobierno federal de EE.UU. Se beneficiaron las empresas agrícolas pero las inversiones las hizo toda la nación. En México las necesidades de inversión de la mayoría de los distritos de irrigación, así como una parte considerable de los costos de bombeo, también fueron o son financiados por el gobierno. Fue debido a este apoyo gubernamental que fue posible la expansión de los distritos de riego del país. De acuerdo a Cervantes et al, 1989, que tomaron en cuenta 52 cultivos cubriendo 94 a 98% del área cultivada en México entre 1925 y 1988, las superficies de cultivos se multiplicaron por un factor de 3.3 y los rendimientos por 2.2.<sup>7</sup> En los últimos años, se ha implementado una política de transferir la administración de los distritos de riego a los usuarios. En términos generales, el programa se considera exitoso, muchos distritos han logrado su autosuficiencia económica, y en la actualidad más de 95% de los mismos son administrados por los mismos agricultores.

## **El problema de los excedentes hídricos**

El riego excesivo trae como consecuencia la necesidad de evacuar los sobrantes de agua. El anegamiento expulsa el aire del suelo, provocando la asfixia de las raíces y la disminución de los intercambios entre el suelo y el aire. Ello se ve agravado por la desaparición de las bacterias nitrificantes, fenómeno que afecta la productividad e incluso la supervivencia de las plantaciones de leguminosas (por ejemplo frijoles, trébol). A ello se agrega la

multiplicación de otras bacterias, mejor adaptadas a condiciones muy húmedas que pueden dar lugar a fermentaciones anaerobias y a la descomposición de las raíces.

Por otra parte, cuando los suelos están empapados, las maquinarias agrícolas tienen más dificultades para realizar su trabajo.

Luego de un período de inundación, la evaporación superficial genera condiciones salinas y alcalinas en los horizontes superiores del suelo. La persistencia de esta situación da lugar a la acumulación de cristales (por ejemplo NaCl y KCl) llegando a formar, en algunos casos, costras duras que cubren la superficie y pueden hacer imposible el laboreo.

Por esa razón, la irrigación debe practicarse en aquellos lugares en donde las redes de drenaje, ya sea naturales o artificiales, sean apropiadas. En caso contrario, se corre el riesgo de arruinar el suelo en forma irreversible.

Existen muchos ejemplos históricos de destrucción de suelos debido a la sobreirrigación en condiciones áridas: algunas ciudades helenísticas como Thajj en Arabia<sup>8</sup>, y muchas de las zonas irrigadas a partir de la presa de Aswan en Egipto, han debido ser abandonadas por los motivos antes indicados.

## Los principales métodos de riego

### Riego por gravedad

En este método el agua se distribuye utilizando las laderas y micro-valles naturales y canales artificiales, sin ayuda de ningún otro agente de distribución. El agua se mueve por su propio peso.

Una de los sistemas de gravedad más comunes es el riego por inundación. Para lograr máxima eficacia se requiere una nivelación precisa con el fin de evitar que se inunden algunas áreas y otras queden secas. Ello se logra aislando las subáreas del cultivo por medio de pequeños diques separadores (camellones o taipas). Cuanto más pequeñas sean estas unidades básicas<sup>9</sup>, más efectiva resulta la irrigación.

El riego por inundación es recomendado sobre todo en los suelos más impermeables, de textura arcillosa. En los suelos arenosos la elevada infiltración le resta eficacia al procedimiento. En algunos sitios arenosos, se requieren hasta 40,000 m<sup>3</sup> por hectárea y por año.<sup>10</sup>

Este método se practica sobre todo en los cultivos arroceros.

De lo anterior se desprende que el principal problema de este sistema es el enorme gasto de agua por unidad de superficie.

Otro sistema de gravedad utilizado es el escurrimiento o irrigación por escorrentía. En este caso se vierte el agua en planos inclinados con penden-

tes de aproximadamente 1%, hasta llegar a su destino. Esta práctica es rápida pero no muy eficiente, consume mucha agua y es muy peligrosa pues puede desencadenar procesos erosivos en los suelos.

El sistema más común de irrigación por gravedad es el riego por infiltración, basado en un sistema de canales y surcos que distribuyen el agua a todo el campo, que gradualmente va absorbiendo el agua. Es el más eficiente de todos los sistemas gravitacionales, pero tiene algunos inconvenientes. En primer lugar, está limitado por el costo y dificultad de modelar el terreno y los surcos de irrigación para lograr un escurrimiento e infiltración óptimos. A ello se agrega las demoras en cubrir todas las áreas que pueden ser excesivas en ciertas fases del cultivo. Por otra parte, el consumo de agua es aún relativamente elevado, sobre todo si los suelos son demasiado arenosos. En suelos arcillosos puede suceder lo contrario, generándose anegamientos locales que suelen causar serios perjuicios tanto a nivel del suelo, como en el propio cultivo.

Estas dificultades son, en general, subsanables si se realizan las inversiones necesarias, pero de todos modos subsiste el problema del alto consumo de agua que hace inapropiado este método en regiones áridas y semiáridas.

## El riego por aspersión

Es un sistema que busca irrigar los cultivos dejando caer el agua en forma de lluvia. Una instalación de este tipo incluye una fuente de agua, un sistema de bombeo y una red de conductos bajo presión (fijos y subterráneos o móviles) que alimentan el aparato de aspersión propiamente dicho. Este, está constituido por un eje y dos caños giratorios con pequeños orificios por donde sale el agua en forma de lluvia. Los predios de aspersión típicos son circulares.

Desde el punto de vista de los cultivos y del suelo, el sistema de aspersión es muy apropiado. El agua llega en forma natural, se evitan los procesos erosivos, y se puede regular el riego de modo que no se produzca anegamiento.

En ese sentido, el riego por aspersión es relativamente eficiente.

Los principales problemas que se señalan son el monto elevado de las inversiones y las pérdidas por evaporación que disminuyen el ahorro hídrico que se logra con el sistema.

## El riego por goteo

Es un procedimiento más preciso y sobre todo más ahorrativo que el riego por aspersión. La red de conductos (que pueden ser fijos o móviles, superficiales o subterráneos) transporta el agua hasta las propias plantas, en don-



**El riego por goteo requiere un mínimo consumo de agua. En Abu Dhabi, en los Emiratos Arabes Unidos, existen numerosos proyectos de irrigación en donde se busca optimizar los escasos recursos hídricos del país.**

de ésta es administrada directamente a la raíz, gota por gota.

El sistema es extremadamente eficaz y permite dosificar el agua en cualquier punto del cultivo irrigado.

Se le utiliza en los países áridos donde los recursos hídricos son muy escasos, como Israel y los Emiratos Arabes Unidos.

## **El sistema tradicional de las vasijas de barro**

Los pueblos andinos desarrollaron varios sistemas de irrigación adaptados a las condiciones áridas y de altitud.

Uno de ellos se basa en el enterramiento de vasijas de barro semipermeables que quedan con su boca al nivel de la tierra. Una vez llenas de agua van cediendo su contenido en forma gradual. Cuando se vacían, y si las condiciones climáticas lo requieren, se las llena de nuevo asegurando que la planta no se queda sin el vital elemento.

Para mantenerlas operando hay que echarles agua periódicamente. Esta metodología fue investigada y aplicada con éxito en Perú, en el marco de un proyecto apoyado por el CIID de Canadá.

## Recursos hídricos para la irrigación en zonas áridas

La irrigación en las zonas áridas se lleva a cabo, principalmente, mediante la utilización de dos tipos de fuentes hídricas: los acuíferos subyacentes y los ríos de origen alóctono.

En el primero de los casos, se instalan pozos individuales o baterías de pozos que nutren directamente los campos de cultivo o suministran el agua a reservóros en donde ésta puede ser almacenada hasta su utilización. Este método de irrigación es usado en donde no hay cursos de agua con caudales adecuadas para abastecer los sistemas de riego. Es el caso de la mayor parte de los países áridos del Medio Oriente, como por ejemplo Arabia Saudita y los Emiratos Arabes. En Libia se está implementando un proyecto para utilizar las aguas de los acuíferos del Sur con fines de irrigación y aprovisionamiento de agua para las ciudades del norte. En Egipto se está considerando también la posibilidad de utilizar los acuíferos fósiles del oeste del país con el mismo propósito (El-Baz, 1982)<sup>11</sup>.

En el segundo caso, se utiliza el agua de ríos que atraviesan las zonas a ser irrigadas. Generalmente se trata de cursos de agua que se originan en zonas húmedas elevadas, descendiendo a tierras más bajas y áridas. Son ejemplos de este modelo el río Nilo en Egipto, los ríos Amu Dar'ya y Sir Dar'ya en Asia Central, los afluentes del lago Chad en Africa Central, el río Níger en Africa Occidental y el río Colorado en América del Norte.

## El caso de la Cuenca del Nilo

La cuenca del río Nilo es una cuenca compleja e internacional que posee uno de los recorridos más largos del mundo. Los principales contribuyentes de la cuenca son los tributarios mayores: el Nilo Blanco y el Nilo Azul.

Las cabeceras del Nilo Blanco se ubican en el cinturón tropical húmedo africano, en la región de los Grandes Lagos, sobre todo en Uganda, pero también en Kenya, Ruanda y Tanzania. El Nilo Azul, por su parte, al igual que su principal afluente, el río Atbara, baja de las tierras altas húmedas y subhúmedas de Etiopía, suministrando no sólo una porción importante del caudal total, sino también la mayor parte de la carga sedimentaria.

El curso medio del río Nilo, aguas abajo de la confluencia de los afluentes Blanco y Azul, se encuentra en el Sudán, y el curso inferior atraviesa de sur a norte el territorio egipcio.

Debido a que el río corre desde zonas de alta pluviosidad en el sur, a zonas crecientemente áridas en su sección septentrional, sus avenidas representan un recurso fundamental para la zona del norte de Sudán y todo Egipto.



Las poblaciones de estos países, tradicionalmente dependientes de la agricultura, han utilizado desde tiempos muy antiguos las aguas del río para irrigar todos sus cultivos

En Egipto, donde las lluvias no exceden los 100 milímetros anuales, y generalmente son menores a 50 mm., el río Nilo es el único recurso hídrico de magnitud significativa. Gran parte de la alimentación humana, obtenida de los cultivos irrigados, y casi todo el consumo doméstico y urbano, depende de este recurso fluvial.

En la actualidad, la población de Egipto alcanza unos 60 millones de habitantes concentrados sobre todo a lo largo de las márgenes del Nilo; la mayor parte de las ciudades, pueblos y establecimientos agrícolas de este país se encuentran abigarrados en forma compacta en los 40,000 km<sup>2</sup> de la llanura aluvial del río.

Debido a esa dependencia inevitable, cualquier cambio en el régimen fluvial puede transformarse en una cuestión de vida o muerte para los egipcios. Actualmente, hay un tratado internacional que asegura un flujo mínimo para Egipto a partir del lugar donde el río Nilo cruza la frontera entre Egipto y el Sudán. Este último país no utiliza toda su cuota de agua, y por ende, todavía no se han presentado problemas mayores.

Existe una situación conflictiva potencial relacionada con el uso de las aguas subterráneas cerca del cauce. En el norte de Sudán y en el sur de Egipto, el río cruza la cuenca sedimentaria terciaria de las areniscas de Nubia, que contienen un acuífero de grandes dimensiones que es poco conocido y utilizado. Una parte importante del agua de recarga de este sistema hidrológico subterráneo proviene de la infiltración a partir del lecho del río Nilo.

En la actualidad, se utiliza dicha agua para irrigar un cierto número de cultivos en las cercanías del cauce fluvial. La agricultura sudanesa es aún, en gran medida, subsistencial, constituida por exploraciones a pequeña escala. Los cultivos comerciales son poco numerosos.

Cualquier utilización a gran escala del acuífero en el Sudán podría resultar en una reducción del caudal aguas abajo. Es difícil controlar el uso del agua subterránea por Sudán, debido a que no se ha definido con certeza la relación entre las aguas superficiales y subterráneas. Los problemas políticos recientes de este país multiétnico han obstaculizado el desarrollo de programas de irrigación importantes. De todas maneras, es de esperar que en el momento en que se regularice la situación política en Sudán, se produzca un aumento de la extracción de agua del río Nilo, ya sea directa o indirectamente (a través del acuífero). En ese momento podrían desencadenarse conflictos de consecuencias imprevisibles.

Otro problema potencial para las comunidades del río es el proyecto de

dsecamiento y drenaje de los humedales del Sudd, sobre el curso medio del Nilo Blanco, cuyo propósito sería abrir tierras a la agricultura y aumentar el caudal del río, mediante la reducción de la evaporación en esa zona. Esta iniciativa se piensa llevar a la práctica a través de la construcción de un canal de 360 kilómetros (el Canal Jonglei) y otras obras hidráulicas relacionadas. La región del Sudd es una zona de gran biodiversidad que, no sólo regula el caudal del Nilo Blanco, reduciendo los riesgos de inundaciones catastróficas y sequías, sino que también provee abundantes recursos a los pueblos Nuer, Dinka y otros que han vivido en el área por muchas generaciones y que utilizan los humedales en forma productiva y sostenible. La prolongada situación de guerra en el Sudán meridional ha determinado el abandono del proyecto que no es probable que se finalice en el futuro cercano.

En Etiopía, donde nacen los ríos Nilo Azul y Atbara, podrían plantearse problemas similares. Estos dos cursos de agua suministran 85 % del agua de Egipto. Los egipcios están preocupados por la posible construcción de embalses para producción de electricidad o para el riego en las cuencas altas que podrían aumentar la evaporación y disminuir los caudales. Hasta ahora, la inestabilidad política en Etiopía ha imposibilitado este tipo de obras hidráulicas, pero esta situación puede cambiar en el futuro. Han habido conversaciones acerca de la construcción de un embalse en el Lago Tana, en el nacimiento del Nilo Azul y esto podría afectar el control egipcio de las aguas del Nilo (Pearce 1991)<sup>12</sup>.

Un problema más real y urgente en las tierras altas etíopes es la destrucción generalizada de los ecosistemas boscosos y arbustivos de las cabeceras. Los regímenes fluviales se han vuelto mucho más irregulares, con prolongadas sequías interrumpidas por períodos de escurrimiento concentrado. La erosión intensa de los suelos ha causado un aumento considerable en el contenido de sólidos del agua así como efectos de sedimentación aguas abajo. La gran presa de Aswan, en el Alto Egipto, ha sido particularmente afectada por estos aportes de sedimentos que han reducido la expectativa de vida del embalse a unas pocas décadas.

La presa de Aswan fue terminada en 1970 y su inauguración permitió abrir a la agricultura extensas tierras áridas previamente inutilizadas con ese fin. Aparte del impacto positivo inicial sobre la producción agrícola, la obra tuvo varios efectos negativos. Uno de ellos se relaciona con la agricultura tradicional en las planicies aluviales aguas abajo del embalse. Debido a que la presa redujo los volúmenes de limos y arcillas que se depositan en la llanura, se interrumpió el proceso natural de fertilización anual. Ello obligó a la utilización de fertilizantes químicos con todos los inconvenientes que es-

tos representan: costo, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, impacto en la salud de los campesinos. La industria de la construcción también sufrió porque su materia prima dependía del suministro de barros aluviales para hacer los ladrillos. En la actualidad los hornos de ladrillo y los fabricantes de bloques de adobe compiten con los agricultores (con éxito) por los mismos suelos. Cientos de hectáreas de buenas tierras han sido excavadas volviéndose inutilizables. Por esa razón, durante los últimos años disminuyó el área dedicada a la agricultura afectando directamente los volúmenes producidos.

La salud humana también fue afectada por la propagación de enfermedades relacionadas con el agua, en particular la esquistosomiasis o bilharzia, que siempre ha sido común en Egipto, pero que luego de la construcción de la represa se ha extendido a áreas en donde no era frecuente.

La cuenca del Nilo es un sistema hidrográfico frágil que requiere manejo cuidadoso. La gestión de una cuenca multinacional tan compleja no es meramente una empresa técnico-científica, sino que implica temáticas políticas, sociales, económicas e históricas. Sólo un enfoque holístico permitirá resolver sus problemas a largo plazo, sin conflictos, permitiendo su uso óptimo para mejorar la calidad de vida de la población

## La Cuenca del río Jordán

A pesar que el río Jordán es pequeño, posee una gran importancia social y geopolítica. Su valle está situado en una zona donde los recursos hídricos son muy escasos debido a las precipitaciones reducidas (que varían entre 100 mm en el sur a unos 500 mm en las tierras altas del norte). La zona del Jordán ha vivido una historia de conflictos políticos entre los países que comparten su territorio: Israel, Jordania, Líbano, Palestina y Siria (Loneragan y Brooks 1994).

La cuenca alta está sobre todo en Líbano y Siria, en las cabeceras de los ríos Hasbani y Banias. Estos ríos, a los que se agregan otros manantiales cercanos, son los principales afluentes del lago Kinneret (Mar de Galilea) con un volumen de agua total de unos 4,000 millones de m<sup>3</sup>.

El principal emisario de este lago es el río Jordán cuyas aguas son compartidas por Israel, Jordania y la Banda Occidental de Palestina. El río transporta un caudal relativamente escaso de 611 millones de metros cúbicos por año en dirección al Mar Muerto. La salinidad de este cuerpo de agua es de 250,000 ppm, siete veces superior a la de los océanos. Para complicar aún más los aspectos políticos de la gestión hídrica, una porción considerable del agua fluye subterráneamente (en parte rumbo al valle fluvial y la-

gos adyacentes y en parte hacia el mar Mediterráneo) aumentando el riesgo de conflictos.

En una cuenca internacional como ésta, con recursos muy limitados y antiguas rivalidades religiosas, culturales y políticas, la gestión ambiental debe basarse en enfoques integrales y genuinamente participativos de todas las partes involucradas. Todas las actividades humanas dependen de una manera u otra de las decisiones que se tomen con relación al uso del agua. En la cuenca del Jordán, la solución de la problemática hídrica puede ser el paso más sólido hacia la obtención de una paz duradera.

## **La Cuenca del Mar de Aral**

Por largo tiempo, el Mar de Aral fue el cuarto lago más extenso del mundo, con un ecosistema único que evolucionó en aislamiento por muchos millones de años desarrollando una flora y una fauna peculiares en sus 50,000 km<sup>2</sup>.

Esta situación terminó a principios de la década de 1960 cuando el gobierno soviético implementó un proyecto de irrigación gigantesco con el fin de producir algodón utilizando el agua de los ríos Syr-Darya y Amu Darya. El emprendimiento afectó directa o indirectamente las repúblicas de Kazakhshtan, Kirghizia, Turkmenistán y Tajikistan.

Desafortunadamente para las comunidades locales, el volumen del lago dependía casi exclusivamente de las aguas de estos dos ríos. A medida que el agua era desviada a las plantaciones de algodón su caudal se fue reduciendo sustancialmente. El caudal devuelto a los ríos y al lago fue, y todavía es, una fracción del volumen antiguo y además con una calidad muy inferior, con aguas fuertemente cargadas de productos agroquímicos nocivos. Después de tres décadas de degradación el Mar de Aral está muriendo. Sus puertos yacen en seco e inactivos y los ecosistemas acuáticos han disminuido y perdido gran parte de su anterior diversidad (Pearce 1994a). El volumen de agua es 40% de lo que era hace 33 años. En los últimos años su decrecimiento ha continuado a raíz de 27 km<sup>3</sup> por año, los acuíferos vecinos se han secado y se espera que el otrora “gran Mar de Aral” desaparezca totalmente en unos 15 años (Pearce 1994b).

La insostenibilidad del modelo es clara. Los campos de algodón están anegados y el suelo se está salinizando. Prácticamente ya no hay más peces. En algunas comunidades (como en Nukus) el agua es inapropiada para beber. A pesar que hay acuerdo general de que las estrategias deben ser radicalmente modificadas no hay calendarios o plazos para hacerlo. A la luz de la situación económica corriente de estos países, hoy independien-

tes, es dudoso de que se tomen medidas correctivas en el futuro cercano.

## La Cuenca del Chad

La Cuenca del Chad es un sistema hidrográfico endorreico que se extiende por 2.7 millones de km<sup>2</sup> en la porción occidental de África Occidental. La zona norte de la cuenca se encuentra en las regiones áridas y semiáridas del Sahara y del Sahel. Los sectores meridionales y orientales están situados sobre todo en las zonas de sabanas de Sudán, Camerún y la República Centroafricana, aunque también ocupan zonas de bosques tropicales en el sur.

La cuenca es compartida por varios países de los cuales el que ocupa el área más extensa es Chad, que depende de la cuenca para la mayor parte de su producción agrícola y pesca. El centro de la cuenca está ocupado por el Lago Chad que es una depresión lacustre cuya extensión inundada varía con las lluvias.

Los principales ríos afluentes del lago Chad son el Chari y el Logone, que provienen de las tierras altas del Camerún y de la República Centro Africana.

Estos sistemas son los principales abastecedores de agua al lago: 28 mil millones y 12 mil millones de metros cúbicos por año, respectivamente. Los ríos inundan anualmente sus llanuras aluviales (las *Yaeres*) y anegan las orillas del lago. La zona que se inunda efectivamente se estima en unas 59 millones de hectáreas. Las variaciones en el régimen hidrológico del río Logone son importantes; en Baibo-Koum, se registra un caudal máximo de 4.438 m<sup>3</sup> por segundo y un flujo mínimo de tan solo 13 m<sup>3</sup> por segundo.

Los *Yaeres* son el “granero” de la región chadiana. Se cultiva arroz utilizando las aguas de inundación y se planta mijo en las zonas más secas o luego del retroceso de la creciente. También se practica la cría de ganado en asociación con las actividades agrícolas utilizando estrategias itinerantes. Más de 100,000 cabezas son traídas a pastar a los *Yaeres* cada año. Además, los pobladores locales capturan un promedio de 80,000 toneladas anuales de pescado a partir de los ecosistemas acuáticos de la cuenca.

En la década de 1960 se aprobó un gran proyecto de “desarrollo” con financiación internacional con el propósito de asegurar un sistema de irrigación para las tierras bajas del Chad: el Proyecto de Irrigación del Sur del Chad (South Chad Irrigation Project). Se suponía que el proyecto iba a utilizar el agua para “reverdecer los desiertos”. La planificación comenzó en 1962 al fin de un año de lluvias inusualmente elevadas. De acuerdo con uno de los expertos que participó en el diseño del proyecto, la elaboración del mismo fue llevada a cabo en forma irresponsable. El estudio hidrológico se

hizo en tan solo tres semanas y la idea de utilizar otras fuentes hídricas “fue dejada de lado sin mayor consideración”. Se suponía que el proyecto podría ser operativo a cualquier nivel de agua del lago.

En 1992 las zonas de toma estaban desprovistas de agua y muchas embarcaciones yacían abandonadas deshaciéndose sobre la tierra seca, en algunos casos a 60 kilómetros de la orilla del lago. Cuatro mil kilómetros de canales estaban permanentemente secos y algunas aldeas que habían sido inundadas por las crecientes de 1960 estaban a casi 100 kilómetros de la costa. No se espera que la situación mejore en el futuro.

El lago pierde dos metros de agua por evaporación todos los años y los caudales de los ríos Logone y Chari han disminuido a la mitad. El problema no se relaciona solamente con las variaciones naturales de lluvias o los altos niveles de evaporación, sino más bien con la manera como fue concebido, diseñado e implementado el proyecto y en la visión no participativa y antinatural que lo inspiró desde sus inicios.

## La Cuenca del río Colorado

El río Colorado nace en las Montañas Rocosas a una altitud de unos 4,000 metros y fluye aguas abajo de la cara occidental del Longs Peak comenzando una trayectoria de 2,400 kilómetros que lo lleva rumbo al sur al golfo de California y al océano Pacífico. Recibe su escurrimiento de las zonas occidentales del estado de Colorado, formando el Gran Valley donde se encuentran los primeros grandes proyectos de irrigación. Cuando el río entra a este valle, su salinidad es de 200 ppm; cuando abandona el valle, luego de irrigar sus cultivos, el contenido en sales aumenta a un promedio de 6,500 ppm.

Aguas abajo, el río recibe sus afluentes Gunnison y Green, para luego formar el embalse de Powell detrás de la presa del Glen Canyon. Más adelante, se le agregan varios tributarios (ríos Little Colorado y Virgin), que aumentan su caudal, para ser nuevamente represado aguas abajo formándose varios reservorios artificiales: el lago Mead sobre la represa Hoover (Hoover Dam), el lago Mohave aguas arriba de la presa Davis (Davis Dam) y el lago Havasu en la represa Parker (Parker Dam).

Más abajo el río recibe las aguas salobres del río Gila, que hacen aumentar ligeramente su salinidad, hasta llegar al sitio de una de las mayores operaciones de transferencia hidrológica del mundo: el acueducto a California, donde un tercio de su caudal es bombeado hacia el oeste. El agua del río es canalizada al Imperial Valley, Los Angeles y San Diego para satisfacer las necesidades de miles de agricultores californianos y millones de habitantes

urbanos. La mayor parte de las verduras frescas de invierno de Estados Unidos se producen utilizando las aguas derivadas del río Colorado, y por lo menos la mitad del agua consumida en las áreas metropolitanas de Los Angeles, San Diego y Phoenix proviene de su cuenca.

Una pequeña parte del caudal total del río, y con calidad muy pobre, cruza la frontera de Estados Unidos con México para desembocar en el mar.

Para resolver este problema, Estados Unidos y México firmaron un tratado en la década de 1970 para asegurar agua de mejor calidad y en mayor cantidad en el curso inferior del río.

Recientemente el Congreso de EE.UU. aprobó inversiones en equipos para la remoción de sales en una planta en Yuma. Se estima el costo en US\$ 300 por unidad desalinizada, mientras que el agua que los agricultores compran aguas arriba les cuesta apenas US\$ 3.5.

Como se describe en el Capítulo 12, el río Colorado ha sido modificado en forma considerable y no necesariamente por buenas razones. Hoy, el curso del río es, en gran medida, un sistema artificial; La vida acuática ha sido afectada tanto en su cauce como en el Golfo de California; su flujo se ha reducido; y los acuíferos han sido modificados directa o indirectamente, reduciendo la potencialidad de los sistemas. El modelo del río Colorado es otro ejemplo de utilización inadecuada y no participativa de los recursos naturales. Esperamos que en el siglo XXI se logren revertir los efectos de estas obras hidráulicas faraónicas cuya insostenibilidad ha sido demostrada repetidas veces.

## **Los Acuíferos del Oeste de Estados Unidos**

En los acuíferos y cuencas de California central se observan problemas similares de interferencia irracional en los sistemas naturales. Al principio del siglo XX, casi toda el agua de California provenía de fuentes subterráneas; ahora la proporción es del 40%. Los agricultores del valle central (valles de Sacramento y San Joaquín) sobreutilizaron el agua, y por la década de 1930 la economía agrícola estaba en una situación cercana al colapso. Fue en ese momento que los agricultores convencieron a la legislatura que autorizara el Proyecto del Valle Central (Central Valley Project), que en ese momento era, sin lugar a dudas, el proyecto de aguas más grande del mundo. Su financiación provino parcialmente del gobierno federal bajo la presidencia de Franklin Roosevelt.

En la década de 1960 se implementó una nueva iniciativa: el Proyecto de Aguas de California (California Water Project) de similar tamaño. Juntos estos proyectos suministraron un volumen de agua ocho veces mayor al

requerido para abastecer a la ciudad de Nueva York.

A pesar del agua adicional, el sobreuso continuó debido a que los agricultores, en vez de meramente sustituir las antiguas fuentes por las nuevas, continuaron utilizando los viejos recursos hídricos y abrieron más tierras para el cultivo. Se estima que los volúmenes utilizados por encima de la capacidad de renovación de los acuíferos fueron de 3,000 millones de m<sup>3</sup> por año, causando una crisis hídrica en todo el estado.

La falta de regulación del bombeo de aguas subterráneas ha sido una característica permanente del sistema legal californiano. Ello fue, sin lugar a dudas, un factor principal que contribuyó a la situación crítica actual.

Sin embargo, los casos de sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos no se limitan a California o Estados Unidos, pueden encontrarse en muchos otros lugares del mundo desde el valle de México a Bangkok y desde Manila a La Habana.

## El Acuífero Ogallala

El acuífero Ogallala es uno de los reservóros de aguas subterráneas más extensos y más utilizados del mundo. La mayor parte del agua de irrigación de Texas, Kansas, Colorado, Oklahoma, Nuevo México y Nebraska proviene de esta gigantesca cuenca subterránea. La sobreextracción continuada ha provocado una reducción gradual de la presión en el acuífero, los pozos no son más artesianos, los niveles de agua han descendido, y los costos de bombeo aumentado. Ultimamente se ha creado conciencia de que el agua se termina, y muchos expertos comienzan a formularse preguntas acerca de la necesidad de respetar los límites de renovabilidad para proteger el recurso.

Históricamente, en el centro-oeste de Estados Unidos, la sostenibilidad de la explotación de los acuíferos no fue una preocupación primordial. Un ejemplo de la filosofía que inspiraba las políticas de aguas y las tomas de decisiones durante las décadas de 1950 y 1960 (y aún hoy en algunos casos) se puede apreciar en las declaraciones de Felix Sparks, antiguo jefe del Consejo de Conservación de Aguas de Colorado (Colorado Water Conservation Board).

Cuando se le preguntó acerca del futuro del agua en el estado, respondió con una pregunta retórica: “¿Qué va usted a hacer con toda esa agua? ¿Dejarla en la tierra?”.

El ingeniero estatal responsable del agua en Nuevo México (Stephen Reynolds) emitió declaraciones análogas que ilustran este tipo de enfoques: “Tomamos una decisión consciente de extraer nuestra parte del Ogallala durante un período de 25 a 40 años” (Reisner 1986).



De acuerdo con esta filosofía, la solución a la escasez de agua residía en la implementación de nuevos proyectos, incluyendo algunos que eran muy caros y resultaron en retornos de las inversiones de 5% o menos.

En Reno, Nevada, los juegos de azar y la prostitución están permitidos, pero los medidores de agua fueron ilegales durante mucho tiempo.

## Definiendo las estrategias hídricas

Uno de los problemas de gestión hídrica más apremiantes es el conflicto existente entre los grupos y sectores agrícolas y urbanos para obtener el valioso y escaso recurso al menor precio posible.

Individualmente y por volumen, los agricultores consumen mucha más agua que los habitantes de las ciudades (incluso cuando se tienen en cuenta los consumidores industriales urbanos). Por esa razón, la competitividad de las actividades agrícolas está estrechamente relacionada con el costo del agua. Si el agua es cara el agricultor se ve imposibilitado de vender sus productos en el mercado a un precio competitivo. Los usuarios urbanos, en cambio, pueden permitirse pagar mucho más por unidad de agua porque el costo se comparte entre muchos y porque su consumo per cápita es mucho menor.

En la competencia entre agricultores y ciudades son éstas últimas las que tienden a imponerse. En algunos casos, ello puede ocurrir en detrimento de actividades agrícolas tradicionales de muchos pequeños granjeros que dependen de la irrigación (por ejemplo en Egipto). En otras situaciones, las políticas de aguas especulativas pueden terminar en el despojo de los pequeños agricultores o comunidades indígenas, desviando el agua para grandes compañías dedicadas a la explotación agrícola comercial (por ejemplo, la transferencia de agua desde el valle Owens a los valles inferiores en California en la década de 1920).

Otro problema que se origina a partir de la implementación de estrategias hídricas inapropiadas en zonas de irrigación es la contaminación de las aguas debido a la utilización indiscriminada de agroquímicos. Si bien los sistemas legales, políticas y controles en esta materia son variados de acuerdo a los países<sup>13</sup>, y algunos pesticidas de toxicidad prolongada, como el DDT han sido prohibidos, la aplicación de ciertas sustancias dañinas al ambiente y la salud humana continúa a nivel mundial en muchas zonas de riego.

## Referencias

1. En Bethemont, J.; 1980; *Geografía de la utilización de las aguas continentales*; Oikos Tau, Barcelona, España, p.252.

2. Palacios-Vélez, Enrique, 1994; "Water use efficiency in irrigation districts"; en *Efficient Water Use*, pp. 223-234, editado por Unesco, Montevideo, Uruguay.
3. Bethemont, op.cit.; p. 253
4. Un caso ilustrativo se encuentra en la isla de Bali, descrita con cierto detalle en el capítulo 18.
5. Estos datos provienen del distrito de riego 033, de Atlacomulco, Estado de México en donde el agua es suministrada por la Comisión Nacional del Agua por gravedad. Allí los campesinos poseen pequeñas parcelas (promedio 1.27 ha) y utilizan el riego para plantar maíz. Si los precios del agua aumentaran no les sería posible sobrevivir acelerando los procesos de migración rural. Por esa razón, se puede afirmar que el precio del agua es sobre todo un precio "social".
6. En algunas zonas de México, son los precios bajos del agua que permiten sobrevivir a los campesinos. Si el agua se cobrara a su precio real, las pequeñas fincas agrícolas no serían competitivas acelerando los procesos de migración rural a las ciudades, ya de por sí bastante intensos.
7. Referencia obtenida de Martínez-Austria, Polioptro, 1994; "Efficient use of irrigation water"; en *Efficient Water Use*, p. 101.
8. Ciudad que existió entre los siglos III a.C. y III d.C. en el territorio actual de Arabia Saudita (Provincia Oriental, cerca de Jubayl).
9. Hasta un cierto límite, por ejemplo unos pocos metros de extensión longitudinal.
10. Ejemplo mencionado por Bethemont para la Baja Camargue de Francia.
11. El-Baz, Farouk, 1982; "Egypt's desert of promise"; en *National Geographic*; Vol. 161, N° 2, febrero de 1982, pp. 190-221.
12. Pearce, F., 1991; "Africa at a watershed"; en *New Scientist*; 129 (1761), p.34-40.
13. Este tema es tratado en profundidad por Farah, Jumanah, 1994; *Pesticide policies in developing countries*; The World Bank Discussion Paper 238, Washington, DC.