

LA COOPERACION TECNICA POR DENTRO

Organismo Internacional de Energía Atómica

Junio de 1996 Vol. 2, N° 2

INDICE

Utilización del fuego.....	1
Extracción del tesoro.....	1
Reposición capital	2
Los isótopos y el agua.....	5
Muy breves	7
Resecas llanuras esperan	8

Extracción del tesoro que subyace en el Sáhara

El norte de Africa es una vasta zona árida donde la escasez de agua afecta toda actividad económica, la salud y el bienestar de millones de personas. En la mayoría de los países, el agua subterránea de pozos someros se extrae manualmente o mediante versiones del tornillo de Arquímedes. Con el crecimiento demográfico y el aumento de la demanda de agua, estas fuentes resultan ya insuficientes.

En un complejo sistema de extensiones de rocas acuíferas situadas a gran profundidad bajo tierra existe una nueva fuente de agua subterránea. Esa agua se puede extraer perforando pozos a varios cientos de metros de profundidad, y bombeándola a la superficie. Ahora bien, la experiencia internacional demuestra que ello

Utilización del fuego subterráneo

En las costas a ambos lados del Pacífico, en lo que se denomina el Cinturón de Fuego del Pacífico Circunlitoral, El Salvador y Filipinas están explotando de manera estable sus recursos geotérmicos para producir electricidad. La mayoría de los países situados dentro de esta vasta zona de antigua actividad volcánica poseen embalses geotérmicos -calderas burbujeantes que contienen fluidos varias veces más calientes que el agua en ebullición. Este vapor seco y esta agua caliente son fuentes potenciales de alta presión para accionar turbinas y generar energía.

La energía geotérmica tiene muchas ventajas, en especial para los países que emplean sus escasas divisas en importar combustibles fósiles para sus centrales termoeléctricas.

En primer lugar, reduce los gastos de importación. Como es una fuente autóctona, ofrece también una mayor independencia energética. Los sistemas modulares prefabricados ahora facilitan la instalación y puesta en marcha de nuevas centrales.

En segundo lugar, las centrales geotérmicas pueden funcionar todo el año y no son vulnerables a la

suele ser arriesgado e incluso puede ser contraproducente, ya que los costosos pozos pueden secarse, el agua puede traer consigo sales no deseadas, y la extracción intensiva puede provocar la subsidencia de la superficie. La gestión controlada y sostenible de los sistemas acuíferos requiere un análisis muy profundo.



Un técnico de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) de El Salvador toma muestras de un pozo geotérmico (Cortesía: J. Gerardo/OIEA)

sequía, como las hidroeléctricas, ni a los atrasos en el suministro de combustible. Si se explotan adecuadamente, los embalses pueden durar indefinidamente.

(continúa en la página 3)

En 1995, el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA inició un proyecto modelo cuatrienal para reunir datos esenciales, y proporcionar tecnología isotópica a nueve países del norte de Africa -Argelia, Egipto, Etiopía, Libia, Malí, Marruecos,

(continúa en la página 4)

Reposición capital en Venezuela

Caracas atraviesa una compleja crisis de agua. Por una parte, padece una aguda escasez y por la otra tiene un exceso de agua no deseada que se debe transportar a lugares distantes y desecharla. El servicio de abastecimiento de agua se interrumpe en todos los distritos de la ciudad durante horas algunos días y todo el día en otros. Además, el agua corriente *no* llega a las superpobladas zonas periféricas. Ni siquiera el Ministerio de Recursos Hídricos está exento de esta crisis. Todos los días los medios de difusión dan a conocer el nombre de los distritos, e incluso de hospitales y escuelas específicos, que ese día recibirán

las viviendas están diseminadas desordenadamente hasta en las laderas de la cuenca. La red de abastecimiento tropezó con dificultades para satisfacer la creciente demanda de agua, incluso antes de que los niveles de los embalses comenzaran a descender tras las muy escasas lluvias registradas en el norte de Venezuela en los últimos años.

Irónicamente, hay una fuga gigantesca en las tuberías de hormigón soterradas que transportan el agua de los embalses a la ciudad.

Además, el drenaje natural del agua subterránea quedó bloqueado cuando se "canalizó" el

nicas isotópicas para determinar con precisión la cantidad, los caudales y la calidad del agua en partes más profundas del sistema acuífero que subyace en la ciudad. El principal objetivo es encontrar nuevas fuentes de agua que compensen al menos una parte del actual déficit de 260 000 metros cúbicos diarios. Es posible que como resultado los métodos de extracción de aguas profundas que se investigan puedan contribuir a que la capa freática descienda lo suficiente y se interrumpa el antieconómico y costoso bombeo.

Si se ha de usar el sistema acuífero, al menos durante los períodos de sequía o para el abastecimiento local limitado, tienen que establecerse una serie de parámetros. ¿Qué volumen de agua contiene el sistema? ¿Cuál es su tasa de descarga y recarga? ¿De dónde proviene el caudal de entrada? ¿Cuál es el grado de pureza del agua en diferentes partes del sistema? ¿Cuáles son los procesos y las vías de contaminación? Las técnicas hidrogeológicas convencionales no pueden brindar respuestas definitivas. Los isótopos utilizados como trazadores, junto con las técnicas geoquímicas, sí pueden hacerlo con precisión y rapidez notables.

A finales de 1995, el organismo de abastecimiento de agua había trazado un mapa del sistema acuífero -descrito como una estructura vertical en dos subsistemas con zonas horizontalmente definidas- y también había determinado y caracterizado sus fuentes de recarga. Al parecer, el agua procedente de algunas profundidades específicas podría reducir significativamente el déficit de agua potable. Otras zonas del sistema acuífero podrían suministrar agua con calidad suficiente para el riego, la industria y otras necesidades.

En el marco del proyecto se están transfiriendo tecnología y conocimientos técnicos para mantener un control constante de la calidad del agua subterránea extraída. Se ofrecerán capacitación técnica y equipo de laboratorio destinado especialmente al control de calidad del agua y se ayudará a elaborar un modelo matemático a fin de pronosticar cambios en los patrones de caudal y en los niveles de la capa freática



Camiones cisterna abastecen de agua a los sedientos distritos de Caracas. (Cortesía: H.F.Meyer/OIEA)

agua corriente. "La Operación Ayuda entrega 40 camiones cisterna de agua (alrededor de un millón de litros) al distrito de Sucre, que hacía 20 días no la recibía", se expresó con lamentación en un típico reportaje aparecido recientemente.

Hasta principios del decenio de 1960, Caracas, situada en un valle poco profundo a unos 1000 metros sobre el nivel del mar, se abastecía de agua para uso doméstico de las aguas subterráneas someras. En los años cincuenta y sesenta se construyeron embalses alimentados con agua de lluvia en terrenos cercanos más elevados para suministrar agua tratada a la ciudad, de menos de un millón de habitantes.

No obstante, desde entonces la población ha crecido aceleradamente hasta llegar a alrededor de cinco millones de personas en la actualidad, y

cercano río Guaire hace algunos años. Al no tener más opción que la de emerger, el agua subterránea, cuyo nivel ha crecido por la fuga, ha llegado tan cerca de la superficie que el ferrocarril subterráneo y los cimientos de otros edificios están en peligro. La sedienta población ya no puede consumir esta agua porque ha alcanzado niveles tales que se ha contaminado con las aguas residuales y otros contaminantes. Por eso, en muchos lugares de la sedienta ciudad el sonido de las bombas da fe de que el agua subterránea se extrae incesantemente, sólo para desecharla en lugares más distantes.

Desde mediados de 1994, un proyecto de cooperación técnica del OIEA viene ayudando a resolver la parte del problema relacionada con el agua subterránea, utilizando téc-

(continúa en la página 7)

En estos tiempos de preocupación por el cambio climático y los gases de efecto invernadero, una ventaja principal de esta energía es que podría explotarse en un régimen inocuo para el medio ambiente. Los administradores de las centrales deben asegurarse de que toda la cuenca hidrográfica donde esté situada una central esté protegida, dado que es la fuente de agua dulce la que mantiene vivo el embalse. Toda el agua extraída se puede reinyectar al embalse en lugar de verterla en la superficie. Filipinas optó por la energía geotérmica, pese a los elevados gastos de capital, porque reduciría entre el 5% y el 10% las emisiones de carbono proyectadas en comparación con, por ejemplo, las centrales eléctricas alimentadas con carbón. Esta opción fue respaldada por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, al proporcionar recientemente 30 millones de dólares de los Estados Unidos (lo máximo que permite su reglamento) para una nueva central geotérmica en Filipinas.

La tecnología para explotar la energía geotérmica se ha aplicado durante casi 100 años. La primera central geotérmica, situada en Larderello, Italia, ha venido produciendo electricidad desde 1904. No obstante, a nivel internacional esta tecnología está subutilizada. Alrededor de 18 países aprovechan esa energía, pero la electricidad generada sólo representa una pequeña fracción de la producción nacional. Los Estados Unidos de América, mayor productor de electricidad del mundo, generan más de 2200 megavatios eléctricos (MWe). Entre otros productores principales figuran México (700+ MWe), Italia (500+) y el Japón (200+). El verdadero obstáculo que se opone al desarrollo de la energía geotérmica ha sido la virtual imposibilidad de dar por seguros los datos esenciales para su gestión sostenible y ecológicamente segura. ¿Qué cantidad de vapor y agua caliente contiene el embalse geotérmico? ¿A qué tasa se recarga? ¿De dónde procede esa agua? Con un valor ascendente a unos dos millones de dólares cada uno, la perforación de pozos es un componente costoso del desarrollo de la energía geotérmica; por eso, ¿cuál es el mejor lugar para perforar?

Las técnicas de la hidrología isotópica pueden contribuir a responder esas preguntas con gran precisión y rapidez. Los radisótopos utilizados como trazadores se pueden detectar a

grandes profundidades bajo tierra. Los isótopos estables pueden revelar direcciones, trayectorias y tasas del caudal de entrada y salida del agua en el embalse. Estos poderosos instrumentos también pueden indicar dónde perforar y cuál es la mejor manera de realimentar el embalse con el agua extraída, lo que asegura el uso sostenible del recurso y que el agua de desecho no dañe el medio ambiente. Por conducto de los últimos proyectos de cooperación técnica del OIEA se ha prestado ayuda a Etiopía, Grecia, China, Guatemala, Indonesia, México y Nicaragua con miras a desarrollar la capacidad para explotar los recursos geotérmicos, mediante la transferencia de conocimientos técnicos y equipo a fin de aplicar las técnicas isotópicas.

El Salvador y Filipinas ya están utilizando el calor geotérmico. El OIEA brinda su apoyo a esas actividades dado el considerable compromiso con esa labor y la alta prioridad concedida a la energía geotérmica en los programas nacionales de desarrollo económico.

Filipinas ya es el segundo productor principal de electricidad geotérmica del mundo. Si bien en este país la electricidad se sigue generando mayormente a partir del quemado de petróleo importado, la participación de la energía geotérmica representa ahora el 24% (1036 MWe), y está



Cortesía: J. Gerardo/OIEA

aumentando. Se espera que la explotación de los campos actuales suministre otros 680 MWe dentro de tres años, mientras que se exploran otros campos potenciales que podrían aportar más de 2500 MWe adicionales a comienzos del próximo siglo, lo que convertiría al país en el mayor productor de energía geotérmica del mundo.

El Salvador está también entre los 10 principales productores de energía geotérmica del mundo, aunque su participación representa sólo el 14% de la producción nacional de electricidad, que es de 900 MWe. El campo de Ahuachapán se ha venido explotando desde 1975 y actualmente genera 58 MWe con 32 pozos. En 1992 se comenzó a explotar un nuevo campo, en Berlín, que con 10 pozos produce 5 MWe. Dado el aumento de la demanda de electricidad a un promedio del 9% anual desde el inicio del programa de reconstrucción económica en 1992, la energía termoeléctrica generada con petróleo y gas importados suministra un 40% de la energía eléctrica total del país. La energía hidroeléctrica aporta el 46%; no obstante, su ulterior expansión es limitada, ya que el único gran río del país se ha explotado casi al máximo.

El plan nacional prevé duplicar la producción de energía geotérmica en el próximo quinquenio. De un nuevo préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo de 215 millones de dólares, se invertirán, por lo menos, 180 millones en desarrollar fuentes geotérmicas -15 nuevos pozos en Ahuachapán, 18 en Berlín, y trabajos de exploración en otros lugares. El gobierno espera reducir las importaciones de combustible fósil en 20% en dos años -lo que representa un ahorro anual de unos 32,8 millones de dólares de los Estados Unidos- y seguir disminuyéndolas progresivamente. Unos 225 000 hogares adicionales también recibirán electricidad. En general, el proyecto modelo está contribuyendo a mejorar la capacidad nacional para interpretar los datos isotópicos y geoquímicos que resultan vitales para la exploración y generación de la energía geotérmica a largo plazo. Con este fortalecimiento de la capacidad, El Salvador podrá brindar servicios de análisis a otros países de la región.



Muchas manos trabajando: Escena usual alrededor de los pozos de aguas someras de la región del Sáhara. (Cortesía: Carnemark/Banco Mundial)

Níger, Senegal y Sudán- de modo que puedan aprovechar más eficazmente sus aguas subterráneas. Egipto, Etiopía, Marruecos y Senegal, con problemas que reclaman soluciones urgentes, están comprendidos en la primera etapa (1995-1996) del proyecto modelo. Los cinco países restantes serán incluidos en la segunda etapa, que comenzará en 1997.

- En estos momentos, Egipto depende casi exclusivamente del Nilo para satisfacer todas sus necesidades de agua. El valle del Nilo ya está superpoblado, por lo que el proyecto modelo está dirigido a "reclamar" los bordes del Sáhara circundante. En Qena y Esna, al noroeste, ya se han establecido algunos asentamientos. ¿Puede el acuífero superficial del Nilo sustentar unas 50 000 hectáreas y dos millones de personas?
- En Etiopía, la región de Moyale, de unos 45 000 km² de extensión y expuesta a la sequía, tiene tres millones de habitantes y una de las mayores concentraciones de ganado de África. ¿Pueden sus acuíferos asegurarles un abastecimiento estable de agua?
- Al sur de las montañas Atlas, en el suroeste de Marruecos, medio millón de personas cultivan en con-

diciones difíciles 15 000 hectáreas en las mesetas de Tafilalt y Guelmim con agua procedente de algunos ríos efímeros. ¿Podrían los acuíferos cercanos proporcionarles agua abundante y de buena calidad?

- En el lejano oeste del continente, el 70% del agua que se suministra a la capital del Senegal, Dakar (con una población de 2 millones de habitantes), se extrae de los acuíferos costeros. La demanda diaria es de 250 000 metros cúbicos. Durante los períodos de sequía, el déficit estimado es de hasta 100 000 metros cúbicos diarios. ¿Cuánto más puede obtenerse de los acuíferos, sin provocar la intrusión de agua salada?

Estos son los principales problemas que se abordan en la primera fase del proyecto modelo mediante estudios sobre el terreno y el análisis de la composición isotópica del agua local.

Los resultados preliminares obtenidos en Egipto son al parecer alentadores. Se ha comprobado que el acuífero superficial del Nilo se está recargando del enorme acuífero contiguo de arenisca de Nubia de mayor profundidad. Se espera que en los estudios en curso se determinen la tasa y el volumen de la recarga. No se considera un problema que el

Tres isótopos de especial interés para la hidrología son el deuterio (H-2), el tritio (H-3) y el oxígeno 18 (O-18). Como son más pesados que los otros dos isótopos (el H-1 y el O-16, respectivamente), el vapor de agua que asciende del océano y forma nubes de lluvia contiene menos isótopos H-2, H-3 y O-18 que el agua de mar. Cuando el agua de las nubes se precipita, primero se desprende la mayoría de estos isótopos y la humedad que queda en las nubes, que se liberará posteriormente, tendrá una cantidad relativamente menor de tales isótopos. Por tanto, la lluvia de las regiones costeras posee una composición isotópica distinta de la que cae tierra adentro y en las montañas.

Otros cambios en las relaciones de H-2/H-1 y O-18/O-16 (que dependen principalmente de la temperatura) se producen cuando el agua de lluvia regresa a los océanos por vías y a profundidades y velocidades diferentes. En este proceso el agua adquiere "características" isotópicas distintivas en medios ambientes diferentes, y el análisis de una muestra puede indicar su "edad", origen y cómo llegó al lugar. Las técnicas de la hidrología isotópica apoyan diversas investigaciones ya que permiten medir las relaciones que establecen una serie de otros isótopos elementales, es decir, el helio, el carbono, el nitrógeno, el azufre y el cloro.

acuífero de arenisca de Nubia contenga "paleoaguas", que no se ha recargado activamente desde el último período de lluvias de hace unos 6000 años.

Este acuífero abarca decenas de cientos de kilómetros cuadrados y es el mayor que se conoce en el mundo. Es poco probable que se agote debido a

(continúa en la página 6)

Los isótopos y el aprovechamiento de los recursos hídricos

A la Tierra le llamamos el planeta azul. Las fotografías tomadas desde el espacio muestran una característica que no se observa en ninguna otra parte del universo visible. El agua es la base de la vida en la Tierra. Las dos terceras partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua y los expertos calculan que el volumen es de unos 1500 millones de kilómetros cúbicos. Sin embargo, sólo un 2% es agua dulce y casi toda está atrapada en glaciares, casquetes de hielo y profundos embalses subterráneos. Se calcula que sólo se dispone de unos 2000 kilómetros cúbicos para satisfacer las necesidades de los seres humanos. Ello ha bastado para preservar la vida en la Tierra, pero según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la demanda mundial de agua se duplica cada 21 años. Dada la amenaza que para los recursos finitos representa la contaminación procedente de los sectores industrial, agrícola y doméstico, el agua es un recurso cada vez más preciado.

La historia contemporánea registra conflictos entre naciones por los derechos y el acceso a los recursos de combustibles fósiles. Esos conflictos también podrían surgir en el futuro debido a la escasez de agua pues muchos países del mundo carecen de recursos hídricos abundantes para satisfacer sus necesidades. Las actividades de cooperación técnica del OIEA se centran cada vez más en ayudar a los países (y apoyar la cooperación regional) en la investigación y aprovechamiento de los recursos hídricos mediante la hidrología isotópica. Las técnicas isotópicas proporcionan un importante instrumento de análisis a los encargados de la gestión de los recursos naturales. El Organismo ha creado en Viena un laboratorio especializado en hidrología isotópica que apoya las actividades nacionales de desarrollo de la gestión de los recursos naturales. Por lo general, los proyectos de CT amplían la experiencia y los conocimientos técnicos mediante la capacitación, la asesoría de expertos y la entrega de equipo para mejorar la infraestructura local y fomentar la capacidad



Cortesía: Carnemark/Banco Mundial

que permita estudiar los recursos hídricos mediante isótopos trazadores.

Este número de La Cooperación Técnica POR DENTRO versa sobre el uso de las técnicas isotópicas para ordenar de manera eficiente y sostenible la explotación y conservación del agua. Los isótopos son instrumentos extremadamente eficaces para la investigación de muchas esferas de las ciencias naturales. La mayoría de los elementos están compuestos por distintos isótopos que son casi idénticos entre sí desde el punto de vista químico, pero con diferentes masas atómicas. Nuestra indispensable molécula de agua está compuesta principalmente por dos isótopos: el hidrógeno (H-1) y el oxígeno (O-16). Pero junto con estos isótopos "abundantes" hay otros "raros", que aparecen en concentraciones relativamente bajas y variables (H-2 y O-18). Estos isótopos raros permiten realizar una amplia gama de investigaciones hidrológicas.

La hidrología isotópica se ha convertido en una esfera multidisciplinaria. En la explotación de los recursos de energía geotérmica, las técnicas isotópicas ayudan a determinar las regiones de alto flujo calorífico y el origen de los fluidos. Se utilizan pozos profundos de hasta 3 km para extraer vapor que se transporta con destino a una central eléctrica. Al investigar la contaminación del agua subterránea con las aguas residuales, los isótopos de boro pueden usarse para detectar y medir la contami-

nación y sus trayectorias. El rápido aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) en la atmósfera puede estar provocando el calentamiento de la atmósfera como consecuencia del "efecto invernadero". Las técnicas isotópicas también están demostrando ser un instrumento eficaz para solucionar este complejo fenómeno ambiental mediante el análisis subatómico de los isótopos de carbono a fin de determinar qué sucede con los gases de efecto invernadero en la atmósfera. La composición isotópica del agua puede brindar información sobre el clima en períodos anteriores y permitir a los expertos vigilar y comparar los fenómenos del calentamiento de la atmósfera, así como evaluar el cambio climático retrocediendo decenas de miles de años atrás. Las técnicas isotópicas también se están utilizando para ayudar a explicar fenómenos ambientales como la elevación del nivel de las aguas del mar Caspio. En el próximo número de La Cooperación Técnica POR DENTRO se examinarán estas aplicaciones conexas de las técnicas isotópicas que apoyan la gestión ambiental de los recursos naturales.

En los últimos diez años, el OIEA ha apoyado unos 160 proyectos de cooperación técnica por un valor de 18,8 millones de dólares en transferencia de tecnología y conocimientos técnicos, con el propósito de ayudar a 63 países a mejorar su infraestructura nacional para las aplicaciones de la hidrología isotópica. Más de 550 estudiantes han recibido capacitación en hidrología isotópica a fin de desarrollar aptitudes autóctonas para la aplicación y análisis de investigaciones isotópicas con vistas a la gestión de los recursos naturales. En este número de La Cooperación Técnica POR DENTRO se describen algunos proyectos que están contribuyendo de manera significativa a mejorar la calidad de vida de las personas en comunidades de diversos rincones del mundo.

la extracción destinada a las tierras recuperadas. Se espera que en el estudio se determine qué volumen de agua se puede extraer del acuífero del Nilo y a qué tasa sin consecuencias perjudiciales.

Las noticias que llegan de Marruecos son ambivalentes. Los datos isotópicos han refutado indicios hidrológicos anteriores obtenidos con métodos convencionales de que el acuífero ubicado en el norte de la zona de Tafilalt se está recargando. Se ha demostrado que contiene paleoaguas y que su explotación irracional lo secará. No obstante, los análisis isotópicos indican que otros dos sistemas, situados al sur de la meseta de Tafilalt y en la meseta de Guelmim, se han recargado con las precipitaciones recientes. En mayo comenzaron los estudios isotópicos en la zona no saturada de la cuenca meridional de Tafilalt (a través de la cual el agua de lluvia se filtra hasta llegar al acuífero) con el objetivo de determinar la cantidad de la recarga y la descarga del agua subterránea y su posible contaminación.

En el Senegal las autoridades esperan que las actividades relacionadas con el proyecto permitan extraer un mayor volumen de agua subterránea, suficiente para compensar el 70% del actual déficit. El proyecto concentra la atención en determinar qué cantidad de agua se puede extraer sin riesgo de intrusión de agua de mar en los acuíferos, e idear los medios para la ordenación racional de ese recurso. El Senegal ya tiene expertos en el uso de isótopos en las investigaciones de las zonas no saturadas. Estos expertos apoyarán las investigaciones en Marruecos.

Las investigaciones que se realizan en la región etíope de Moyale contribuyen a determinar las características de la recarga de los acuíferos y muy probablemente también la tasa de recarga. Esta evaluación básica es esencial para lograr un buen aprovechamiento de los recursos hídricos y no puede hacerse por otros medios. En el marco del proyecto se realizaron estudios geofísicos de 14 emplazamientos de perforaciones y hasta el momento se han perforado seis nuevos pozos.

Encontrar nuevas fuentes de agua reporta beneficios sólo si los recur-



Pasantes del proyecto procedentes de Argelia, Marruecos y el Senegal realizan análisis químicos del agua in situ al lado de un pozo de una zona rural de la península de Dakar. (Cortesía: K. Froelich/OIEA)

El agua de lluvia que se filtra en el suelo habitualmente regresa a los mares de procedencia. Las plantas absorben una parte de ella y a la larga la transpiran a la atmósfera. Otra parte llega a los lagos y con el tiempo se evapora. Otra pasa a los ríos y rápidamente vuelve al mar. El resto desciende gradualmente a distintas profundidades por debajo de la superficie del suelo. Grandes bolsones de esta agua de lento desplazamiento saturan múltiples capas de roca.

Estas "zonas saturadas", también llamadas acuíferos, a menudo reciben agua de lluvia fresca con velocidad suficiente para permanecer saturadas. De ellas se puede extraer agua de manera sostenible por distintos medios, es decir, desde pozos someros hasta perforaciones profundas, según la tasa de recarga. Algunos embalses muy profundos quizás se abastecieron de agua durante períodos prehistóricos de abundantes precipitaciones hace miles de años. Estas "paleoaguas", que no se han recargado con nuevas lluvias, también se escurren hacia el mar, pero tan lentamente que pueden pasar millones de años antes de que se agoten. Entre tanto, "envejecen" y su "edad" se puede determinar mediante el empleo de radisótopos naturales, como el carbono 14, para saber si el acuífero es o no un recurso finito.

Los recursos se aprovechan adecuadamente. El establecimiento de buenas prácticas de aprovechamiento es un objetivo central del proyecto modelo.

En este sentido, a principios de 1996, con la celebración de un seminario en el Senegal y un taller en Marruecos, comenzó la elaboración de modelos de computadora como instrumentos de gestión. A fines del año en curso concluirán la capacitación complementaria y la creación de un soporte lógico (software) basado en los resultados de los proyectos.

Este soporte lógico de computadora se modeló conforme al del United States Geological Survey (USGS) y al de la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales del Commonwealth (CSIRO) de Australia, respectivamente. Los especialistas que trabajaron en la elaboración de los modelos del USGS y de la CSIRO han ayudado asesorando los trabajos del proyecto y proporcionando la capacitación necesaria.

Muy breves: Lo último en reportajes y noticias

Avances en la desalación del agua de mar

Como más de 1400 millones de kilómetros cúbicos de agua de mar cubren las dos terceras partes de la superficie de la Tierra, muchas poblaciones con déficit de agua podrían tener acceso a enormes recursos potenciales de agua dulce de llegarse a demostrar un medio económico para desalar el agua de mar.

Esa es la hipótesis de trabajo de un estudio de viabilidad que inició el Organismo en 1994, estudio que ha definido opciones para el empleo de reactores nucleares de pequeño y mediano tamaños como una posible fuente de energía para plantas de desalación que produzcan agua potable a bajo costo en el norte de África.

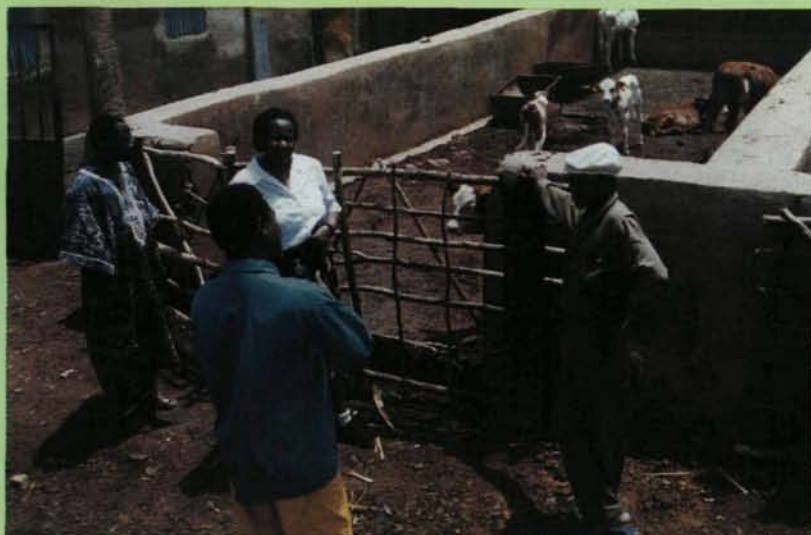
Entre los participantes en el estudio de viabilidad se encuentra Marruecos, que está a punto de emprender un estudio conjunto previo al proyecto de una planta de demostración con asistencia del OIEA y China. La planta utilizaría un reactor de 10 megavatios suministrado por China para producir 8000 metros cúbicos diarios de agua potable.

En el estudio participan además Argelia, Egipto (que también está estudiando el diseño del proyecto), Libia, Arabia Saudita y Túnez. El estudio recibió una ayuda financiera de más de 670 000 dólares de los Estados Unidos procedente de Argentina, Canadá, Corea, Estados Unidos, Jordania, Libia y el Organismo Arabe de Energía Atómica.

El Organismo celebrará un simposio internacional sobre el tema en 1997, en colaboración con la ONUDI, la OMS, la OMM y la UE.

Mesa redonda da inicio a campaña de la TIE en Malí

En gran parte de África, el desarrollo ganadero está limitado por la propagación de la mosca tsetse, que transmite un tipo de enfermedad del sueño denominada nagana (véase El exterminador del ganado encuentra la horma de su zapato, en *La Cooperación Técnica POR DENTRO*, marzo de 1996).



La tripanosomiasis amenaza cada vez más al ganado de Malí. (Cortesía: P. Fonchard/OIEA)

Las tasas de infección del ganado de hasta el 45% en las zonas periurbanas de Bamako, han motivado al Gobierno de Malí a celebrar una mesa redonda con sus asociados para el desarrollo a fin de examinar las actividades de coordinación de un enfoque integrado para la lucha contra la mosca tsetse y la tripanosomiasis.

Los organismos de ayuda de Francia, Alemania y los Estados Unidos han patrocinado proyectos de desarrollo relacionados con la ganadería en la zona, los cuales estuvieron representados en la reunión.

En la mesa redonda celebrada del 27 al 31 de mayo de 1996, se consideró la posibilidad de iniciar actividades convencionales (trampas, mallas y tratamientos químicos) en toda la zona con la participación de las comunidades locales con el propósito de reducir radicalmente la población de la mosca tsetse en una extensión de unos 2000 km². Este es un requisito indispensable para el posible uso de la técnica de los insectos estériles (TIE).

El Gobierno se comprometió a fundamentar, mediante un estudio socioeconómico, la magnitud del problema de la mosca tsetse y la tripanosomiasis. Sobre la base de estos debates prometedores, el Organismo ha iniciado la planificación de la viabilidad técnica del levantamiento cartográfico de los límites y la propa-

gación de la mosca, que supone la realización de estudios de suelta y recaptura con machos estériles marcados.

Reposición capital

(viene de la página 2)

para que los acuíferos se puedan utilizar de manera sostenible y segura.

El primer resultado importante de este trabajo es una decisión adoptada por el organismo de abastecimiento de agua, Hidrocapital, de construir nuevos pozos, cuyos emplazamientos y diseños se basan en datos obtenidos en el proyecto del OIEA.

Ya se han perforado 15 pozos y otros 50 se terminarán este año. Se estima que podrán suministrar más de 112 000 metros cúbicos diarios, es decir, alrededor del 46% del déficit de agua actual.

La ciudad se propone continuar el programa de pozos a largo plazo a fin de asegurar que instituciones estratégicas, como por ejemplo, hospitales y estaciones de bomberos, tengan acceso al agua en caso de emergencia. Ya se está dotando a diez hospitales de pozos de este tipo.

Resecas llanuras esperan por el maná de la montaña

Atacama, que se extiende a lo largo de la costa del Pacífico en América del Sur, es la zona más seca del mundo donde apenas cae un centímetro de lluvia al año. Justo al norte de Atacama, en el Perú, una llanura costera de 7500 km² no recibe más lluvia, y, sin embargo, durante siglos ha sustentado asentamientos humanos y la agricultura en las riberas de los dos únicos ríos perennes que descienden de las montañas andinas hasta el Océano Pacífico.

Debido al aumento del número de sus habitantes, dos de los primeros asentamientos, llamados Moquegua y Tacna, se han convertido en ciudades. Los separan unos 80 km, y están situados a una distancia de entre 15 y 20 kilómetros de la costa. Alrededor de 200 000 personas viven actualmente en esta parte de la llanura costera, que depende principalmente de las minas de cobre y las pequeñas industrias cercanas. El puerto de Ilo, al norte mismo de la región, se ha transformado en un poblado, ya que en virtud de un tratado se convirtió en la única vía de acceso al mar que tiene la vecina Bolivia. La muy transitada carretera de La Paz atraviesa la provincia de Moquegua.

La creciente demanda de agua en estos asentamientos ya es superior a la capacidad de los dos ríos. Los organismos provinciales del sector hídrico están buscando con urgencia formas de aumentar dicho abastecimiento, al menos para el uso doméstico y el consumo humano. Ellos han puesto sus esperanzas en el altiplano, extensa subregión de muchos millones de hectáreas que se elevan entre 3400 y 4000 metros sobre el nivel del mar entre las cordilleras oriental y occidental de los picos andinos del Perú y Bolivia, y que recibe de 300 a 400 milímetros de lluvia al año. Eso no es mucho, pero algunos geólogos han indicado que debe haber acuíferos suficientemente grandes para abastecer a las llanuras.

La hidrología del altiplano nunca ha sido estudiada. En 1995 el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA comenzó un proyecto bienal destinado a ofrecer a las provincias una evaluación hidrológica completa del altiplano,



La grave escasez de agua en Atacama afecta a todos. (Cortesía: C. Fjeld/OIEA)

así como los medios para transportar el agua a la zona costera. Los resultados del análisis isotópico hasta el momento son variados. La mayoría de los acuíferos son pequeños, en compartimientos separados por barreras impermeables, y se recargan mayormente sólo con la lluvia de zonas aledañas. La hidrología es muy compleja.

Se ha constatado que la evaporación y la evapotranspiración (principalmente de la vegetación) son muy elevadas. Las raíces de las herbáceas y otras plantas autóctonas no son muy profundas, de manera que si el agua cercana a la superficie disminuye demasiado debido a la extracción, ello afectará mucho la vegetación y causará estragos en las vicuñas salvajes, las llamas domesticadas, las alpacas y otros animales. También pondrá en peligro la vida y las tradiciones de los pueblos indígenas que viven en asentamientos dispersos y producen cultivos que se han aclimatado a esas duras condiciones.

Por otra parte, algunos sistemas acuíferos parecen prometedores, y ya se están perforando pozos sobre la base de los resultados del estudio, en el que se están empleando isótopos de tritio y carbono 14 para desentrañar las complejidades de los acuíferos del altiplano y brindar datos esenciales para la elaboración de modelos de flujo que permitan una adecuada ordenación de los recursos hídricos. El agua del altiplano se podría transportar hasta la seca llanura costera usando los lechos de los ríos secos y canales para alimentar los ríos perennes.

Durante muchos años, el Organismo ha contribuido a desarrollar la infraestructura y la capacidad de su homólogo, el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), que ha establecido un laboratorio analítico en Tacna. En el marco de este proyecto se suministraron un espectrómetro de absorción atómica y equipo de diagrafía de pozos, así como servicios de expertos y capacitación. Los organismos provinciales del sector hídrico y el IPEN ahora deben decidir qué planes adoptar y ejecutar para hacer frente a varios problemas específicos. Por ejemplo, la ruta natural de transporte pasa por manantiales geotérmicos a gran altura de agua en ebullición muy salina y con alto contenido de boro y arsénico, que son venenosos para las plantas y las personas.

Entre las posibles soluciones está la construcción de unos 50 km de canales, una central eléctrica que utilice el agua caliente para generar electricidad y reciclar el agua al embalse geotérmico, y una costosa planta de tratamiento para descontaminar el agua. Se espera que el proyecto, que concluye este año, proporcione datos que contribuirán a evaluar estas opciones y llevar el agua desde el altiplano, como el maná de las montañas, hasta la reseca llanura costera.

La Cooperación Técnica POR DENTRO es producida por Maximedia para el OIEA. Los artículos se pueden reproducir libremente. Para obtener más información, diríjase a: Sección de Coordinación de Programas del Departamento de Cooperación Técnica, Organismo Internacional de Energía Atómica. P.O. Box 100, A-1400 Viena, Austria. Tel: +43 1 2060 26005; Fax: +43 1 2060 29633; Correo electrónico: foucharp@tcpo1.iaea.or.at