profesor A. N. Rylov, Director General Adjunto del OIEA, jefe del Departamento de Formación e Información Técnica.

Discusiones en grupos de expertos

Además de las cuatro sesiones principales se celebraron reuniones de grupos de expertos en las que se discutieron las siguientes cuestiones: a) iniciación nuclear durante la enseñanza secundaria; b) formación nuclear durante la enseñanza universitaria; c) enseñanza de higiene radiofísica, y d) problemas especiales. La mayoría de los participantes tomaron parte activa en las discusiones. Entre los temas discutidos por el grupo de expertos en problemas especiales figuraba la necesidad de especialización y el momento en que esta especialización debe comenzar. Se convino casi unánimemente que es necesario mejorar la formación científica de carácter general

de los estudiantes, así como introducir los principios fundamentales de la física nuclear en la enseñanza de las ciencias.

Durante el seminario, los participantes visitaron el Centro de Investigaciones Nucleares de Saclay y el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Nucleares de Francia. El profesor J. Debiesse, Director del Instituto, dio cuenta de los servicios y de los métodos de formación profesional en él utilizados.

Los participantes en el Seminario de Saclay expresaron su esperanza de que la labor realizada fuese continuada por un comité especial, o por algún otro medio adecuado, dentro de la estructura del OIEA y de la UNESCO. Las memorias presentadas y las actas de los debates serán publicadas conjuntamente por ambas organizaciones.

EXAMEN DE LOS PROGRAMAS DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA

El artículo que se reproduce a continuación es el segundo de una serie sobre los programas de energía nucleoelectrónica de los Estados Miembros del OIEA. Cada número del boletín contendrá un informe sobre hechos concretos, relativo al programa de un Estado Miembro

ENERGIA NUCLEOELECTRICA PARA LA INDIA

La India necesitará aumentar de modo considerable la producción de energía eléctrica para satisfacer las demandas de su economía en continua expansión. Se ha realizado un estudio de los recursos disponibles, teniendo en cuenta el desarrollo previsto en los planes quinquenales del país, del que se desprende la necesidad de utilizar la energía nuclear en una escala cada vez mayor para completar los recursos de combustibles tradicionales, y alcanzar así en los próximos 20 años los objetivos energéticos fijados.

Por tanto, se ha decidido comenzar de una manera modesta construyendo y poniendo en funcionamiento una central nucleoelectrónica de 250 MW eléctricos de capacidad para fines de 1964. Se está estudiando la posibilidad de instalar una capacidad adicional de 750 MW para fines del período correspondiente al tercer plan quinquenal, o sea para marzo de 1966. En la Conferencia General del OIEA del pasado año, el Presidente de la Comisión de Energía Atómica de la India, Dr. Homi J. Bhabha, dijo: "Es probable que esta cifra (250 MW) se duplique, y no es imposible que se cuadruple".

En la actualidad se están adoptando medidas preliminares para la selección del emplazamiento y la preparación de especificaciones relativas a la primera central nucleoelectrónica. En un futuro próximo se tomará posiblemente una decisión sobre la construcción de nuevas centrales nucleoelectrónicas durante el período correspondiente al tercer plan quinquenal.

Se trata de un programa de gran envergadura, que constituirá el comienzo de un plan mucho más amplio encaminado a utilizar para la producción de energía los vastos recursos de torio de la India. Para comprender las razones por las que la India se ha fijado un programa de esta magnitud, es preciso examinar la situación actual del país por lo que respecta a la demanda y al suministro de energía, el ritmo probable de aumento de una y otro, la medida en que puede satisfacerse la creciente demanda mediante fuentes distintas de la energía nuclear y las circunstancias que exigirán y permitirán recurrir a la energía nucleoelectrónica en la India.

Situación actual y demanda futura

La economía de la India sigue siendo predominantemente agrícola, por lo cual una proporción muy elevada de la energía que se consume en el país procede de la combustión de sustancias vegetales en bruto y de residuos agrícolas. Ahora bien, esta situación está cambiando a consecuencia de la rápida industrialización del país. Este cambio trae aparejado un aumento de la demanda de fuentes de energía más eficaces, tales como el carbón y el petróleo.

A su vez, esto no sólo estimula la producción de electricidad, sino que, además, fomenta la demanda de energía. Este ciclo constituye a la vez un factor y una característica del desarrollo industrial.

La capacidad de generación instalada en la India es, en la actualidad, inferior a 6 000 MW. Con arreglo a un cálculo aproximado, más del 50 por ciento

de la producción total de electricidad procede del carbón, más del 40 por ciento de la energía hidráulica y un 5 por ciento del diesel-oil. En estos momentos, se atribuye mayor importancia al desarrollo de la energía hidroeléctrica, debido en parte a su relación con el sistema de riego y la lucha contra las inundaciones. Se ha calculado que a fines del período correspondiente al segundo plan quinquenal, o sea en marzo de 1961, más del 50 por ciento de la electricidad total producida será de origen hidráulico, un 45 por ciento procederá del carbón y menos del 5 por ciento del petróleo.

Un aspecto sorprendente de la situación energética de la India es el rápido ritmo de crecimiento. La capacidad de producción se ha duplicado durante el período abarcado por el primer plan quinquenal (1951-1956), pasando de 1 700 MW a 3 400 MW. También se ha proyectado duplicar la producción durante el período actual, de modo que en marzo de 1961 la capacidad instalada se aproximará a los 7 000 MW.

Aunque no puede conocerse de antemano con precisión el ritmo efectivo de desarrollo en los próximos decenios, los expertos en planificación de la India estiman que el ritmo de desarrollo exponencial proseguirá en los próximos 20 años. Si la capacidad de producción se duplica de este modo cada cinco años, se elevará a unos 30 000 MW en 1961. Basándose en este cálculo, el Dr. H. J. Bhabha y el Sr. N. B. Prasad, en una memoria presentada en la Conferencia de Ginebra de 1958, demostraron que, aunque este ritmo de desarrollo se reduzca gradualmente a partir de 1971, la capacidad de producción de electricidad será del orden de los 350 000 MW a fines de siglo. Con arreglo a un cálculo moderado, llevado a cabo con anterioridad, la cifra correspondiente sería de 140 000 MW.

La diferencia entre las dos cifras es notable, pero no reviste particular importancia; las previsiones relativas al desarrollo tienen un carácter por fuerza provisional, especialmente en las primeras etapas de una planificación económica democrática realizada en una escala muy grande. Lo que sí tiene importancia es el orden de magnitud. Aunque se adopte un término medio arbitrario y algo simplificado entre las dos cifras, se tiene la perspectiva de que en el curso de los próximos 40 años, aproximadamente, la capacidad de producción de energía eléctrica pasará en la India de menos de 6 000 MW a unos 245 000 MW. Dicho de otro modo, debe contarse con que la producción será más de 40 veces mayor al cabo de unos 40 años.

Desde luego, se trata de cálculos sobre el desarrollo del suministro, basados en dos suposiciones: primera, que el incremento de la demanda hará absolutamente necesario un aumento de esa magnitud en el suministro; y, segunda, que será posible aumentar el suministro para poder satisfacer el crecimiento de la demanda.

Por lo que respecta a la primera suposición, no ofrece mayores dudas. A consecuencia del proceso de desarrollo industrial y económico en general que

se ha iniciado, será necesario aumentar de un modo rápido y continuo el suministro de energía. Otro factor aún más importante es el aumento de la población de la India. Es éste un factor de proporciones tan inmensas que, aun cuando no se incremente el consumo de energía per capita, habrá que aumentar considerablemente el suministro total de energía. La población actual asciende a unos 400 millones, y, a juzgar por el ritmo de desarrollo, cabe presumir que, como mínimo, habrá una población de 500 millones en 1985 y de 600 millones a fines de siglo. Por tanto, si el consumo de energía per capita en la India aumentase sensiblemente combinado con el aumento previsto de la población, el incremento de la capacidad total de producción eléctrica se elevaría sin duda a una cifra del orden de las indicadas más arriba.

La segunda suposición requiere un examen más detallado. El punto de partida de ese examen debe ser un estudio en el que se calcule la demanda futura y los recursos disponibles para satisfacerla. Las cifras de desarrollo que se han indicado pueden o no ser exactas por lo que se refiere al aumento del suministro que se logrará en la práctica, pero no hay duda de que indican el orden de magnitud del aumento que cabe presumir en cuanto se refiere al volumen de la demanda. Por tanto, no es arriesgado predecir que en un plazo de algo más de 10 años, la India necesitará una capacidad de producción del orden de los 30 000 MW, y que dentro de 25 años, las necesidades serán de unos 100 000 MW.

Recursos disponibles

¿Qué parte de este aumento de la demanda pueden satisfacer las fuentes energéticas tradicionales? Puede descartarse el petróleo, cuya contribución a la producción de energía es hoy secundaria. Las reservas de petróleo conocidas en la India son pequeñas, y, si bien es posible que se descubran nuevas reservas, no es probable que sean suficientes para alterar la situación general. Además, cabe admitir que el petróleo será utilizado en mayor escala cada día para fines distintos de la producción de energía, tales como el transporte por carretera. Por esto, deben tenerse en cuenta sobre todo las fuentes de carbón y los recursos hidráulicos. Se calcula que el potencial total de energía hidroeléctrica de la India oscila entre los 35 000 MW y los 40 000 MW. Aun suponiendo que se explote todo ese potencial de aquí a 25 años, por lo menos 60 000 MW de capacidad de producción dependerán del empleo de carbón, si ha de satisfacerse adecuadamente el volumen de la demanda antes calculada. Esto representaría un consumo anual de más de 200 millones de toneladas de carbón.

Según los cálculos, la totalidad de las reservas de carbón de la India oscilan entre 40 000 y 60 000 millones de toneladas. Teniendo en cuenta la magnitud de la población, estos valores no son elevados. Se dispone en la actualidad de 100 a 150 toneladas de carbón per capita, comparadas con unas 15 000 toneladas per capita en los Estados Unidos, más de 3 000 toneladas per capita en Gran Bretaña y más de 2 000 toneladas per capita en China.

Si hacia el año 1984 el consumo anual de carbón de la India se eleva a 200 millones de toneladas, el total de las reservas de carbón podrá durar a ese ritmo algo más de 200 años. Ahora bien, el ritmo no se mantendrá estacionario, por lo que el agotamiento de las reservas se producirá mucho más pronto. Antes del agotamiento total, habrá una aguda escasez durante un largo período. En la memoria que presentaron a la Conferencia de Ginebra, el Dr. Bhabha y el Sr. Prasad decían: "Con arreglo a un cálculo moderado, debemos suponer que la India habrá alcanzado en 1986 una etapa en que resultará cada vez más difícil y costoso continuar aumentando la producción de carbón. Es posible que la India alcance esa etapa por el año setenta y tantos de nuestro siglo. A partir de entonces, convendrá evitar en lo posible la carga que representará la producción de grandes cantidades de energía eléctrica en centrales térmicas alimentadas con carbón, por ser una operación que proporcionaría electricidad a un coste mucho más elevado que en la actualidad. Se ha señalado que los precios del carbón han aumentado en la India en un 50 por ciento durante los últimos 12 años, y es de presumir que se habrán elevado considerablemente en 1986, a medida que se intensifique la producción anual de carbón".

Debe advertirse que, al formular esta observación, los autores de la memoria no preveían un aumento del suministro de energía tan grande como el que han anunciado otros. No obstante, aunque basaron sus deducciones en cálculos relativamente moderados, llegaron a la conclusión de que en 1986 la capacidad total instalada sería de 50 000 MW, que no se podría obtener más del 60 por ciento de fuentes hidráulicas, y que sería antieconómico recurrir exclusivamente al carbón para producir el 40 por ciento restante. Por tanto, estimaron que en 1986 la India contaría con una capacidad nucleoelectrica instalada de 10 000 MW, mientras que los recursos hidráulicos y el carbón proporcionarían 30 000 MW y 10 000 MW respectivamente. Si la capacidad de producción total ha de ser más elevada que la prevista por estos autores, la contribución de la energía nucleoelectrica será proporcionalmente mayor.

Necesidades inmediatas

Se plantea asimismo la cuestión de si es necesario instalar inmediatamente alguna central nucleoelectrica en la India. Es evidente que antes de 20 años surgirá esta necesidad, pero no es tan claro que sea menester obrar inmediatamente con el fin de satisfacerla. Para dilucidar esta cuestión, hay que estudiar algunos de los aspectos particulares de la situación energética de la India.

Por lo que se refiere a la energía hidroeléctrica, la posibilidad de explotar plenamente el potencial depende de muchos factores complejos, algunos de los cuales podrían determinar que esa tarea resultase antieconómica en algunas zonas. Por ejemplo, se ha señalado que los ríos de la India central y meridional no son alimentados por el deshielo, sino por las lluvias monzónicas. El aprovechamiento de estas aguas para la producción de energía exige la

construcción de grandes lagos artificiales. Por tanto, los planes hidroeléctricos pueden presentar algunas desventajas aun en un futuro inmediato. La construcción de embalses y de otras obras importantes relacionadas con dichos proyectos requiere largo tiempo, lo cual puede retrasar el proceso de industrialización en zonas que carecen de recursos energéticos. En esas zonas se considera a menudo necesario construir centrales térmicas, pese a que el carbón a ellas destinado ha de transportarse a grandes distancias. Esto es lo que se ha hecho con varios centros industriales, como los de Ahmedabad, Bombay y Madrás. A pesar de que estos centros pueden ser abastecidos, en caso necesario, mediante energía hidroeléctrica, han de construirse centrales térmicas para atender a las necesidades inmediatas.

Por lo que se refiere a la energía de origen térmico, diversos factores hacen que el recurrir al carbón resulte un método sumamente antieconómico en varias regiones de la India. Aproximadamente el 80 por ciento del carbón de la India procede del Valle de Damodar, en la India oriental, y la producción de electricidad de origen térmico en todas las regiones de la India, si se exceptúa la oriental, exige el transporte de carbón a grandes distancias. El problema que plantea esta situación no se limita solamente a la posibilidad de disponer de carbón para las centrales eléctricas del sur, el norte y el oeste de la India, sino que impone una grave carga a los transportes del país. La insuficiencia de vagones para el transporte de carbón viene constituyendo un arduo problema, y es probable que las dificultades aumenten al alcanzar mayor desarrollo la energía de origen térmico. Los ferrocarriles no sólo tropiezan con dificultades para satisfacer la creciente demanda de vagones, sino que se exponen a sufrir pérdidas financieras cada vez mayores, a medida que se asignen mayor número de vagones al transporte de carbón, ya que los precios que se pagan por este transporte son inferiores a los gastos que ocasiona.

En vista de estos factores, las autoridades de la India estiman practicable y conveniente recurrir a la energía nucleoelectrica en distintas regiones del país. A título de ejemplo, el Dr. Bhabha dijo en la Conferencia General del OIEA del pasado año: "La potencia instalada en la red de interconexión de Bombay es superior a 500 MW y, en 1963, cuando se hayan terminado las centrales térmicas e hidroeléctricas actualmente en construcción, será probablemente de unos 800 MW. Un estudio de la curva de carga de la red indica que el coeficiente de carga es superior al 69 por ciento. Además, teniendo en cuenta el precio de transporte del carbón a grandes distancias, el costo por kilovatio-hora térmico es de unas 0,04 rupias, que equivalen a 9 milésimas de dólar aproximadamente. Estas cifras demuestran sin lugar a dudas que una central nuclear de 150 MW, e incluso de 250 MW, podría funcionar con un coeficiente de carga elevado".

Ciclos de combustible y cálculo de costos

Del análisis y los cálculos que preceden parece desprenderse la conclusión inevitable de que antes

de 20 años constituirá una necesidad general el producir energía nucleoelectrónica en cantidad considerable para poder sostener el ritmo de desarrollo económico de la India, y de que existen poderosas razones para instalar sin demora centrales nucleoelectrificadas en determinados lugares muy distantes de los yacimientos de carbón, en los que los recursos hidráulicos son escasos o difíciles de explotar.

Existe otra razón de orden técnico que aconseja la instalación inmediata de algunas centrales nucleoelectrificadas en la India. Se trata de la índole de los recursos de la India por lo que respecta a materias primas nucleares. Las reservas de uranio de la India no son suficientes para mantener un programa de producción energética a largo plazo, pero las reservas de torio sí lo son. Se calcula que la cuantía total de las reservas de uranio supera ligeramente las 30 000 toneladas; por otra parte, se sabe que las reservas de torio ascienden a medio millón de toneladas aproximadamente. Estas vastas reservas de torio se encuentran en los depósitos de monacitas de la costa occidental del sur de la India, y en el Estado de Bihar, en la India oriental. En ambos casos, las monacitas contienen de 8 a 10 por ciento de torio y más de 0,3 por ciento de uranio. Además, se encuentra uranio en Bihar y en el Estado de Rajasthan, en el norte de la India.

En último término, la producción nucleoelectrificada de la India tendrá que basarse principalmente en el torio; ahora bien, como se sabe, el torio es en realidad una fuente de combustibles nucleares, y no un combustible propiamente dicho: no posee ningún isótopo fisionable; sin embargo, por irradiación neutrónica, es posible convertir el torio-232 en uranio-233, que es una sustancia fisionable. Esta irradiación puede efectuarse en un reactor alimentado por una sustancia fisionable tal como el plutonio o el uranio-235. La separación del uranio-235 contenido en el uranio natural es un proceso complicado y sumamente costoso, pero se puede producir plutonio en un reactor que utilice uranio natural como combustible; el plutonio, a su vez, puede emplearse simultáneamente para asegurar la marcha de los reactores y para la conversión de torio en uranio-233. El propio uranio-233 puede ser luego utilizado con este doble fin: alimentar un reactor y convertir al mismo tiempo torio en uranio-233.

Como se ve, los ciclos de combustible en un programa de energía nucleoelectrificada basado en el torio son bastante complicados. Antes de que la India pueda utilizar sus recursos de torio para generar energía, habrá que atravesar una serie de etapas preliminares en la que los reactores utilizarán como combustible primero uranio natural, y luego plutonio. En la memoria que presentaron en la Conferencia de Ginebra, el Dr. Bhabha y el Sr. Prasad decían: "Cuando se dispone de abundantes cantidades de uranio, en las que puede basarse la ejecución de un programa de energía nucleoelectrificada que abarque varios decenios, el estudio de los ciclos de combustible no es tan importante en las etapas iniciales. En el caso de la India, el problema es más complejo, debido a

la necesidad de cambiar la base de la producción de energía nucleoelectrificada, sustituyendo progresivamente el uranio por el torio en el curso de los próximos 15 años. Para esto, es esencial producir nuevos combustibles nucleares concentrados durante la etapa inicial de producción de energía nucleoelectrificada. Por tanto, nos vemos obligados a estudiar no sólo la primera generación de centrales nucleoelectrificadas, sino la segunda generación, que utiliza el combustible producido en la primera, y la tercera generación, que utiliza el combustible producido en la segunda".

El cálculo de los costos de la energía nuclear es complicado, especialmente cuando el programa de energía eléctrica se basa en la aplicación de toda una serie de ciclos de combustible. Otra dificultad estriba en que los reactores autorregeneradores, que pueden producir más combustible del que consumen, todavía se hallan en su fase experimental. No obstante, pueden hacerse, y se han hecho ya, algunos cálculos aproximados de los costos probables de la energía nucleoelectrificada en la India. Estos cálculos indican que, en la mayor parte de los casos, las perspectivas económicas son halagüeñas. Las autoridades de la India sustentan la opinión de que "el costo de la energía nucleoelectrificada ha descendido a un nivel tal que resulta más barata que la obtenida a partir del carbón en la mayoría de las regiones de la India". Los autores del estudio presentado en la Conferencia de Ginebra añaden: "...dadas las vastas reservas de torio con que cuenta la India, una nueva inversión financiera en la producción de energía nucleoelectrificada durante los dos primeros años quedaría amortizada en los diez años siguientes y, lo que es más importante, mantendría la posibilidad de una expansión ulterior del programa de energía nucleoelectrificada al máximo ritmo considerado como razonable, o sea una duplicación cada 5 años, durante un período indefinido".

Progreso de las tareas

El Instituto de Energía Atómica de Trombay es el centro nacional de la India para las investigaciones sobre la utilización de la energía atómica con fines pacíficos. El primer reactor de la India, denominado Apsara, perteneciente al tipo piscina, viene funcionando desde hace más de dos años, y se están construyendo otros dos reactores de investigación. Se trata del reactor Canadá-India, que se construye con arreglo al Plan de Colombo en colaboración con el Canadá, y del Zerlina, que diseñan y construyen científicos e ingenieros indios. El reactor Canadá-India será un reactor de investigación de intenso flujo neutrónico, destinado a fines múltiples, y contará con instalaciones en las que podrán hacerse pruebas con diversos proyectos de reactores generadores de energía, en experimentos del tipo llamado de circuito. Además, producirán cantidades considerables de radioisótopos para su utilización en la agricultura, la biología, la industria y la medicina. El tercer reactor, Zerlina, será un reactor de energía cero para el estudio de reticulados en los sistemas alimentados por uranio natural y moderados por agua pesada. Se han iniciado estudios y trabajos sobre el

prototipo de un reactor que utiliza uranio natural como combustible, agua pesada como moderador y compuestos orgánicos como refrigerante.

También se han realizado considerables progresos en la instalación de plantas que producen materiales destinados a la ejecución de un vasto programa de energía nucleoelectrónica y de laboratorios especiales destinados a trabajos de radioquímica. Viene funcionando desde hace varios años una planta de producción de torio a partir de arenas de monacita, y desde comienzos del año en curso funciona otra planta para la producción de uranio metálico de pureza nuclear. Se ha terminado una instalación para la elaboración de elementos combustibles, y ya se han producido algunos elementos prototipo destinados

a reactores de investigación. Se están realizando estudios sobre la posibilidad de instalar en Bihar una gran planta para el tratamiento de minerales uraníferos.

En la esfera de los moderadores, se está construyendo en Nangal, como parte de una importante fábrica de abonos, una planta de agua pesada cuya producción anual superará las 14 toneladas. También se está estudiando la posibilidad de producir agua pesada en otras fábricas de abonos que se encuentran en construcción en el país. Además, se han llevado a cabo estudios relacionados con la producción de grafito nuclear a partir de materias primas indígenas, y es probable que se adopte en breve una decisión sobre la instalación de una fábrica de ese moderador.

APLICACION DE LAS TECNICAS ISOTOPICAS A UN ESTUDIO HIDROLOGICO

Uno de los fenómenos naturales más interesantes lo constituye la circulación de las aguas. Las líneas generales de este proceso son bien conocidas. La evaporación del agua de la superficie del mar y la ulterior precipitación del vapor de agua condensado se suceden en un ciclo cerrado que sostiene la vida sobre nuestro planeta. Sin embargo, el desenvolvimiento de este ciclo no es uniforme; en efecto, el índice de precipitación varía considerablemente de una región a otra. Esta es la razón por la que determinadas zonas reciben lluvia en exceso, en tanto que otras se convierten en desiertos por falta de la misma.

El conocimiento exacto de las fluctuaciones en las precipitaciones es de importancia capital para las zonas en que los recursos hidráulicos son escasos. Estas zonas tienen que recurrir cada vez más al riego artificial como medio para desarrollar su agricultura. Todo plan de riego tiene que depender necesariamente del conocimiento exacto y del uso adecuado de las fuentes de las que puede ser tomada el agua y encauzada hasta los campos. Esto depende a su vez de que se disponga de informaciones detalladas sobre la circulación de las aguas en la naturaleza y sobre la distribución e importancia de los recursos hidráulicos en diversos territorios.

Esta información posee también gran importancia para la evacuación de desechos radiactivos en la tierra y en el mar. Antes de que sea posible idear métodos de evacuación satisfactorios, es esencial saber a ciencia cierta si esos desechos pueden o no ser arrastrados de un lugar a otro como resultado de la circulación de las aguas.

Razones isotópicas

En la actualidad, el esquema de circulación de

las aguas se conoce solamente en sus líneas generales y se carece de datos detallados válidos en un plano mundial. Uno de los procedimientos más eficaces para acopiar esos datos consiste en estudiar las razones isotópicas del hidrógeno y del oxígeno en las aguas de distintas regiones. Estas razones isotópicas varían según se trate de las aguas pluviales, fluviales o de mar, y las variaciones están relacionadas con la velocidad de circulación del agua en la naturaleza. El agua contiene dos isótopos estables del hidrógeno y tres isótopos, también estables, del oxígeno. Además, se incorporan a ella cantidades muy pequeñas de hidrógeno radiactivo (tritio) procedente del espacio exterior o bien resultante de las reacciones provocadas en la atmósfera por los rayos cósmicos o como consecuencia de los ensayos de armas termonucleares. Ese tritio puede servir como trazador para el estudio de la circulación de las aguas.

La determinación de la composición isotópica de las aguas permite obtener datos muy diversos. Por ejemplo, comparando la concentración del tritio en el agua que afluye a un lago o embalse con la concentración de ese isótopo en el agua que sale del mismo, puede deducirse el tiempo medio de permanencia de las moléculas de agua en el lago de que se trate. De las razones de los isótopos estables de las aguas lacustres puede deducirse la fracción de agua afluyente que se pierde por evaporación y la fracción que escapa por drenaje, si se conocen las razones isotópicas correspondientes a las aguas que alimentan el lago. Del mismo modo, la medida de la concentración del tritio puede proporcionar en algunos casos valiosa información sobre la edad de las aguas subterráneas y sobre el volumen de los depósitos subterráneos que las contienen. Análogamente, puede determinarse el tiempo de permanencia y el caudal de