

ESTUDIO SOBRE LAS PERSPECTIVAS DE LA ENERGIA ATOMICA EN DIEZ PAISES

En abril, mayo y junio de este año, una misión del OIEA visitó nueve países de Africa y uno del Cercano Oriente para estudiar las perspectivas, planes y actividades relacionados con las aplicaciones de la energía atómica y evaluar la medida en que necesitarían asistencia del Organismo*. Esta misión de asistencia preliminar, la novena de este tipo enviada por el Organismo, visitó tres países del Africa oriental: Kenya, Tanganyika y Uganda, tres del Africa occidental: Camerún, Gabón y Togo, y otros tres países africanos: el Congo (Leopoldville), Etiopía y Madagascar; además visitó el Líbano.

En todos estos países los miembros de la misión del Organismo se entrevistaron con las autoridades nacionales, obteniendo informaciones sobre sus planes y actividades en el campo de la energía atómica y sobre otras materias que pueden incidir sobre las aplicaciones de la energía atómica; en la medida necesaria prestaron asesoramiento a dichas autoridades y les ayudaron a preparar las peticiones de asistencia del Organismo destinadas a permitir la ejecución de sus programas de energía atómica. Los informes de la misión sobre sus visitas no sólo ayudarán al Organismo a estudiar estas peticiones, sino que servirán además para conocer las condiciones y perspectivas de estos países en lo que respecta a la utilización de la energía atómica con fines pacíficos.

En el presente artículo se resume parte de la información contenida en dichos documentos, pues se considera que presenta mucho interés.

TRES PAISES DE AFRICA ORIENTAL

Materiales básicos

Desde 1948 se está llevando a cabo en Kenya de manera intermitente la prospección del uranio y de otros materiales básicos. Se han efectuado algunos trabajos de exploración aérea y exploraciones extensas con un contador de centelleo auto-transportado, pero no se han localizado yacimientos de importancia económica, excepto uno de pirocloro, al norte de Mombasa, que tal vez pueda aprovecharse para producir niobio.

* La misión estuvo integrada por ocho funcionarios del Organismo (el Sr. John C. Webb, de la División de Suministros Técnicos, jefe de la misión; el Dr. H.T. Daw, de la División de Salud, Seguridad y Eliminación de Desechos Radiactivos; el Sr. M.M. d'Orival, de la División de Reactores; el Sr. O.E.S. Lloyd, de la División de Asuntos Económicos y de Asistencia Técnica; y el Dr. A. Trofimenko, de la División de Intercambio y Formación de Hombres de Ciencia y Técnicos y por otros dos expertos (el Dr. J.F. Goetz, de la Tauernkraftwerke A.G., Salzburgo (Austria); y el Dr. B.D. Mayberry, jefe del Departamento de Horticultura del Instituto Tuskegee, Alabama (Estados Unidos).

Tanganyika posee un servicio minero y geológico bien equipado y con personal suficiente; en la actualidad se dedica sobre todo a continuar el levantamiento de mapas geológicos y a explorar los indicios de mineralización encontrados en la prospección. No se ha descubierto todavía ningún yacimiento importante de uranio, pero la misión del Organismo opina que esto no debe considerarse como prueba de que en el país no existen materiales radiactivos u otros materiales nucleares. Desde el punto de vista geológico, las condiciones del país parecen ser favorables, lo que justificaría que se realizase un estudio detallado en tiempo oportuno. La misión tomó nota de la existencia de un gran yacimiento de pirocloro y de las investigaciones en curso para elaborar un proceso a fin de extraer niobio de dicho mineral.

Uganda ocupa un lugar importante en la producción de materiales básicos nucleares gracias a su producción de berilo en continuo aumento y a la producción proyectada de niobio a partir del pirocloro. Se espera que este año la producción de berilo supere las 1 000 toneladas. Está a punto de empezar la explotación de grandes yacimientos de carbonatita lixiviada situados cerca de Tororo, a fin de fabricar sobre todo fertilizantes a partir de la apatita. Por tratamiento de los relaves de pirocloro procedentes de la flotación de la apatita se recuperará óxido de niobio, cuya producción anual prevista será de 80 toneladas de concentrados comerciales. No se ha descubierto ningún yacimiento de uranio, pero se conocen algunas formaciones toríferas.

Energía

En Kenya hasta la fecha no se ha descubierto ningún yacimiento explotable de hulla, petróleo o gas natural. Sin embargo, cerca de Nairobi hay varios ríos cuyo potencial hidroeléctrico es considerable. El más importante es el del río Tana, que en su curso superior es de unos 300 000 kW. Las centrales hidráulicas que están ya en funcionamiento satisfacen aproximadamente un tercio de la demanda nacional, que en la actualidad es de unos 400 millones de kWh. La East African Power and Lighting Company ha preparado un proyecto hidroeléctrico para el río Tana, el denominado Seven Forks Scheme. Las centrales que se construyan tendrán una potencia de 230 000 kW y una producción anual de unos 900 millones de kWh, con lo que si se ejecuta este proyecto con bastante rapidez el país producirá toda la electricidad que necesita. Por tanto, de momento no se precisa introducir la energía nucleoelectrónica, pero si la demanda de energía en la región costera excede la potencia instalada, que es de 40 000 kW aproximadamente (lo

que podría suceder dentro del próximo decenio), con- vendría volver a estudiar la conveniencia de satisfacer este aumento de la demanda, por medio de una línea de alta tensión desde la región de Nairobi o mediante un reactor de potencia instalado cerca de la costa.

Los principales centros industriales de Tanganyika, a saber, Tanga y Dar-es-Salaam, dentro de dos o tres años dispondrán de energía hidráulica muy barata procedente de la central de Hale. Sin embargo, en otras regiones industriales la situación es muy desventajosa desde el punto de vista del precio de la electricidad, debido a la necesidad de transportar carbón desde grandes distancias. Si un estudio del potencial hidráulico de estas regiones no revela ninguna posibilidad de producir energía barata, se podría tomar en consideración la eventualidad de introducir la energía nucleoelectrónica. No obstante, las centrales nucleares cuya explotación podría ser actualmente rentable en dichos lugares serían demasiado grandes para la demanda prevista. Dentro de cinco o diez años podría volverse a examinar esta cuestión, cuando las industrias de estos centros se hayan desarrollado más y se hayan efectuado progresos en la economía y tecnología de las centrales nucleares pequeñas.

Uganda no posee yacimientos de hulla, petróleo o gas natural, pero su potencial hidráulico, que es casi su única fuente para producir electricidad, es considerable. El potencial hidráulico se ha calculado en 3 millones de kW, principalmente en el Nilo Victoria. En la actualidad, la demanda es muy inferior a esta cifra y, por tanto, sólo se explota un tramo del Nilo Victoria, junto al desagüe del lago Victoria, mediante la central de Owen Falls de 120 000 kW de potencia instalada. Una parte considerable de la producción se suministra a Kenia. En esta central pueden instalarse otros dos grupos generadores, con lo que se aumentará la potencia hasta 150 000 kW. Almacenando el agua en el lago Victoria durante la estación de las lluvias para aprovecharla durante la estación seca, sería posible satisfacer la demanda energética de Uganda durante los próximos cuatro o cinco años. Más adelante, para satisfacer el aumento de la demanda se ha elaborado un proyecto de construcción de una central hidráulica aguas abajo de Owen Falls, con una potencia de 180 000 kW. Al mismo tiempo se están estudiando las posibilidades del Nilo Victoria y otros ríos. Teniendo en cuenta las circunstancias favorables para instalar centrales hidráulicas en Uganda, la misión opinó que por el momento no sería económica la construcción de centrales nucleares.

Medicina

En Kenia la misión visitó el hospital King George y estudió las posibilidades de aplicar la energía atómica en la medicina. Se le informó que las instalaciones de rayos X sólo se emplean en diagnóstico, no existiendo ningún servicio para el tratamiento interno. El cáncer se trata sobre todo por quimio-

terapia. Se están estudiando planes para instalar un laboratorio a fin de introducir en escala limitada técnicas radioisotópicas en diagnóstico y terapéutica. Se examinó la posibilidad de instalar una fuente de cobalto-60 de 3 000 curies en el hospital Aga Khan. Esta fuente serviría sobre todo para la formación y la enseñanza de los estudiantes de la East African University. La misión examinó igualmente las posibles aplicaciones de los radioisótopos en la investigación médica, y tomó nota del considerable interés que presentaría utilizar los isótopos para estudiar diversas anemias y enfermedades por deficiencia y parasitarias.

En Tanganyika no existe ninguna escuela de medicina; el Makerere College de Uganda, que dispone de un gran hospital docente, permite atender las necesidades actuales de Tanganyika. Los isótopos se han utilizado en escala muy limitada en la marcación con cobalto-60 del mosquito anopheles y de los esquistosomas causantes de la bilharziosis. Los hospitales no disponen de ningún servicio de rayos X para tratamiento interno ni se proponen introducirlo en un futuro inmediato. La misión visitó el departamento radiológico del Princess Margaret Hospital y estudió los problemas que plantea la protección radiológica de las personas expuestas a las radiaciones por motivos profesionales. No se emplean hasta ahora dosímetros de película y la misión recomendó que se implantase lo antes posible el correspondiente servicio. El departamento de química analítica se interesó por la evaluación del actual nivel de contaminación radiactiva de la leche, las hortalizas, la carne, los huesos, etc., a fin de establecer valores básicos del nivel de contaminación radiactiva del medio ambiente.

En Uganda las aplicaciones de los radioisótopos en medicina son muy limitadas: el yodo-131 para el tratamiento del cáncer de la tiroides, el cromo-51 y el hierro-59 para estudiar las anemias y el carbono-14 para investigaciones de los esteroides. A fin de emplear el fósforo-32 y el oro-198 se utilizará un pequeño laboratorio nuclear anexo a la escuela de medicina del Makerere College. El hospital Mulago dispone de fondos para instalar un pequeño laboratorio isotópico, a fin de llevar a cabo trabajos de investigación y clínicos en escala limitada; pero no se ha adoptado ninguna medida para instalar aparatos de rayos X con fines terapéuticos o fuentes radiactivas para teleterapia. El Animal Research Centre, de Entebbe, y la East African Trypanosomiasis Research Organization, de Jinja, expresaron su interés por el empleo de radioisótopos en el estudio del movimiento de la stomoxys, marcando los medicamentos profilácticos empleados en la tripanosomiasis, y, en general, por los pesticidas.

Agricultura

Debido a la importancia de la agricultura de Kenia, varias instituciones bien organizadas y equipadas se ocupan exclusivamente de las investigaciones de interés para las principales actividades agrícolas. Las investigaciones realizadas por el Minis-



Planta de tratamiento de uranio en Mounana (Gabón)

terio de Obras Públicas sobre densidad y humedad de los suelos han progresado hasta un punto en que los isótopos podrían emplearse útilmente. Los trabajos de investigación sobre la humedad de los suelos realizados por el Departamento de Agricultura han alcanzado también una fase en que la utilización de los isótopos sería ventajosa. Las técnicas radioisotópicas podrían también utilizarse en entomología, en fitonutrición, zoopatología y zoofisiología.

En Tanganyika se presentan muchos problemas de importancia cuya solución exigirá investigaciones aplicadas y fundamentales en la agricultura. Entre las más importantes cabe citar los estudios sobre suelos y abonos para mejorar la producción agrícola, sobre riego, en especial los relativos al costo y al rendimiento, sobre mejora de la ganadería y obtención de nuevas variedades de plantas, y sobre lucha contra los parásitos del ganado. En algunos de estos estudios podría recurrirse a las técnicas radioisotópicas, pero su introducción es apenas factible debido a la falta de investigaciones de tipo corriente.

En Uganda la misión visitó varios laboratorios bien equipados para investigaciones de tipo corriente, pertenecientes al Makerere University College, a la División de Investigaciones del Departamento de Agricultura de Uganda, a la East African Trypanosomiasis Research Organization y a la Empire Cotton Growing Corporation. A pesar de la escasez de personal, los progresos en las investigaciones de tipo tradicional han sido alentadores. Las investigaciones sobre la medida en que los cafetos en flor disponen del fósforo necesario, sobre el empleo del *pennisetum purpureum* para devolver las sustancias nutritivas del subsuelo a la capa vegetal durante la rotación de los cultivos, sobre las formas químicas en que los fosfatos son aprovechados por el sisal, el café y el

algodón, y sobre la persistencia de los pesticidas, han alcanzado un punto en que podrían utilizarse radioisótopos con buenos resultados.

Enseñanza y formación profesional

En Kenya, además de cinco escuelas técnicas y comerciales, existe el Kenya Polytechnic, inaugurado en mayo de 1961, en el que 600 estudiantes siguen diferentes carreras técnicas. En el Royal College de Nairobi, el curso de física de la Facultad de Ciencias comprende nociones de física atómica y de electrónica. La misión observó que había una grave escasez de personal docente para los cursos universitarios, lo que limita el futuro desarrollo de la Facultad. La enseñanza técnica en Tanganyika está concentrada sobre todo en el Instituto Técnico de Dar-es-Salaam. Hasta hace poco se tendía en el Africa oriental inglesa a concentrar el estudio de las ciencias fundamentales y técnicas en Nairobi (Kenya), de medicina y agronomía en Kampala (Uganda), y de derecho en Dar-es-Salaam. La misión recomendó que se prestase más atención a la enseñanza de las ciencias fundamentales y técnicas en Tanganyika.

En Uganda, el curso de física de la Facultad de Ciencias de Makerere University College comprende algunos elementos de física atómica. La misión tomó nota de la aplicación actual y futura de los radioisótopos en dicha universidad, y de una propuesta encaminada a establecer un laboratorio de radioisótopos en la escuela de física. Este laboratorio formaría parte de un centro para la formación de técnicos en manipulación y aplicación de los radioisótopos, para la conservación del equipo electrónico y la reparación de los instrumentos empleados en los trabajos con radioisótopos.

El establecimiento de la Universidad de Africa Oriental, que comprenderá los institutos de Kampala, Nairobi y Dar-es-Salaam, será un acontecimiento importante que ejercerá una influencia favorable sobre la enseñanza superior en esta región.

TRES PAISES DE AFRICA OCCIDENTAL

Materiales básicos

El Camerún se propone llevar a cabo una prospección aérea detallada a fin de levantar mapas y obtener informaciones geológicas que sirvan de base para las actividades futuras en esta esfera. Entretanto se termina la prospección, el Gobierno no está interesado en los materiales nucleares.

El Gabón se ha consolidado ya como un importante productor de uranio; las reservas conocidas de Mounana son suficientes para mantener la producción actual de 400 toneladas anuales durante 12 años como mínimo. Además, las perspectivas de descubrir nuevos yacimientos son relativamente buenas. Es también posible que se descubran reservas de otros materiales nucleares, sobre todo de colombita-tantalita, y existen indicios de minerales toríferos. Sin embargo, el país cuenta con pocos geólogos y espe-

cialistas en prospección, por lo que convendría que el Gobierno prestase atención a este problema.

En virtud de un proyecto del Fondo Especial de las Naciones Unidas, en el Togo se llevará a cabo una exploración geofísica general, en la que se emplearán contadores de centelleo. Si como resultado de estos trabajos se descubren indicios de uranio, el Gobierno del Togo podría solicitar la asistencia del OIEA a fin de estudiar los yacimientos y preparar la explotación de los que presenten interés económico.

Energía

En el Camerún no hay yacimientos de hulla, petróleo ni gas natural, pero el potencial hidráulico es considerable, habiendo sido calculado en 4 millones de kW. Un tramo del río Sanaga está ya en explotación en Edea, cercanías de Douala, con una central hidráulica de 160 000 kW. Se está estudiando la posibilidad de construir cerca de Edea una presa en el Sanaga y sus afluentes. Se proyecta almacenar el agua en la estación lluviosa para utilizarla durante la estación seca en Edea y de esta manera obtener una producción de energía casi constante. Durante el próximo decenio la central hidráulica de Edea podrá satisfacer la demanda creciente de Edea y Douala. Para la región costera situada al oeste de Douala, hasta Foumban, se proyecta construir una central hidráulica de 15 000 kW. Dentro del marco del primer "plan quinquenal" del país, se está llevando a cabo una exploración general de los recursos energéticos, en especial los hidráulicos. Se enviarán al Organismo los resultados de este estudio; en dicha ocasión podrán formularse al Gobierno del Camerún observaciones y recomendaciones sobre las posibilidades de emplear energía nucleoelectrónica en lo futuro. Según las primeras impresiones, parece ser que la región septentrional del Camerún podría presentar con el tiempo condiciones favorables para el establecimiento de una central nuclear.

En Gabón el gas natural alimenta la central generadora de vapor de Port Gentil; sin embargo, en la actualidad sólo se utiliza el 20 por ciento de este gas para producir energía. En la región de Port Gentil se obtiene petróleo crudo, pero se exporta casi todo por no haber ninguna refinería. No se ha descubierto ningún yacimiento de hulla que merezca ser explotado. No se conoce con exactitud el potencial hidráulico del Gabón, pero se calcula en unos 2 millones de kW. No hay ninguna central hidráulica en funcionamiento ni en construcción. No obstante, las autoridades están estudiando la posibilidad de explotar los recursos hidráulicos, para servir de base al establecimiento de industrias. Desde el punto de vista de la industrialización, pueden tomarse en consideración cinco centros de importancia ya creados o posibles, cada uno de ellos con su propio potencial energético. De momento, las condiciones del país no permiten establecer una central nuclear. La explotación de los recursos hidráulicos debería ser capaz de satisfacer todas las necesidades energéticas durante los próximos diez años por lo menos.

El Togo no posee yacimientos de hulla, petróleo ni gas natural, que puedan aprovecharse para producir energía. El potencial hidráulico es considerable, pero los emplazamientos en los que podrían construirse centrales de dimensiones adecuadas están muy alejados de los posibles lugares de consumo. A primera vista, parece ser que las perspectivas de empleo de la energía nuclear para producir electricidad son favorables, aunque si se tiene en cuenta el aumento previsto de la demanda en los próximos cuatro o cinco años, no es probable que la explotación de reactores generadores sea económica. La misión recomendó que el aumento de la demanda de energía se volviese a examinar dentro de cuatro o cinco años, tomando en cuenta los progresos técnico-económicos logrados con los pequeños reactores de potencia.

Medicina

En el Camerún, la misión visitó el hospital general de Yaundé, cuya sección radiológica está equipada con un aparato corriente de rayos X para diagnóstico. En la actualidad no se emplea la terapéutica interna con rayos X, pero se informó a la misión de que se había recibido un aparato de 250 kV que podría quedar instalado dentro de poco. Los radioisótopos no se han utilizado en medicina y no se dispone de laboratorios adecuados o de especialistas para su aplicación. Respecto de la protección de la salud, se acaba de iniciar un servicio de dosímetros de película; en Saclay (Francia) se tratarán las películas y se determinarán las dosis. Los radioisótopos podrían utilizarse en el diagnóstico de varias enfermedades, pero habida cuenta de que existen otros problemas médicos más urgentes, la misión opina que por el momento no se precisa introducir el empleo de técnicas radioisotópicas, aunque la situación podría volverse a examinar dentro de algunos años.

Las regiones administrativas del Gabón y los centros subregionales de distrito disponen de aparatos de rayos X para diagnóstico. La misión visitó el hospital general de Libreville y tomó nota de que las únicas radiaciones ionizantes empleadas eran los rayos X para diagnóstico. Se han establecido planes para instalar un aparato corriente de terapia profunda, pero no se ha previsto nada para los aparatos de teleterapia ni para la introducción de técnicas radioisotópicas. La fluoroscopia se utiliza corrientemente. No existe ningún servicio de dosímetros de película; tampoco se han dictado normas sobre la protección radiológica. La misión visitó las instalaciones mineras de uranio y manganeso. Los trabajadores de la mina de uranio y de la planta de tratamiento cuentan con un servicio de dosímetros de película; las películas son tratadas en Saclay (Francia). A juicio de la misión, en el país pueden aplicarse las radiaciones ionizantes, en especial la radioterapia profunda para el tratamiento de tumores malignos; para el diagnóstico podría recurrirse a técnicas radioisotópicas. No obstante, no existe ninguna necesidad inmediata de aplicar métodos radioisotópicos.

En el Togo no se han introducido todavía las aplicaciones médicas de los radioisótopos. El Hospital de Lomé cuenta con un aparato de rayos X para el diagnóstico. La misión recomendó que se solicitase la asistencia del Organismo para el próximo establecimiento de un reglamento de protección radiológica, aplicable en especial a los aparatos de rayos X. No considera necesaria la introducción inmediata de técnicas radioisotópicas en medicina.

Agricultura

El Camerún dispone de un laboratorio bien equipado en Yaundé para la investigación fundamental en edafología (Institut Recherche Cameroun) y de un centro de investigación agronómica integrado por cuatro laboratorios de investigaciones aplicadas (que se ocupan de la fitofisiología, fitogenética, entomología y patología); ambos dependen del Gobierno. Un funcionario de cada uno de estos institutos de investigación irá al extranjero para recibir formación en el empleo de los radioisótopos en agronomía. La misión opinó que antes de que regresen para introducir dichas técnicas en el Camerún, el Gobierno debería dictar normas y establecer reglamentos sobre higiene radiofísica y protección radiológica, aplicables al suministro, manipulación y distribución de radioisótopos.

La principal base económica del Gabón son los productos forestales y los minerales. La enseñanza y la investigación agronómicas se encuentran todavía en una etapa de organización. Por tanto, la misión opina que deberán transcurrir de cuatro a cinco años antes de que se pueda estudiar la posibilidad de introducir el empleo de radioisótopos.

Aunque la agricultura es la base principal de la economía del Togo, su suelo no es particularmente

fértil; por tanto, resultaría muy útil un programa de investigación sobre los suelos y la nutrición de las plantas, con vistas a mejorar la producción agrícola. En la actualidad no se lleva a cabo ninguna investigación fundamental de esta índole. Los radioisótopos podrían desempeñar un papel muy importante en los estudios sobre el suelo y la nutrición de las plantas.

Enseñanza y formación profesional

En el Camerún la enseñanza técnica superior se encuentra todavía en su fase inicial. El Gobierno se propone introducir más adelante en los centros de enseñanza superior cursos de técnicas radioisotópicas. A juicio de la misión, el Gobierno debería prestar más atención a las ciencias fundamentales e introducir cursos de matemáticas, física, química y biología en las escuelas y otros centros docentes.

En el Gabón, el Gobierno proyecta instalar en 1963 un instituto politécnico en Port Gentil o en Libreville. A su debido tiempo, proyecta crear igualmente un laboratorio de física nuclear. Para este instituto ha previsto la participación de estudiantes de los países vecinos y ha expresado la esperanza de que sirva de base para crear un centro científico regional. La misión tomó nota de los grandes esfuerzos desplegados a fin de mejorar la enseñanza en el país, pero opina que debería prestarse todavía más atención a las ciencias fundamentales y a la técnica.

CONGO, ETIOPIA Y MADAGASCAR

Materiales básicos

Aparte de las reservas de uranio que puedan quedar en Katanga, el Congo no posee yacimientos uraníferos. Antes, el Congo fue un importante productor de berilio, pero su explotación es difícil por la distancia de los yacimientos a la costa, o sea, por el costo del transporte. En el Congo existen algunas reservas de hulla y grandes yacimientos de rocas petrolíferas y en las regiones costeras las condiciones son favorables para descubrir petróleo.

En Etiopía, debido a la falta de una exploración geológica y de una industria minera bien organizada, es imposible iniciar la prospección sistemática de minerales nucleares. Teniendo en cuenta el desarrollo económico y energético del país, no se necesitarán dichos minerales en un futuro previsible. Se ha descubierto un yacimiento de minerales radiactivos y algunos de berilio al sur de Algehe (Borana).

Madagascar se encuentra en una posición clave respecto de los materiales básicos nucleares. La mayoría de dichos minerales, como el uranio, el torio, el berilio y el niobio, se obtienen ya en grandes cantidades y las exportaciones representan un valor importante. En virtud de un convenio firmado con el Comisariado de Energía Atómica de Francia, Madagascar recibe asistencia técnica en la prospección, explotación y tratamiento de sus recursos de uranio. Gracias a otros arreglos con varias organizaciones francesas, puede explotar sus recursos de berilio y monacita. Por ello, no es probable que Madagascar

Mina de uranio en Ambatomika (Madagascar)



recurra a la asistencia técnica del Organismo en esta esfera.

Energía y reactores generadores

El Congo posee un enorme potencial hidráulico, que todavía no ha sido evaluado con exactitud. Por ejemplo, el potencial hidráulico explotable del río Congo, aguas abajo de Leopoldville, es de 28 millones de kW. En la actualidad, casi toda la producción eléctrica del país es de origen hidráulico. En 1961 la producción fue de unos 4 000 millones de kWh, siendo la potencia instalada, inclusive la de Katanga, de 850 000 kW aproximadamente. Los principales consumidores de electricidad son la industria y la minería, en especial en Katanga. El consumo de la capital, Leopoldville, fue en 1961 de 136 millones de kWh, con una carga máxima de 30 000 kW. En junio de 1959 en la Universidad Lovanium se inauguró el centro nuclear "Trico". Está construido alrededor de un reactor Triga Mark I y se destina sobre todo a la producción y aplicación de radioisótopos de período corto y a la enseñanza de la física nuclear. Se ha preparado unos 600 radioisótopos para diversos programas de investigación y para estudios en la Universidad y en otras partes. La misión acogió favorablemente las propuestas de transformar el actual reactor en otro del tipo Mark II, y de ampliar el edificio del reactor, para poder instalar otros laboratorios, en particular de radioquímica.

En Etiopía no se ha descubierto todavía hulla, petróleo ni gas natural; tampoco se poseen indicios de que estos combustibles puedan hallarse en cantidad suficiente para las nuevas centrales propuestas de 10 000 kW de potencia instalada. No obstante, la riqueza hidráulica del país es considerable. El Nilo Azul desde su origen en el lago Tana hasta la frontera del Sudán, posee un potencial hidráulico explotable de unos 5,2 millones de kW. Esto representa el 50 por ciento aproximadamente del potencial hidráulico total del país, excluida Eritrea. Hasta 1965 la demanda de energía podrá satisfacerse de manera adecuada con las centrales existentes. Para satisfacer el aumento de la demanda, a partir de 1965 se están preparando los planes de una central hidráulica situada a unos 25 kilómetros aguas abajo de la instalada en Koka. La potencia instalada de la nueva central será de 36 000 kW. Más abajo existen otros dos emplazamientos adecuados. De esta manera, relativamente cerca de Addis Abeba existen abundantes recursos hidroeléctricos de fácil explotación. Se calcula que las centrales hidráulicas producirán energía a un costo mucho más bajo que el de la generada por centrales nucleares de igual potencia.

En Madagascar no se ha descubierto ningún yacimiento de petróleo ni de gas natural. Si su explotación fuese rentable, los yacimientos de arenas petrolíferas que actualmente se están examinando podrían constituir en el futuro una importante fuente de petróleo. La hulla se encuentra en el sur de la isla, pero su empleo en centrales térmicas para abastecer a uno de los centros de consumo del país no sería al parecer económico. No se ha evaluado todavía el po-

tencial hidráulico total de la isla, pero no cabe duda de que es muy grande. Hay varias centrales hidráulicas en explotación que en 1960 suministraron aproximadamente el 60 por ciento de la demanda de electricidad. Para satisfacer el aumento de la demanda durante los próximos cuatro o cinco años, las centrales existentes podrían equiparse fácilmente con otros grupos generadores. A pesar del aumento previsto de la demanda en los próximos años, no es probable que la explotación de una central nuclear sea económica.

Medicina

En la Universidad Lovanium (Congo) se han utilizado radioisótopos en investigaciones efectuadas con animales en la Escuela de Medicina y en trabajos clínicos en escala limitada. Para el diagnóstico, se utilizan aparatos de rayos X de tipo corriente. En la actualidad no existe ningún servicio regular de dosímetros de película. El equipo nuclear es bastante perfeccionado y se utiliza en diversos trabajos de investigación en medicina y biología. Los estudiantes no cuentan con mucho equipo de enseñanza, pero se informó a la misión que se dispondría de dicho equipo en un futuro próximo.

En Etiopía todavía no se han utilizado los radioisótopos. La misión recomendó a las autoridades del país que examinasen la posibilidad de introducir el empleo de técnicas isotópicas sencillas en las ciencias biológicas, dentro de los cursos de biología de la Universidad. La misión visitó el Hospital Haile Selassie, equipado con aparatos terapéuticos de rayos X de tipo tradicional. Las agujas de radio se utilizan sobre todo en trabajos ginecológicos. No existe ningún servicio de dosímetros de película ni se han dictado reglamentos de protección radiológica. La misión visitó el Instituto Pasteur, que efectúa investigaciones de casos de bocio, en las que podría emplearse yodo radiactivo. Con motivo de los trabajos de investigación de la fiebre amarilla, efectuados en dicho Instituto, la misión examinó la posibilidad de realizar estudios sobre el mosquito Aedes por métodos de marcación radiactiva.

En el Commissariat à l'énergie atomique de Tananarive (Madagascar), el berilio se analiza exponiendo el mineral a una fuente gamma intensa. La fuente está bien blindada y el personal dispone de un servicio de dosímetros de película, tratados en Saclay (Francia), y de dosímetros de bolsillo de lectura directa. En el Institut Pasteur se preparan diversas vacunas y se están efectuando algunos trabajos sobre la tripanosomiasis provocada en las ratas como parte de las investigaciones panafricanas sobre esta enfermedad. En la sección de estudios entéricos del IRSM (Institut de recherche scientifique malgache) se llevan a cabo investigaciones sobre el mosquito causante de la malaria y su ecología. Se expresó gran interés por la posibilidad de marcar las larvas del mosquito anofeles con fósforo-32 a fin de estudiar la distancia de vuelo y la longevidad del mosquito. La misión visitó también los laboratorios de veterinaria,

en los que se realizan trabajos muy importantes sobre nutrición animal y metabolismo de varios elementos minerales. Igualmente se manifestó interés por la utilización de aminoácidos marcados en estudios sobre metabolismo y en el empleo de radioisótopos para el análisis de vestigios de elementos.

En Madagascar todavía no se han aplicado radioisótopos en la medicina, pero se está estudiando esta cuestión. Las aplicaciones radiológicas se reducen a la terapéutica con rayos X de tipo corriente y al empleo de agujas de radio. Se están preparando ahora planes para instalar en la Facultad de Ciencias un laboratorio de radioisótopos que servirá para distintos fines, por ejemplo, investigaciones médicas y agrícolas. La misión recomendó que el Gobierno dictase reglamentos para la manipulación de los radioisótopos (que en la actualidad se utilizan en escala limitada en la agricultura) y sobre el empleo de las radiaciones ionizantes en general.

Agricultura

La misión visitó las instalaciones agrícolas de la Universidad Lovanium, que cuenta con laboratorios bien equipados y con científicos muy competentes y de gran experiencia que desarrollan investigaciones fundamentales y aplicadas. La misión visitó la granja experimental de la Universidad, en la que se estudian problemas relacionados con la producción del café, el mejoramiento de los suelos, la producción del tabaco, y la piscicultura. En un servicio de veterinaria se realizan investigaciones sobre la lucha contra los parásitos de las aves de corral y del ganado. En el Congo se han observado casos de deficiencia proteica; se está procediendo a investigaciones sobre las cantidades de molibdeno necesarias para la actividad microbiológica en ciertos suelos. Se confía en aumentar las reservas de proteínas mejorando los cultivos o las sustancias nutritivas de las plantas. Además, en el Departamento de Agricultura se están llevando a cabo estudios fundamentales sobre la determinación de la edad en función de la radiactividad del carbono contenido en muestras de madera fósil.

Alrededor del 97 por ciento de la renta nacional de Etiopía procede de la agricultura. Excepto un pequeño número de plantaciones explotadas por concesionarios, las tierras laborables están divididas en pequeñas parcelas. Es muy necesario incluir trabajos de investigación y fomento en el programa agrícola. El Colegio Imperial de Agricultura desarrolla investigaciones fundamentales y aplicadas, muchas de las cuales han progresado tanto que permitirían emplear los isótopos. Sin embargo, la misión opinó que debería aplazarse su empleo hasta que se haya atendido mejor a las necesidades más urgentes en materia de investigaciones aplicadas.

La agricultura constituye la principal actividad económica de Madagascar. La nutrición mineral de las plantas en particular el arroz, es en general insuficiente, lo que exige la solución de problemas relativos a la química, la física y la clasificación de los suelos. Hay cinco organizaciones de investigación y formación que estudian, recurriendo a diver-

sas técnicas corrientes, los problemas agrícolas del país. En escala muy limitada se emplean isótopos en estudios sobre la humedad de los suelos y su contenido en fósforo. En general los programas de investigación son de alcance limitado, debido a la escasez de personal científico. La misión recomendó que las organizaciones de investigación creasen un laboratorio central de isótopos, probablemente en la Universidad, que serviría para ejecutar los programas de investigación y para la formación profesional. Actualmente se está estudiando el establecimiento de dicho laboratorio.

Enseñanza y formación profesional

En el Congo la enseñanza superior está concentrada sobre todo en la Universidad Lovanium, en cuya Facultad de Ciencias los cursos de física incluyen nociones básicas de física nuclear y atómica. El reactor de investigación de la Universidad se emplea para la formación profesional.

En Etiopía, el curso de física del University College de Addis Abeba comprende algunos elementos de física atómica y nuclear. Recientemente se ha creado un curso de física experimental que abarca algunos trabajos de laboratorio y mediciones de óptica, electricidad y física atómica. La misión recomendó que en la Facultad de Ciencias de la Universidad se instalase equipo para efectuar trabajos con indicadores radiactivos. Igualmente, recomendó una estrecha coordinación entre la Universidad y las escuelas de ingeniería del país en las actividades que se benefician del equipo nuclear y de la experiencia adquirida en esta esfera.

La misión tomó nota del reciente y rápido desarrollo de la enseñanza secundaria, técnica y superior en Madagascar, así como de la escasez de científicos en el país. Recomendó que se prestase atención a la formación profesional de los nacionales del país en diferentes esferas científicas.

LIBANO

Materiales básicos e hidrología

El Líbano no cuenta con un servicio nacional geológico. En la actualidad, las principales actividades geológicas se refieren a la hidrología y al abastecimiento de aguas; por ello no es probable que la dependencia existente pueda efectuar trabajos de prospección de minerales nucleares. Tampoco es probable que dichos minerales se necesiten en el país en un futuro próximo, pero si se precisasen habría que crear un servicio geológico.

Parte de los estudios geológicos, que se ejecutarán en relación con un proyecto del Fondo Especial de las Naciones Unidas, se ocuparán de la determinación de las corrientes de agua subterránea en condiciones en las que no son aplicables los métodos corrientes. Las técnicas radioisotópicas, utilizando el tritio como indicador, podrían emplearse con éxito en esta labor.

Energía

A pesar de que el Líbano no cuenta con yacimientos de hulla, petróleo ni gas natural, puede obtener fácilmente grandes cantidades de petróleo, que se transporta a través del país desde el Irak y Arabia Saudita a los puertos de Trípoli y Saida. El 70 por ciento de la electricidad producida en el principal centro de consumo, es decir Beirut y sus alrededores, se genera en centrales de petróleo, y el 30 por ciento restante procede de centrales hidráulicas. El aumento de la demanda de energía, que se ha calculado en un 15 por ciento anual, podrá atenderse en parte con las actuales centrales de vapor, con la producción que se espera obtener de la central hidroeléctrica de Litani y con nuevas centrales térmicas, una de las cuales, situada cerca de Trípoli, entrará en servicio en 1962. Las nuevas centrales podrán satisfacer el aumento de la demanda hasta 1968, en cuyo momento se espera que la carga máxima de la región de Beirut alcance 240 000 kW, lo que correspondería a una potencia instalada de unos 330 000 kW.

De momento, no hay ninguna necesidad de utilizar la energía nuclear para producir electricidad, pero la misión examinó también las perspectivas para el futuro. En el Líbano el suministro de electricidad puede efectuarse por medio de una red central de distribución; el problema que ha de examinarse es el de la incorporación de centrales nucleoelectricas a dicha red. Se ha preparado un importante plan de producción de energía a base de carbón, cuya primera fase se iniciaría dentro de unos cuatro años y la última dentro de unos diez años. La misión recomendó que antes de la fase final se vuelvan a examinar las características de la central térmica proyectada; el Gobierno, dentro de cuatro o cinco años, debería pedir al OIEA que enviase una misión especial para estudiar los problemas que plantea la in-

Miembros de la Misión estudiando en el centro experimental de Telle Amara (Líbano) los resultados obtenidos mediante la aplicación de radioisótopos en el cultivo del trigo



roducción de la energía nucleoelectrica en una red central de distribución.

Medicina

La misión visitó los laboratorios isotópicos de la Universidad Americana de Beirut, que están bastante bien equipados con instalaciones de tipo corriente. Se han dictado cursos sobre la aplicación de los radioisótopos en medicina. Por otra parte, se han efectuado trabajos de laboratorio sobre varias hemoglobinopatías, utilizando isótopos radiactivos del hierro y del cromo. Igualmente se han utilizado isótopos para investigar y tratar enfermedades tiroideas y se están llevando a cabo investigaciones sobre el metabolismo intermedio. La Universidad posee una fuente de cobalto y su departamento radiológico está equipado con aparatos de rayos X y otros de tipo tradicional para diagnóstico y terapéutica.

La misión visitó el Instituto de Radiología del Laboratorio de San José, que posee una fuente de cobalto. En el Instituto está prácticamente terminado el laboratorio de radioisótopos, pero no se ha instalado todavía todo el equipo. El laboratorio está destinado a dos tipos de trabajo, uno relacionado con los pacientes y el otro con la sanidad pública.

La misión opinó que el Gobierno del Líbano podía solicitar con provecho la asistencia de los laboratorios del Organismo en Viena para el análisis de muestras de productos alimenticios, suelos y hortalizas.

Agricultura

El Líbano es un país esencialmente agrícola; gracias a sus características físicas y climáticas su agricultura es muy variada. Se informó a la misión de que, aparte la irradiación de dos lotes de semillas efectuada por servicios extranjeros por encargo del Ministerio de Agricultura, los isótopos no se han utilizado en las investigaciones agronómicas. Los laboratorios de investigación del Ministerio de Agricultura, situados en Telle Amara, cuentan con excelentes instalaciones para efectuar trabajos de tipo corriente sobre los suelos, la nutrición, selección y protección de las plantas, y la nutrición de los animales.

Se ejecutan investigaciones aplicadas en avicultura, en la selección de variedades del trigo y la cebada y en la alimentación de las vacas. La Facultad de Agronomía de la Universidad Americana de Beirut posee también varios laboratorios de investigación bien equipados. La misión observó que los trabajos sobre nutrición mineral de los ovinos, el empleo de fertilizantes en los árboles frutales y en las legumbres, y los riegos comparados han alcanzado un punto en que los radioisótopos podían aportar una útil contribución.

A juicio de la misión, el Gobierno del Líbano debería facilitar los servicios necesarios para una coordinación más estrecha entre las actividades de investigación del Ministerio de Agricultura y de la Universidad Americana de Beirut.

Enseñanza y formación profesional

El curso de física de la Universidad del Líbano comprende la física atómica y nuclear. El año próximo, en el laboratorio de física de la Universidad se instalará nuevo equipo para efectuar estudios prácticos de los fenómenos de física nuclear. El Departamento de Física de la Universidad Americana de Beirut se consagra sobre todo a la física del estado sólido y a la de las bajas temperaturas. Los laboratorios de la Universidad están equipados de manera adecuada para la enseñanza y la investigación. La Universidad de San José no posee Facultad de Ciencias, pero se han introducido cursos de física para los estudiantes de la Escuela de Medicina y de la Es-

cuela Superior de Ingeniería. El Centre de Physique et Mathématique de l'Ecole Supérieure tiene un programa cuatrienal de estudios de física y matemática. El laboratorio de física del Centro cuenta con equipo para los trabajos prácticos de un curso general de física.

La misión recomendó que se prestase más atención al estudio de las ciencias básicas y la técnica en los centros de enseñanza superior del Líbano. Para fomentar los progresos, sería muy conveniente que las distintas universidades estableciesen una cooperación más estrecha en el desarrollo de sus actividades científicas y en el empleo de las instalaciones disponibles.
