

LA ENERGIA ATOMICA EN AFRICA

En el continente africano, entre cuyos países figuran veintiún Estados Miembros del Organismo, se están desarrollando actividades muy diversas para lograr los beneficios que entrañan las aplicaciones pacíficas de la energía atómica. En el presente artículo se dan algunos ejemplos de esas actividades, se exponen sus posibilidades y se indica la forma en que el Organismo les presta asistencia. Las actividades que se mencionan no están todas directamente relacionadas con el Organismo pero ponen de manifiesto que el interés por el empleo de las técnicas nucleares aumenta rápidamente. Este artículo es una versión algo resumida de un trabajo preparado para el octavo período de sesiones de la Comisión Económica para Africa.

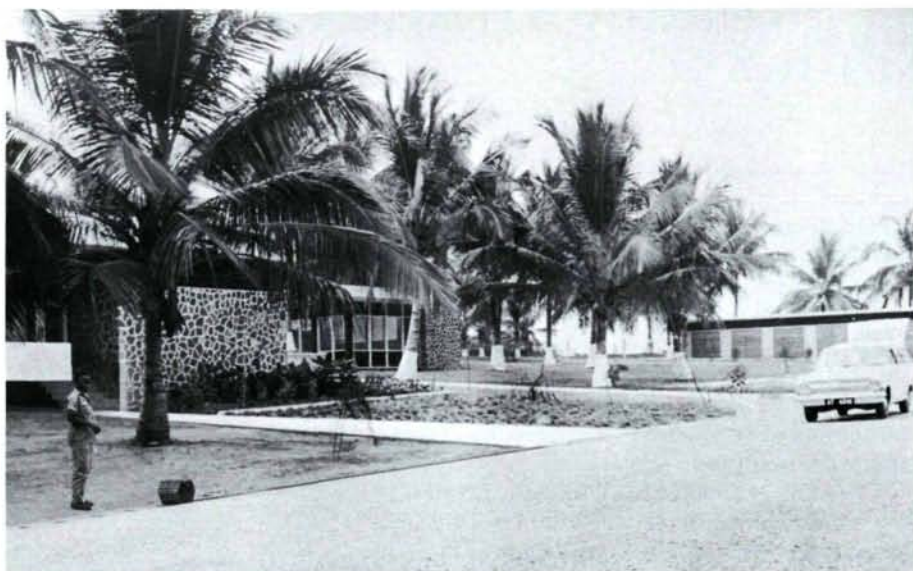
Los países de Africa miembros del Organismo son los siguientes:

Argelia	Mali'
Camerún	Marruecos
Congo (Kinshasa)	Nigeria
Costa de Marfil	República Árabe Unida
Etiopía	Senegal
Gabón	Sierra Leona*
Ghana	Sudáfrica
Kenia	Sudán
Liberia	Túnez
Libia	Uganda*
Madagascar	

El Organismo está negociando un acuerdo con la Organización de la Unidad Africana y espera colaborar con la comisión pertinente de dicha Organización en cuestiones de mutuo interés.

La asistencia del Organismo, prestada de acuerdo con los gobiernos interesados, está relacionada con la ejecución de planes nacionales de desarrollo y tiende a asegurar que en ellos se tengan en cuenta los beneficios que puede aportar la aplicación de la energía atómica con fines pacíficos. A continuación se dan algunos ejemplos de esa asistencia y se exponen algunas ideas acerca de las futuras actividades.

* Ingreso pendiente de que se deposite el instrumento de aceptación del Estatuto.



El Centro de Investigaciones Atómicas de Kwabena (Ghana)

ENERGIA NUCLEOELECTRICA

En Africa la mayor parte de las redes de distribución son de capacidad relativamente pequeña y existen todavía vastos recursos eléctricos sin explotar. Por tanto, habrá de transcurrir algún tiempo antes de que pueda considerarse la oportunidad de construir centrales nucleares de tal capacidad que la energía generada pueda competir económicamente con la obtenida de otras fuentes. Existen algunas posibilidades de lograr mejores factores de carga en aquellas regiones donde las necesidades de agua tengan que satisfacerse con centrales de doble finalidad: desalinización de agua y generación de energía eléctrica. En Túnez se ha estudiado detalladamente la viabilidad de una de esas centrales para la zona meridional del país. La RAU estudia un proyecto de central nucleoelectrica de 150 MW(e) que se integraría en la red actual. En este mismo país se está examinando la posibilidad de instalar una central de desalinización de agua de mar para un proyecto piloto agrícola que afectaría a unas 4 000 hectáreas. Su finalidad es estudiar los aspectos económicos de la desalinización para fines agrícolas en las regiones áridas. El Organismo está dispuesto a examinar ciertos casos en que la desalinización parece ser un problema de interés en las regiones áridas de Africa.

Los informes de las reuniones sobre la energía eléctrica en los países africanos celebradas bajo los auspicios de las Comisiones Económicas para Africa y para Europa, destacaron la conveniencia de que las autoridades planificadoras de los países miembros de la CEA estén bien informadas de las novedades



El OIEA ha coadyuvado a generalizar en el Senegal los usos médicos de los radioisótopos. En la fotografía, el Dr. J.N. Karamourtzounis, enviado a dicho país como experto del programa de Asistencia Técnica, verifica con el Dr. N'Doye el equipo de reconocimiento médico.

técnicas en el campo de la energía nucleoelectrica. Los países en desarrollo que proyectan ampliar sus programas de producción eléctrica no deben, pues, considerar aisladamente la posibilidad de recurrir a la energía atómica sino que deben estudiar esta posibilidad en relación con las que ofrecen los medios clásicos. Este estudio ha de proseguir ininterrumpidamente, sobre todo porque la construcción y puesta en marcha de una central nucleoelectrica requiere por los menos cuatro años y los estudios iniciales unos dos o tres más. El gran número de propuestas de desarrollo industrial actualmente en estudio — en particular el desarrollo de la industria del hierro y el acero en Africa Occidental, Oriental y Central— ejercerán una gran influencia en la producción de energía ya que requerirán un suministro regional de electricidad. En su reunión de 1965, la CEA apoyó una sugerencia encaminada a estudiar el posible papel de las centrales nucleoelectricas integradas en una futura red de la subregión occidental. En las investigaciones preliminares que hasta ahora el Organismo ha llevado a cabo en nueve países de Africa se ha llegado a la conclusión de que la energía nucleoelectrica debería ser objeto de un estudio especial durante los tres o cinco próximos años.

MATERIAS PRIMAS NUCLEARES

En 1965, el uranio africano, procedente en su mayor parte de Sudáfrica, Madagascar y Gabón, constituyó aproximadamente el 17 % de la producción

mundial. Además, Madagascar produjo un millar de toneladas de monacita que contenían unas 140 toneladas de óxido de torio y algunas toneladas de berilio. Estas cifras no representan la capacidad máxima, puesto que, en 1965, Sudáfrica, que puede producir 5 700 toneladas anuales, redujo deliberadamente su producción a menos de 3 000. Se considera que 5 dólares por libra de óxido de uranio contenido en concentrados es un precio económico, aunque todavía existen muchos contratos a largo plazo en los que el precio está fijado entre 8 y 10 dólares por libra. Es cierto que en los primeros años se concluyeron contratos para cantidades pequeñas a precios de hasta 3,42 dólares por libra, pero no es probable que esa cifra sea indicadora de los precios que regirán cuando se hayan equilibrado la oferta y la demanda. Por ejemplo, el precio medio pagado en 1965 por libra de U_3O_8 en los Estados Unidos fue de 8 dólares, y el precio del uranio almacenado en el Canadá está fijado en 4,9 dólares por libra. Cuando, más adelante, la demanda supere la oferta, y suponiendo que las reservas de los que hoy se consideran minerales de interés económico no aumenten notablemente en relación con el rápido incremento del consumo, será necesario por consideraciones económicas explotar yacimientos que actualmente se consideran de calidad inferior.

La más reciente información (mediados de 1966) sobre la oferta y la demanda futuras de uranio indica que, teniendo en cuenta las circunstancias y los precios actuales, el mundo occidental dispondrá en 1970 de unas 600 000 toneladas de U_3O_8 a un coste de producción de 5 a 10 dólares por libra, pero que se pueden esperar cantidades mayores a costos más elevados. Se espera que en el período 1971-1980 el consumo total ascienda por lo menos a 270 000 toneladas, y que más adelante la demanda anual aumente hasta 55 000 toneladas. Los yacimientos de uranio que actualmente se conocen y explotan en Africa representan el resultado de una prospección bastante limitada y parece probable que si ésta se intensifica, particularmente en las regiones todavía sin explorar, se descubrirán nuevos yacimientos, no sólo de uranio, sino también de otros minerales de posible importancia para la energía atómica, como son el berilio y el torio. Actualmente se investigan regiones del Senegal, Túnez, la República Árabe Unida, Nigeria, la República Centroafricana, etc. Además, en el Senegal y en Túnez se estudian las posibilidades económicas de la recuperación del uranio como producto secundario de la obtención de abonos a partir de rocas fosfáticas, posibilidades ya estudiadas en Marruecos y en la RAU. Aunque el costo de producción es excesivo teniendo en cuenta los actuales precios del uranio, la situación podría cambiar con el desarrollo de nuevos tipos de reactores —por ejemplo, los reproductores— o por una modificación del actual equilibrio de la oferta y la demanda, que es probable que se produzca en los dos próximos decenios.

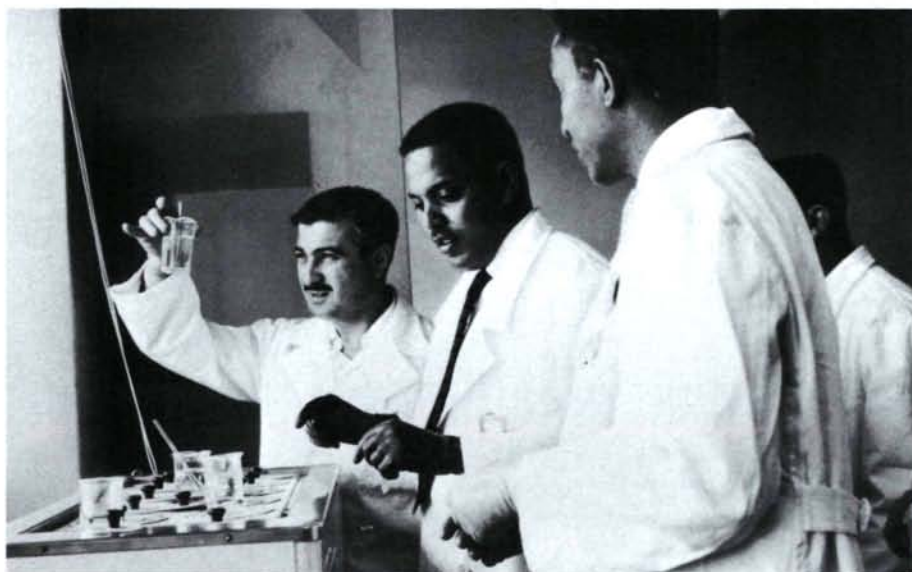
Estos hechos tienen importancia para Africa porque el desarrollo de la energía nucleoelectrica no alcanzará probablemente proporciones importantes hasta fines del presente siglo, cuando el máximo de la demanda mundial coincidirá con una disminución rápida de los recursos si no se han encontrado nuevas reservas mineras o no se han desarrollado nuevos tipos de reactor que permitan utilizar el uranio más caro obtenido de minerales pobres. El vasto potencial minero del Continente Africano podría muy bien organizarse para

aprovechar este aumento de la demanda prevista, que podría ser una fuente importante de intercambio con el exterior.

EMPLEO DE RADIOISÓTOPOS PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA

Los radioisótopos y las radiaciones desempeñan un papel importante en las investigaciones esenciales para incrementar la producción agrícola. Cualquier esfuerzo para mejorar la producción requiere un perfecto conocimiento de los factores que afectan a las cosechas. Por ejemplo, los abonos radiactivados son de suma utilidad para determinar el mejor método de abonar un determinado cultivo según las condiciones del suelo, ya que indican cuál es la forma correcta de distribuir una cantidad determinada de abono para lograr el máximo rendimiento. El Organismo está preparando proyectos en un plano mundial para incrementar la eficacia del empleo de abonos en el cultivo del arroz y del maíz. Madagascar y la RAU colaboran en el proyecto relativo al arroz; la RAU participa en el proyecto relativo al maíz para el cual no sólo Ghana ha expresado su interés, sino que podrían iniciarse trabajos en cualquiera de los países productores, por ejemplo el Congo (Kinshasa). Los instrumentos portátiles (sondas higrométricas neutrónicas) para determinar la humedad del suelo son de inapreciable valor para estudiar la mejor manera de emplear el agua en los cultivos. Se utilizan ya desde hace algún tiempo en Argelia, Costa de Marfil, Ghana, Kenia, Madagascar, Marruecos, la RAU y el Senegal.

Alumnos trabajando en el Centro Regional de Radioisótopos del Oriente Medio para los Países Árabes (República Árabe Unida).
(Foto: OIEA/Goldberg)



Las técnicas nucleares se emplean en estudios sobre determinados productos agrícolas y su protección —cacao, cacahuete y caucho, en **Ghana**; cacahuete y sorgo, en el **Senegal**; oliva, en **Túnez**. En 1966 el Organismo inició un programa coordinado referente a productos arbóreos tales como el cacao, el coco, el aceite de palma, la oliva y el caucho, a fin de determinar la forma en que los abonos deben aplicarse para mejorar las cosechas. Se espera que participen en ese programa varios países de África; en **Túnez** se han iniciado ya investigaciones relativas al olivo.

Ensayos realizados en **Libia**, en **Túnez** y en la **RAU** han demostrado que algunas variedades de trigo obtenidas por irradiación son superiores a las variedades locales y a otras más corrientes. Por ahora parece conveniente introducir estas variedades en **Argelia**, **Etiopía**, **Kenia**, **Marruecos**, **Somalia** y el **Sudán**.

Se están efectuando importantes investigaciones entomológicas. En **Túnez** y **Marruecos** se presta particular atención a los problemas que plantea la erradicación de la mosca mediterránea de la fruta, y en **Uganda**, con ayuda del Organismo, se estudia la posibilidad de eliminar la mosca tse-tse. Está previsto intensificar estos últimos estudios haciendo uso de todos los medios de investigación de que dispone África. En **Ghana** se han iniciado investigaciones sobre un pseudococcido que ataca al cacao.

La introducción de los radioisótopos en las ciencias pecuarias, especialmente en las investigaciones para resolver los problemas que afectan a la productividad, será probablemente esencial; en el **Senegal** se tiene el propósito de establecer en un instituto de veterinaria ya existente un laboratorio de bioquímica animal con medios radioisotópicos de trabajo.

Dentro del marco de la campaña encaminada a mejorar la producción agrícola, tanto por el aumento de la producción como por la reducción de las pérdidas debidas, entre otras cosas, a la acción de los insectos dañinos, los investigadores consideran que la técnicas radioisotópicas constituyen un medio sumamente útil de trabajo. Por este motivo, el Organismo fomenta constantemente la creación de pequeños servicios radioisotópicos en institutos de investigación agrícola ya existentes o, si éstos no existen, en las facultades de agricultura de las universidades. Aunque estos laboratorios no funcionen continuamente es muy conveniente disponer de ellos cuando se presenta la necesidad de resolver problemas particulares. Existen muchos laboratorios de esta clase y se van a crear o se han creado recientemente algunos en el **Sudán**, **Nigeria**, **Camerún**, **Uganda**, **Costa de Marfil** y **Rwanda**.

CONSERVACION DE ALIMENTOS

El empleo de radiaciones atómicas para la conservación y desinfección de alimentos es objeto de un estudio sistemático en algunos de los países tecnológicamente avanzados. En la actualidad, esa técnica parece ofrecer indudable interés para muchos países de África, tanto de las zonas secas como de las zonas húmedas. En unas regiones donde la refrigeración prácticamente no existe,

la conservación de alimentos tiene que efectuarse por otros métodos, y la irradiación, en general, ocasiona menos alteraciones de la materia prima que el envasado en latas. Por este motivo, el Organismo tiene interés en efectuar estudios en aquellas regiones de Africa donde resulte conveniente. En diversos países avanzados se permite ya el consumo de patatas, cebollas, trigo y tocino irradiados. Se está estudiando la posibilidad de irradiar otros productos y de obtener que se autorice su consumo. Cuando esto se logre habrá que iniciar ensayos piloto.

GRANOS, FRUTAS Y VERDURAS

No parecen existir motivos técnicos o biológicos que hagan imposible el empleo de radiaciones para destruir los insectos nocivos de los granos, o para impedir la germinación de las patatas y las cebollas. Se ha trabajado mucho también para poder prolongar el período de almacenamiento de las frutas y las verduras, especialmente combatiendo los microorganismos. Las radiaciones atómicas pueden demorar la maduración de algunas frutas tropicales — bananas, mangos y payayas — y quizá, si se sigue estudiando el problema, se logre conservar zumos de fruta por irradiación. Si bien esos estudios se están efectuando en países desarrollados que disponen de las instalaciones, los recursos y el personal especializado necesarios, algunos expertos han aconsejado recientemente que una parte de los trabajos se efectúe en los países productores de las materias primas, que es donde habrán de aplicarse los métodos, incluso si estos países no disponen aún de instalaciones adecuadas para ello. Quizá fuera conveniente en un principio concentrar las investigaciones en un solo centro de Africa que trabajase para muchos países afectados por los mismos problemas. Un lugar conveniente podría ser el Ford Foundation Institute for Research into Tropical Foodstuffs Other Than Rice, de Ibadán, Nigeria.

PESCADO

Son bien conocidas las pérdidas de pescado, tanto de mar como de río, que a causa de los insectos se producen en Africa. En Mali, Nigeria y otros países se están llevando a cabo importantes investigaciones por métodos clásicos, y se estudia activamente la posibilidad de emplear radiaciones para evitar las pérdidas. El problema principal consiste en encontrar un embalaje a prueba de insectos que evite una nueva infestación. Como el pescado seco o ahumado es fácil de transportar, se ha recomendado recientemente estudiar la destrucción de los insectos en condiciones reales transportando los materiales a los centros de investigación existentes, para someterlos a las radiaciones. Este es otro problema que podría estudiar el Instituto de la Fundación Ford. Con ayuda del Fondo Europeo para el Desarrollo se efectúan en Europa estudios piloto en los que se combina la irradiación y la refrigeración y cuya finalidad es poder transportar pescado desde Abidjan hasta el interior de Costa de Marfil asegurando su comestibilidad. La segunda etapa de este estudio se desarrollará en Abidjan.

CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS

La radiodesinfección de harinas de carne, de hueso y de sangre incrementaría notablemente los mercados de estos productos en Europa y en otros lugares. Como primera etapa de un plan piloto de irradiación en Chad, cuya finalidad es la exportación de carne a los países vecinos, se están efectuando en Europa ensayos de laboratorio (similares a los realizados para el pescado) sobre la conservación de carne.

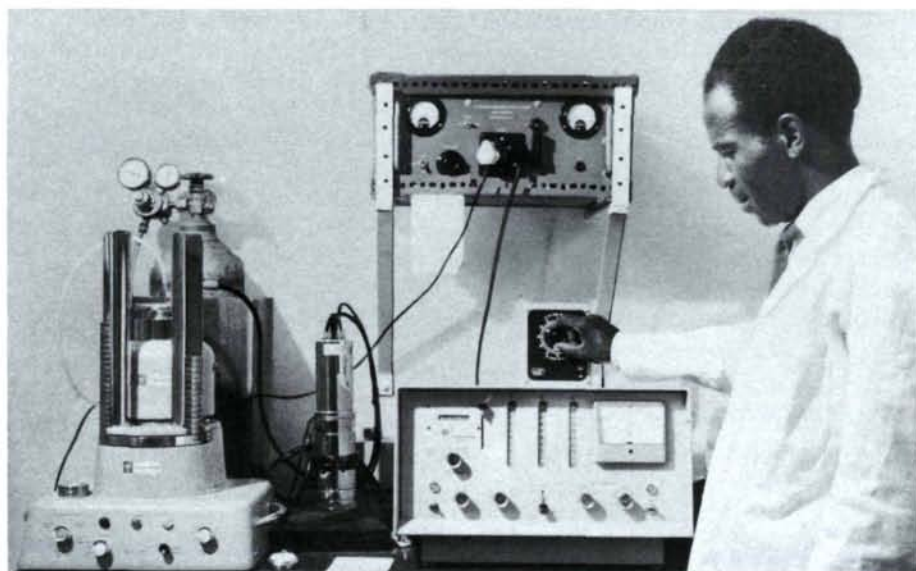
La irradiación de alimentos es un tema muy complejo. El Organismo coopera activamente en las investigaciones necesarias para poder justificar que esta técnica se introduzca en mayor escala en los países en desarrollo, pero al mismo tiempo apoya activamente un programa reducido de investigación en Nsukka (Nigeria) y en Túnez, así como programas de capacitación cuya finalidad es dar a conocer las posibilidades y las limitaciones de la irradiación de alimentos. Para el verano de 1967 se organizará en colaboración con el Gobierno de los Estados Unidos un curso de formación en esta materia.

LA ENERGIA ATOMICA EN HIDROLOGIA

Estudios recientes han demostrado que las técnicas isotópicas permiten obtener datos de gran importancia económica sobre la disponibilidad de aguas subterráneas en las zonas áridas e investigar los recursos hidráulicos; todo ello con esfuerzos y gastos relativamente reducidos. Las técnicas isotópicas pueden emplearse como instrumento adicional para la utilización eficaz de los recursos de agua disponibles ya que permiten localizar las fuentes de recarga y determinar la dirección y velocidad de las corrientes subterráneas. Estas técnicas se emplean ya en Kenia, la RAU y Túnez. Se muestran de gran utilidad para la exploración inicial de zonas hidrológicamente mal estudiadas como Nigeria y Chad y otras regiones sabánicas o sahélicas. En las regiones áridas y semiáridas es preciso aprovechar mejor los recursos de agua subterránea para hacer posible el pastoreo y otras formas de economía nómada. Las técnicas isotópicas ofrecen grandes ventajas cuando se trata de evaluar a largo plazo el potencial de los depósitos de agua del subsuelo. Estas técnicas han servido también para determinar la existencia y cantidad de aguas subterráneas para el consumo de la población lográndose brillantes resultados en Lusaka (Zambia). Gracias a la cooperación del Organismo, muchos países de las zonas áridas y semiáridas dispondrán en 1967 de los servicios de un asesor regional en el empleo de la energía atómica en hidrología.

APLICACIONES INDUSTRIALES

Los proyectos de industrialización son una de las principales características de la mayor parte de los planes de desarrollo de los países africanos. Las aplicaciones de las técnicas radioisotópicas en la industria moderna (medición nucleónica, radiografía, empleo de radiotrazadores) tienen una importancia directa para muchos países de Africa. Se emplean ya corrientemente en la prospección de petróleo y de yacimientos minerales, ya que permiten obtener datos



En la Escuela de Medicina de la Universidad de Lagos (Nigeria) se emplean las técnicas radioisotópicas con fines de investigación y diagnóstico.

que sin ellos serían inasequibles. Trabajos recientemente ejecutados en la RAU con asistencia del Organismo han puesto claramente de manifiesto el gran número de las aplicaciones de los radioisótopos en diversas industrias. Se han experimentado trazadores en campos petrolíferos, en acerías y en fábricas de vidrio y de abonos. También se ha procedido con gran éxito al ensayo no destructivo de lingotes por gammagrafía. El proyectado desarrollo de la industria del acero incrementará mucho el empleo de las técnicas radioisotópicas. Es corriente emplear trazadores para determinar la humedad tanto en la construcción de carreteras como en el tratamiento de minerales. En Ghana se examina la conveniencia de introducir estas técnicas en todas las industrias proyectadas y en las que se están instalando, y los planificadores, los industriales y los contratistas de otros países deberían hacer lo mismo.

APLICACIONES MEDICAS

Los adelantos de la medicina nuclear en los últimos años, especialmente en lo que respecta al diagnóstico y la terapéutica, han servido para mejorar los servicios y las instalaciones sanitarias. En los planes nacionales de desarrollo se da destacada importancia a la construcción de hospitales y a los programas de la sanidad social. Gracias, en parte, a la ayuda del Organismo, funcionan ya laboratorios radioisotópicos para diagnóstico en Argelia, el Congo (Kinshasa), Kenia, Marruecos, Nigeria, la RAU, el Senegal, Sudáfrica, el Sudán,

Túnez y Uganda. En todos los países que disponen de las instalaciones radioisotópicas necesarias se investigan las causas de enfermedades tropicales tales como el cáncer de hígado, la anemia drepanocítica y diversos tipos de desnutrición. El Organismo apoya algunos de estos trabajos en el **Congo (Kinshasa)**, **Kenia**, la **RAU** y **Sudáfrica** por medio de contratos de investigación.

Esa labor requiere equipo y personal especializados y la observancia de medidas adecuadas de seguridad y protección de la salud. Cuando en Africa aumente el número de instalaciones radioisotópicas para fines médicos y biológicos habrá que destinar el tiempo necesario a la formación de personal e introducir la legislación pertinente.

REACTORES DE INVESTIGACION Y FORMACION PROFESIONAL

En 1966 funcionaban en Africa tres reactores de investigación, uno en el **Congo (Kinshasa)**, otro en la **RAU** y otro en **Sudáfrica**. Se está construyendo uno en **Ghana** y en uno o dos países más se proyecta construir otros.

El desarrollo del empleo de la energía atómica en toda Africa hace necesario más personal competente. Las ciencias nucleares figuran en plan de estudios de las siguientes universidades nacionales:

Argelia	República Árabe Unida
Congo (Kinshasa)	Rhodesia
Etiopía	Senegal
Ghana	Túnez
Kenia	Uganda
Nigeria	Zambia

Está prevista su introducción en la Universidad de **Costa de Marfil**. El Organismo ha enviado profesores invitados y equipo a las universidades de **Túnez** y **Uganda**; en 1967 los enviará a la Universidad de Khartum y al Royal College de Nairobi.

El Organismo facilita también formación profesional en las diversas ramas de la ciencia y la tecnología nucleares, desde el nivel del peritaje hasta el de la especialización científica más elevada. En la **RAU**, y en colaboración con el Organismo, funciona un centro regional de radioisótopos para los países árabes, destinado principalmente a la enseñanza y a los estudios con reactores. El Organismo ha prestado también su asistencia a cursos regionales de formación en el **Congo (Kinshasa)**, la **RAU** y **Uganda**. En 1968 tendrá probablemente lugar en **Sierra Leona**, para africanos, un curso regional sobre reparación y mantenimiento de instrumentos nucleares.

Es sabido que Africa no está hoy en condiciones de dar formación en los aspectos más especializados de la energía atómica, pero el programa de becas del Organismo puede servir para enviar estudiantes a ultramar, lo que

contribuye a llenar esa laguna. Hasta hoy, 225 africanos han recibido formación gracias al programa de becas. Se dispone también de subvenciones que permiten a especialistas realizar viajes científicos para estudiar determinados aspectos de la energía atómica. Este último programa ha beneficiado ya a nacionales del Senegal y de Túnez.

UN MILLON DE DOLARES PARA INVESTIGACIONES MEDICAS

El Organismo ha gastado hasta hoy más de un millón de dólares para apoyar contratos de investigación sobre las aplicaciones de los radioisótopos en medicina. La finalidad perseguida es que los hospitales y los centros de investigación médica de los países en desarrollo puedan disponer de las técnicas radioisotópicas ideadas y desarrolladas en los países técnicamente avanzados, para resolver con ellas problemas especiales de sanidad local o regional.

El programa del OIEA ha concedido siempre un lugar importante al apoyo de las investigaciones médicas con radioisótopos. Aunque en los dos años anteriores se habían efectuado ya algunos gastos por este concepto, el programa de contratos de investigaciones médicas comenzó realmente en 1961, año en que se dispuso de fondos suficientes para trazar planes de cierta duración. A fines de 1966, los gastos totales habían alcanzado la cifra de 1 090 033 dólares, que se descompone en los siguientes totales anuales: 1959, 46 270 dólares; 1960, 73 220 dólares; 1961, 124 515 dólares; 1962, 145 028 dólares; 1963, 166 855 dólares; 1964, 130 940 dólares; 1965, 222 010 dólares; 1966, 181 195 dólares.