

Los laboratorios del OIEA

Dada la continua expansión de la tecnología nuclear en todas las esferas científicas, las actividades de investigación y análisis cobran cada vez más importancia dentro de los trabajos efectuados en los dos principales laboratorios del OIEA en Seibersdorf y Mónaco.

En ellos se dispensa también capacitación a estudiantes y graduados de muchos Estados Miembros. El siguiente artículo constituye una breve reseña de su desarrollo y actuales trabajos.

LABORATORIO DE SEIBERSDORF

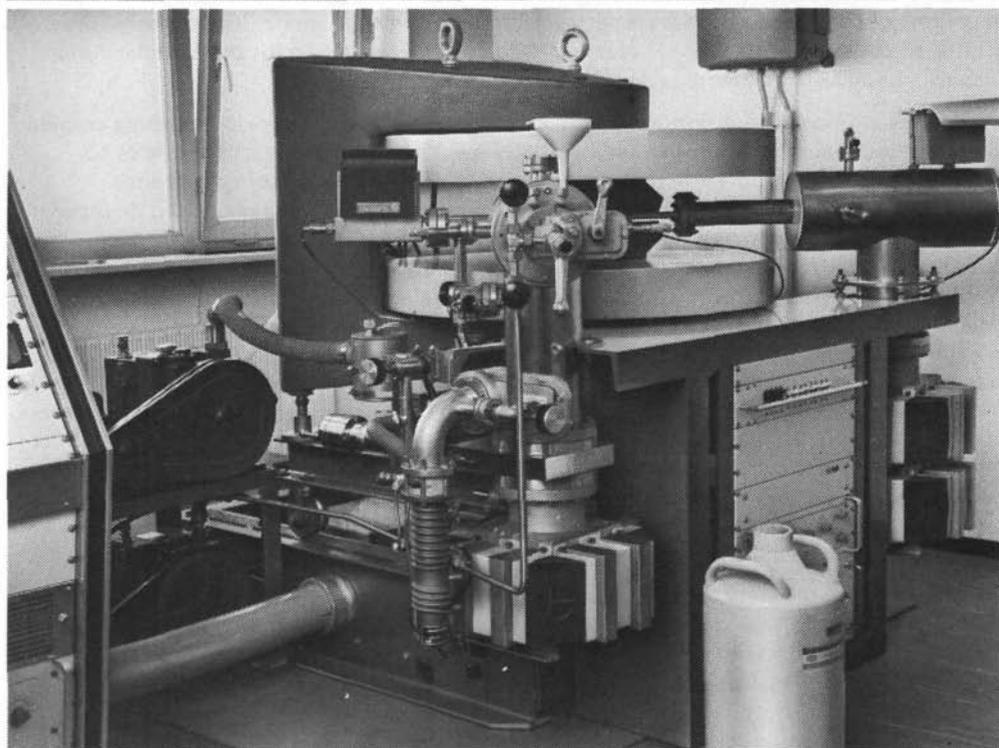
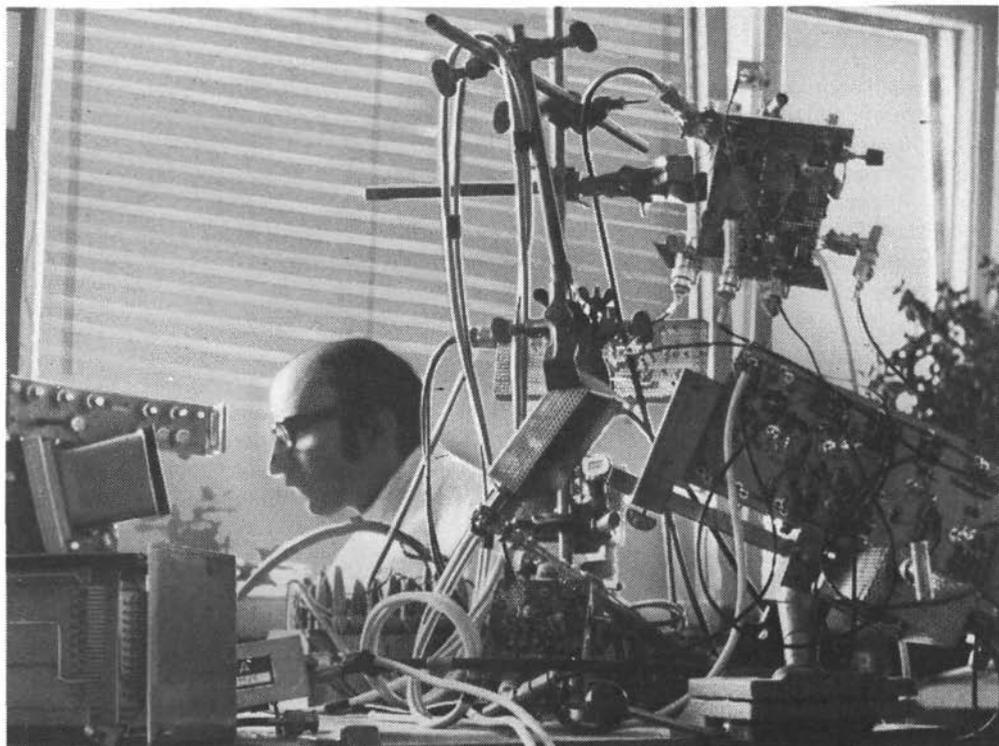
El Laboratorio de Seibersdorf está situado junto al Centro Nuclear Austriaco, en la Baja Austria, a unos 35 km al suroeste del centro de Viena. Fue inaugurado oficialmente en septiembre de 1961. Antes de esa fecha los trabajos de laboratorio (metrología de los radioisótopos y de las bajas radiactividades) se venían desarrollando en el sótano del edificio de la Sede, donde también funcionaban un taller mecánico y una sección de electrónica. A principios de 1962 entró en servicio la Sección de Química y más adelante, el mismo año, la de Agricultura.

AGRICULTURA

Las investigaciones agronómicas se iniciaron a fin de contribuir a un programa coordinado de contratos de investigación sobre las condiciones óptimas de empleo de los abonos del arroz, utilizando el fósforo-32 como trazador radiactivo. Hoy día prosiguen experimentos análogos en todas las partes del mundo con trigo, maíz, legumbres y cultivos arbóreos. En este último caso, se efectúan trabajos interesantes en los que se aplica una técnica a base de dos trazadores, el ^{32}P y el ^{33}P .

Un progreso importante se consiguió en 1963, año en que el Laboratorio empezó a emplear el nitrógeno-15 como trazador en las investigaciones agronómicas. Hasta entonces no se había usado este importante nutriente vegetal en experimentos sobre el terreno, debido al coste de los preparados enriquecidos en nitrógeno-15 y a la necesidad de recurrir a un espectrómetro de masas para las mediciones. En el marco de un programa coordinado de investigaciones fue posible adquirir cantidades relativamente grandes, con la consiguiente reducción del coste, y las mediciones se efectuaron todas con el espectrómetro de masas del Laboratorio, aunque esto supuso para el personal mucho trabajo, ya que anualmente se enviaban de 4 000 a 5 000 muestras vegetales. Para hacer frente a esta situación el Laboratorio desarrolló el método espectroscópico de emisión, que es mucho más económico y no requiere operaciones de funcionamiento y entretenimiento tan complicadas como las que necesita el espectrómetro de masas. Dado que la razón $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ puede determinarse en muestras incluso de 1 μg de N o menores, han surgido muchas nuevas posibilidades en la esfera de la fisiología y bioquímica de las plantas. Como resultado de estos trabajos, el Laboratorio ha adquirido una posición mundial destacada en lo que respecta a las aplicaciones en agronomía del nitrógeno-15.

Los trabajos de fitogenética empezaron con la investigación de las condiciones de irradiación y tratamiento de las semillas a fin de obtener un máximo de mutaciones con daños mínimos en otros aspectos. Actualmente los científicos buscan mutantes del trigo y de otros cereales que produzcan más proteínas y de mejor calidad. Como la modificación de la calidad de las proteínas no se traducirá necesariamente en cambios visibles, se ha emprendido un vasto programa de análisis de muchos millares de semillas anualmente.



En el Boletín del OIEA, volumen 15/3, se han descrito los trabajos de entomología y de investigación sobre la técnica de los machos estériles.

QUIMICA

La Sección de Química efectúa nuevos trabajos para el Departamento de Salvaguardias e Inspección, en particular determinaciones exactas del contenido de uranio y de plutonio, o de ambos, en muestras tomadas por los inspectores de salvaguardia; no es una tarea sencilla, ya que hay que analizar muchos tipos de muestras de composición e impurezas diversas. Además, hay que efectuar análisis isotópicos, para los que el Laboratorio ha adquirido un nuevo espectrómetro de masas de último modelo — que constituye su aparato más costoso.

El Servicio de Control de Calidad en materia de Análisis del Laboratorio se ha descrito en el Boletín del OIEA, volumen 15/3.

METROLOGIA

La Sección de Metrología viene trabajando desde hace muchos años en la calibración absoluta de isótopos radiactivos, problema difícil y de muy diversos aspectos. Las muestras utilizadas han sido muy variadas; en el caso del germanio compensado con litio, se vendieron juegos de fuentes gamma de largo período, herméticamente cerradas por láminas para mayor seguridad, con lo que el Laboratorio obtuvo saneados ingresos hasta 1971, año en que se decidió que los proveedores comerciales de radionúclidos podían atender la demanda.

Pero no por eso cesaron los trabajos de calibración de radioisótopos, y ahora se ha creado un servicio de intercomparación a largo plazo. Las muestras calibradas enviadas a Seibersdorf se miden en una cámara de ionización de respuesta muy estable. Más tarde, puede mandarse una segunda muestra nuevamente calibrada para su medición, lo que permite efectuar una comparación, aunque el período del radioisótopo sea muy corto. Otro servicio es el suministro de fuentes de calibración para medir la fluencia neutrónica en reactores utilizando detectores de umbral.

ELECTRONICA Y TALLER MECANICO

El Laboratorio posee su propia Sección de Electrónica y Taller Mecánico que trabajan para el Laboratorio y, en ciertos casos, para los Estados Miembros. Aparte de la conservación del equipo, la Sección de Electrónica fabrica aparatos que no se encuentran en el comercio, así como circuitos de mando y de interfase para computadoras, destinados a aparatos totalmente automáticos y semiautomáticos de distintos tipos, proyectados y construidos en el Taller.

CAPACITACION

Alrededor de 100 becarios han recibido capacitación «en el servicio» en Seibersdorf, donde han permanecido de un mes a dos años. Cuando es posible, los últimos meses de la capacitación se consagran sobre todo a estudios relacionados con el propio país de los becarios y sus problemas. El Laboratorio ha tenido también la fortuna de que varios investigadores universitarios, en particular especialistas en los trabajos con nitrógeno-15, hayan decidido pasar en él su año sabático.

▲ Un aspecto del equipo del taller eléctrico del Laboratorio de Seibersdorf.

◀ El nuevo espectrómetro de masas del Laboratorio de Seibersdorf.

EL LABORATORIO INTERNACIONAL DE RADIATIVIDAD MARINA

Las investigaciones radioecológicas marinas forman un campo de estudio relativamente nuevo dentro de la disciplina «joven» que es la oceanografía. El paso de la radiactividad artificial a la dieta humana a través de los alimentos de origen marino indujo a iniciar investigaciones en esta esfera hace 30 años. Pero dada la extraordinaria estabilidad física y química de los mares y océanos, los científicos temen que las perturbaciones de este medio podrían afectar gravemente a los organismos y ecosistemas; una vez alterados, la recuperación podría ser insuficiente o imposible.

La radiactividad artificial continúa siendo una de las «creaciones» humanas mejor conocidas cuyos efectos repercuten en los océanos. El desarrollo racional de la electricidad nuclear, con las cuestiones conexas relativas a la evacuación de desechos y a otras repercusiones en el medio ambiente, requerirá esfuerzos continuos en esta esfera.

El Laboratorio Internacional de Radiactividad Marina de Mónaco tiene como fines principales: a) elaborar técnicas y métodos analíticos de referencia para investigar el comportamiento de las sustancias radiactivas en los océanos; b) fomentar la intercomparabilidad de las mediciones de la radiactividad efectuadas en los laboratorios nacionales de los Estados Miembros; c) conseguir la información científica aún necesaria para evaluar los efectos de la radiactividad en los océanos.

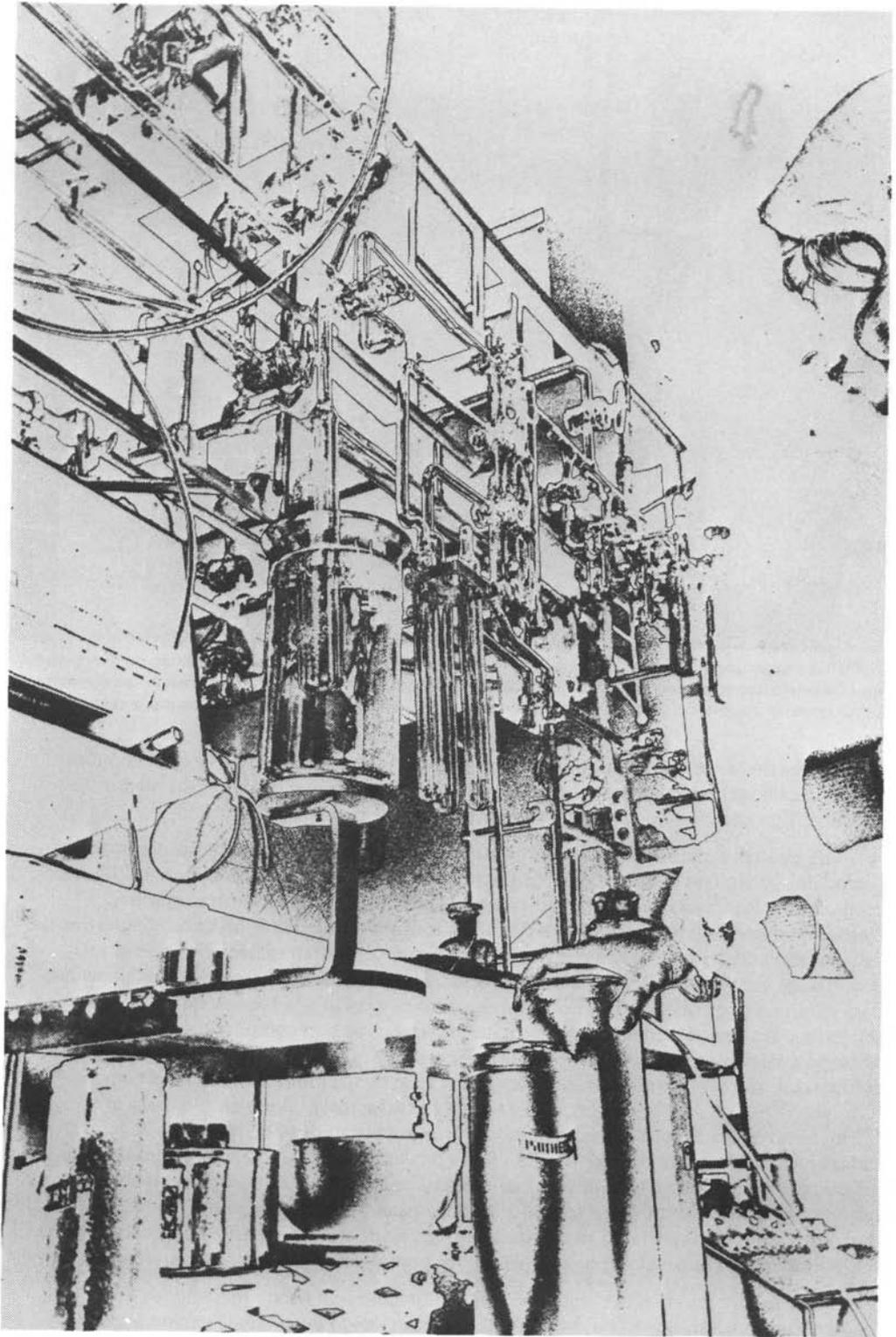
Desde hace 12 años el Laboratorio, que ocupa una parte del Musée Océanographique, viene efectuando investigaciones básicas y aplicadas encaminadas al logro de esos objetivos. Si bien modesto, el Laboratorio tiene su influencia en la esfera de la radioecología marina; el personal ha publicado casi un centenar de artículos científicos sobre prácticamente todos los aspectos de esta especialidad. Los científicos superiores organizan y participan en reuniones de expertos y simposios sobre temas que abarcan desde la radioquímica analítica hasta los efectos de las radiaciones ionizantes en los ecosistemas marinos. El personal prepara también reseñas bibliográficas sobre temas muy variados que van desde el mercurio como agente de contaminación marina a los aspectos de la contaminación marina orgánica. Por todo ello, el Laboratorio atrae a destacados investigadores de países adelantados y en desarrollo, y a becarios de Portugal, Yugoslavia, Turquía y Japón. El personal continúa colaborando con varios centros europeos de investigación, en particular el Laboratorio del CNEN en Fiascherino (Italia), el Instituto Rudjer Boskovic en Rovinj (Yugoslavia), el Laboratorio Radiobiológico de la Pesca (Gran Bretaña) y el Centro de Investigaciones Nucleares CEKMECE de la Comisión de Energía Atómica de Turquía, en Estambul.

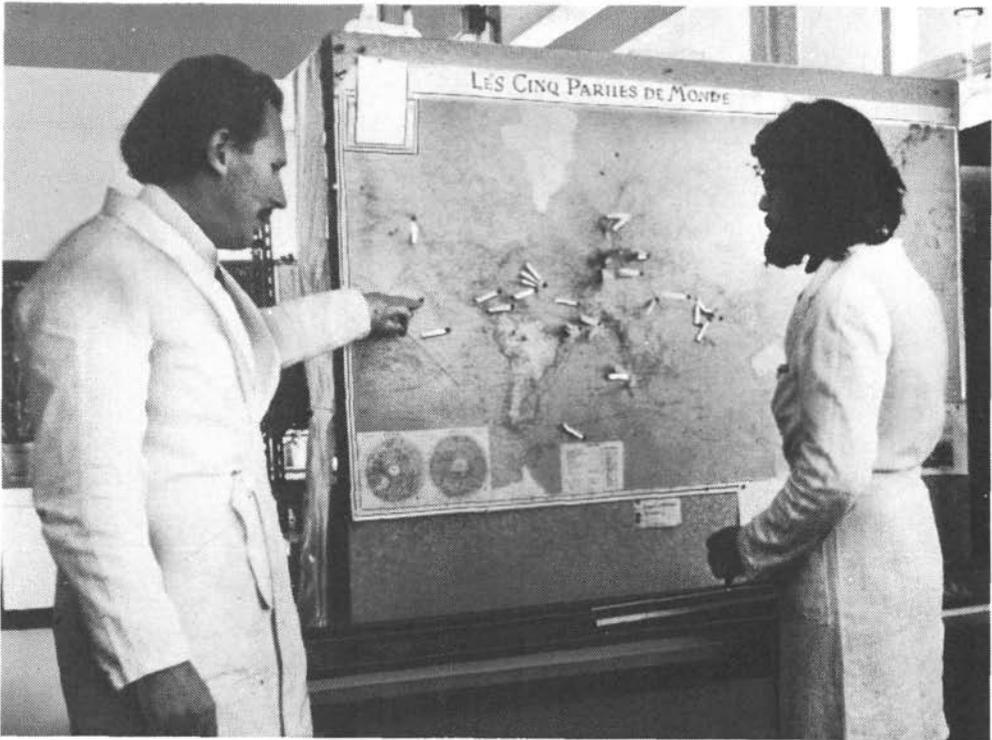
A continuación se describen los aspectos más importantes de los trabajos en curso en Mónaco y se indican ciertas actividades que podrían abarcar los futuros programas.

QUIMICA

El número de centrales nucleares y la capacidad de las plantas de tratamiento de combustible nuclear aumentarán grandemente desde fines de los años setenta y hasta los años ochenta. A fin de reducir al mínimo los efectos de la producción de electricidad nuclear sobre el medio ambiente es preciso un funcionamiento sin riesgos de esas instalaciones, y se prestará cada vez más atención a la vigilancia radiológica de las sustancias radiactivas por ellas liberadas. Como muchas de las centrales nucleares están emplazadas en regiones costeras y esta tendencia continuará en el futuro, la radiactividad pasará directa o indirectamente al mar. Si bien estas descargas serán locales, las

Instalación del Laboratorio situado en el sótano del edificio de la Sede, donde se preparan muestras de CO_2 de materia orgánica para determinar su razón isotópica $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$.





Científicos examinando en el Laboratorio de Radiactividad Marina de Mónaco un testigo de sedimentos marinos enviado por una de las instituciones oceanográficas nacionales que han cooperado en el programa quinquenal de estudio del comportamiento de los radionúclidos en sedimentos oceánicos y costeros.

mediciones de la radiactividad, que forman parte de todo programa de vigilancia radiológica, deben ser comparables en el plano internacional, ya que el mar es un medio acuático internacional que enlaza los distintos continentes.

A fin de ayudar a los Estados Miembros que ejecutan o están preparando programas nacionales de vigilancia radiológica, el Laboratorio de Mónaco emprendió en 1970 un programa de intercalibración de mediciones de radionúclidos en muestras marinas. Desde entonces, se han distribuido a 60 laboratorios de 30 Estados Miembros muestras de agua de mar, organismos y sedimentos marinos, que contenían radiactividad en grado detectable. Antes de la distribución se efectuaron en Mónaco ensayos de homogeneidad para cerciorarse de que las diferencias observadas se debían a la técnica de medición utilizada y no a variaciones inherentes a las muestras. Se han compilado y revisado cuidadosamente los resultados de los análisis. De ellos se desprende que la comparabilidad general de los resultados, en el caso de los radionúclidos tales como el ^{90}Sr , $^{95}\text{Zr-Nb}$, ^{106}Ru , 134 , ^{137}Cs y ^{144}Ce , no es siempre satisfactoria. Por ejemplo, para el ^{106}Ru , la razón entre los valores máximos y mínimo obtenidos con muestras de sedimento marcado fue de casi 10 000. Debe recalcarse que tan grandes diferencias no son atribuibles exclusivamente a las técnicas radioquímicas. En efecto, muchos laboratorios participantes emplean hoy día tan sólo técnicas espectrométricas gamma no destructivas en la mayoría de sus mediciones. Es evidente que todavía hay problemas de normalización y calibración por resolver en los complicados instrumentos utilizados.

Varios participantes en el programa de intercalibración han hecho mediciones de los elementos transuránicos ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$ y ^{241}Am . Debido a sus largos períodos de

semidesintegración (el del ^{239}Pu es de 24 400 años) y a su modo de desintegración (emisión de partículas alfa), estos radionúclidos pueden ser de importancia al evaluar los efectos de determinadas actividades nucleares en el medio ambiente. Los primeros resultados indican una concordancia satisfactoria entre las instituciones participantes en lo que respecta a la medición del $^{239,240}\text{Pu}$ en muestras homogeneizadas.

La continuación de este programa permitirá a los participantes enjuiciar críticamente sus respectivas actuaciones y corregir las deficiencias posibles. A medida que mejore la comparabilidad de los datos, los resultados de la vigilancia radiológica y de las investigaciones pueden constituir una base para predecir la capacidad del medio marino para recibir desechos radiactivos en condiciones de seguridad.

BIOLOGIA

Un importante programa emprendido por el grupo de biología de Mónaco consiste en evaluar la importancia del zooplancton en el transporte cíclico y vertical de los radionúclidos y los metales pesados en el medio marino. Los estudios realizados sobre poblaciones de krill (pequeños crustáceos que forman una gran parte de la biomasa planctónica mundial) demuestran que los gránulos fecales de estos organismos son el origen de más del 80% del zinc transportado hasta el fondo del mar. El hecho de que en los gránulos fecales del zooplancton haya concentraciones relativamente altas de muchos otros metales sugiere que quizá sea posible simplificar apreciablemente la investigación de los efectos biológicos del transporte de metales pesados en el mar estudiando sólo el depósito de origen fecal, lo que facilitaría las comparaciones cuantitativas entre mecanismos de transporte biológicos y físicos. Actualmente se está examinando la conveniencia de aplicar este criterio para estudiar el movimiento y el destino final de los emisores alfa naturales y de los elementos transuránicos.

Es interesante determinar la disponibilidad de los radionúclidos para los organismos que habitan en los fondos marinos, una vez que dichos radionúclidos están ligados a los sedimentos. Los experimentos sobre la interacción de la biota bentónica con los radionúclidos absorbidos por los sedimentos han demostrado que los organismos perforadores, por ejemplo, los gusanos, pueden acelerar eficazmente la salida del ^{65}Zn de los sedimentos. Basándose en los resultados de los experimentos sobre la acumulación y la pérdida de este elemento se ha calculado que una población de gusanos típica de un estuario podría causar la pérdida anual del 3% o más del ^{65}Zn absorbido en los dos centímetros superiores de la capa de sedimentos.

El programa de biología estudia también la disponibilidad de diferentes formas fisicoquímicas de radionúclidos para la biota marina. Los experimentos de bioacumulación realizados con agua de mar ligeramente enriquecida en ^{65}Zn , «envejecida» varios meses en un gran acuario que contenía diferentes tipos de biota marina, permitieron apreciar factores de concentración en mejillones de un orden de magnitud inferior a los de los organismos que acumulan ^{65}Zn en soluciones de agua de mar recién preparadas. Prosiguen los experimentos a fin de separar las diferentes fracciones de ^{65}Zn en el agua «envejecida» y efectuar pruebas de bioacumulación para determinar las fracciones fisicoquímicas disponibles para su captación por los organismos marinos.

Es esencial conocer si la velocidad de circulación de los radionúclidos en la biota marina, deducida de los experimentos de laboratorio, es verdaderamente la existente en condiciones naturales. Los experimentos efectuados simultáneamente en laboratorio y en zonas marinas acotadas demuestran que la velocidad de circulación del ^{65}Zn en diversas especies marinas era de hecho comparable en los dos regímenes.

En cambio, la velocidad de intercambio del cadmio en los mejillones era mucho mayor en los animales de laboratorio que en los que vivían en condiciones naturales. Por consiguiente,

para ciertos elementos y organismos marinos, hay que proceder con cautela al interpretar la dinámica de los radionúclidos en el medio natural basándose exclusivamente en los resultados de laboratorio. Para responder a los problemas de esta índole, el OIEA ha reunido recientemente en Mónaco un grupo internacional de expertos sobre métodos de referencia para estudios biológicos marinos.

La utilidad de las técnicas radioisotópicas para estudiar el destino final de los metales pesados en los ecosistemas acuáticos está bien demostrada. Un experimento terminado hace poco tiempo en Mónaco ha probado que los organismos marinos de interés comercial asimilan sobre todo el cadmio procedente de los alimentos y no del agua, y que este elemento una vez acumulado es excretado lentamente. Los períodos biológicos medidos han variado entre uno y cuatro años. En principio, el comportamiento biocinético de cualquier metal pesado puede investigarse de manera análoga cuando existen radioisótopos apropiados.

SEDIMENTOLOGIA

La interacción de los radionúclidos y metales pesados con los sedimentos oceánicos es una importante esfera de investigación radioecológica marina, ya que se ha demostrado que los coeficientes de distribución (razón de la cantidad de radionúclido por unidad de volumen de sedimento o a la cantidad de radionúclido por unidad de volumen de agua del mar) son normalmente grandes. Por consiguiente, en las regiones costeras, los radionúclidos procedentes de las centrales nucleares o las plantas de tratamiento de combustible pueden ser extraídos eficazmente del agua por los sedimentos en suspensión y ser después precipitados al fondo del mar. Sin embargo, hay una serie de variables que afecta a la distribución de los radionúclidos y vestigios de metales en los sedimentos; las más importantes son la composición y granulometría de los sedimentos. Como las características de los sedimentos marinos varían según las distintas cuencas que forman el fondo del mar, durante los últimos cinco años se ha efectuado un estudio en cooperación internacional para investigar la capacidad de absorción de radionúclidos por los sedimentos. Más de 20 laboratorios nacionales han suministrado sedimentos marinos característicos procedentes de las principales cuencas oceánicas y de varios mares costeros. La determinación analítica y los estudios de los radionúclidos y sedimentos se efectuaron sobre todo en Mónaco, en colaboración con laboratorios de los Países Bajos, Estados Unidos de América, Canadá y Yugoslavia. Los estudios están hoy día casi terminados y las principales conclusiones se han publicado en el volumen titulado «Radioactivity in the Marine Environment», de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y en las actas del Simposio del Organismo sobre la interacción de los contaminantes radiactivos con los elementos componentes del medio ambiente marino. Se proyectan nuevos estudios para investigar el comportamiento del plutonio de los radionúclidos transplutónidos.

El grupo de sedimentología investiga también las reacciones del cloro con los componentes orgánicos presentes en el agua del mar y en el agua dulce. Es frecuente el empleo de ácido hipocloroso como biocida en buen número de instalaciones que utilizan agua para refrigeración, a fin de eliminar las colonias de organismos acuáticos formadas en las tuberías. Esto ocurre en muchas centrales nucleares. La identificación de los compuestos cloroorgánicos que puede formarse como resultado de la cloración, su longevidad en los sistemas acuáticos naturales y sus efectos sobre los organismos marinos son cuestiones relativas a las repercusiones «no radiológicas» de las centrales nucleares, pero que conviene investigar. Estos estudios son posibles gracias al equipo donado recientemente por el Gobierno de los Estados Unidos, que comprende un cromatógrafo de gases último modelo y un instrumento para medir el carbono orgánico total en agua del mar y en agua dulce.