

VOL. 40, Nr. 4 1998
VIENNA, AUSTRIA

OIEA

BOLETIN



REVISTA TRIMESTRAL DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

冷战的遗产

A COLD WAR LEGACY

UN LEGS DE LA GUERRE FROIDE

НАСЛЕДИЕ ХОЛОДНОЙ ВОЙНЫ

UN LEGADO DE LA GUERRA FRIA

تركة خلفها الحرب الباردة





IAA WORLD ATOM



**INTERNET NEWS
AND
INFORMATION SERVICE**

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

EN ESTA EDICION

UN LEGADO RADIOLOGICO

Los residuos radiactivos del período de la guerra fría

Por Abel J. González

2

DE NUEVO SEMIPALATINSK

Evaluación radiológica del antiguo polígono de ensayos nucleares

Por Peter Stegnar y Tony Wrixon

12

EXAMEN EN EL ATOLON DE BIKINI

Evaluación de la situación radiológica en el atolón de Bikini y perspectivas de reasentamiento

Por Peter Stegnar

15

SITUACION EN LOS MARES ARTICOS

Proyecto internacional de evaluación de los mares árticos: Recapitulación

Por Kirsti-Liisa Sjöblom y Gordon Linsley

18

EL ESTUDIO DE MURUROA

Estudio Internacional de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa

Por E. Gail de Planque

21

TRABAJO CIENTIFICO CONJUNTO

Campañas internacionales de muestreo marino y terrestre en Mururoa y Fangataufa

Por Pier Roberto Danesi y Pavel Peter Povinec

24

MIGRACION DE RADIONUCLEIDOS A TRAVES DE LA GEOSFERA

Residuos radiactivos procedentes de ensayos subterráneos con armas

Por Robert Fry, Des Levins, y Ernst Warnecke

30

DESDE LOS ATOLONES HACIA LOS MARES

Dispersión de radionucleidos residuales a través del océano

Por Pavel Peter Povinec y Ekkehard Mittelstaedt

34

DOSIS POTENCIALES EN LOS ATOLONES

Evaluación de las dosis de radiación atribuidas a los materiales radiactivos residuales

Por Gordon Linsley y Andrew McEwan

38

PARTICULAS CALIENTES Y LA GUERRA FRIA

Investigación de las precipitaciones radiactivas causadas por los ensayos nucleares

Por Pier Roberto Danesi

43

SECCIONES FIJAS DEL BOLETIN DEL OIEA

Resumen internacional de noticias... Datos estadísticos... Puestos vacantes... Libros... Reuniones

47



LOS RESIDUOS RADIATIVOS DEL PERIODO DE LA GUERRA FRIA: UN LEGADO RADIOLOGICO

POR ABEL J. GONZALEZ

La producción y ensayos en gran escala de armas nucleares fueron una característica dominante del período histórico conocido como "la guerra fría". Estas actividades militares trajeron consigo la generación sin precedente de sustancias radiactivas. Una fracción de estos "residuos de la guerra fría" fue a dar a la atmósfera y se dispersó por todo el mundo. Algunos quedaron en un estado relativamente aislado en medios geológicos subterráneos en el lugar de producción o de ensayo. Otros contaminaron zonas que a veces son accesibles a los seres humanos.

Este cuadro se amplía con otras imágenes del legado de la guerra fría. Grandes cantidades de desechos y subproductos radiactivos procedentes de la producción de materiales para la fabricación de armas están almacenados. Se espera que, en algún momento, habrán de ser convertidos para utilizarlos en aplicaciones con fines pacíficos o enviarlos a su evacuación definitiva.

Además, las instalaciones de producción de materiales nucleares con fines militares, los polígonos de ensayos nucleares y los buques de guerra de propulsión nuclear serán todos clausurados en algún momento. En la Península de Kola solamente, más de cien submarinos nucleares fuera de servicio están en espera de su clausura definitiva. Ello aumentará la acumulación de residuos radiactivos.

Ahora parecería que la guerra fría ha pasado a ser otro capítulo en la

historia. El Tratado por el que se prohíben los ensayos con armas nucleares en la atmósfera, el espacio ultraterrestre y debajo del agua marcó el fin de los ensayos de armas nucleares en el medio ambiente abierto, y el Tratado de prohibición completa de los ensayos nucleares puede contribuir a que concluyan todos los ensayos de armas nucleares. Otros tratados restringirán, y se espera que proibirán, la producción de materiales para la fabricación de armas.

Todas estas son buenas noticias, pero los residuos radiactivos de la guerra fría siguen siendo una preocupación que nuestra generación debe abordar, lo cual exige respuestas eficaces.

Durante el pasado decenio, se pidió al OIEA que desempeñara un papel más amplio con el fin de ayudar a los países a enfrentar este legado de la guerra fría. Expertos convocados por el OIEA realizaron una serie de evaluaciones científicas de situaciones radiológicas creadas por la guerra fría, en polígonos de ensayos nucleares, instalaciones de producción y lugares de vertimiento de desechos.

En la presente edición del Boletín del OIEA, se hace hincapié en estas actividades de cooperación, teniendo en cuenta los acontecimientos y preocupaciones internacionales.

Foto: En el atolón de Mururoa, comprobación para detectar la contaminación radiactiva en cocos durante el estudio realizado por el OIEA.

EVALUACION DE LOS RESIDUOS DE LA GUERRA FRIA

Dentro del sistema de las Naciones Unidas, el OIEA tiene una singular responsabilidad: es la única organización expresamente autorizada por sus Estatutos para establecer normas internacionales relativas a la protección de la salud (frente a las radiaciones ionizantes) y disponer lo necesario para su aplicación a solicitud de los Estados.

Hace algunos años, el OIEA -junto con otras cinco organizaciones internacionales- estableció nuevas normas internacionales de seguridad radiológica. (Véase el Boletín del OIEA, Vol. 40, Nº 2, junio de 1998.) Estas normas internacionales están destinadas principalmente al control de la exposición a las radiaciones derivada de las actividades con fines pacíficos. Sin embargo, es importante señalar que sus principios fundamentales pueden aplicarse para la evaluación retrospectiva de situaciones radiológicas creadas por las actividades militares no reglamentadas, como por ejemplo, los ensayos de armas nucleares.

En años recientes, varios Estados han pedido al OIEA que evalúe las situaciones radiológicas debidas a las actividades realizadas en la

El Sr. González es Director de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, del OIEA.

etapa de la guerra fría, tomando como base sus normas internacionales de seguridad radiológica. El objetivo ha sido proteger la salud pública y, a la larga, restaurar el medio ambiente afectado para que los seres humanos puedan hacer uso del mismo. Los estudios llevados a cabo en atención a esas solicitudes constituyen la respuesta del Organismo ante el legado radiológico de la guerra fría.

(Véanse el recuadro y el gráfico de las páginas 4 y 5.) Las evaluaciones fueron solicitadas por Kazajstán, para el polígono de Semipalatinsk; por las Islas Marshall, para Bikini; y, en fecha más reciente, por Francia, para Mururoa y Fangataufa, en la Polinesia Francesa. En esos polígonos, durante la guerra fría, se realizaron “experimentos nucleares” que incluyeron ensayos de armas nucleares con dispositivos de fisión y de fusión y pruebas de seguridad con armas nucleares, realizadas en la atmósfera (abierta) y bajo tierra. (Véanse los recuadros de las páginas 6, 8 y 9.) Uno de los polígonos de ensayo estudiados fue un gran polígono continental; los otros tres fueron atolones. (Véase el recuadro de la página 7.) Otro de los lugares estudiados fue el Mar de Kara, en el Ártico, donde se vertieron grandes cantidades de residuos radiactivos.

MAGNITUD DEL PROBLEMA

Por muy amplios que estos estudios del OIEA parezcan, sólo son un catálogo incompleto y reducido del legado radiológico de la guerra fría.

Desde el bombardeo atómico de Hiroshima y Nagasaki, en el Japón, hasta los recientes ensayos llevados a cabo por la India y el Pakistán, en todo el mundo han tenido lugar más de 2400 experimentos con armas nucleares. Además, se han producido grandes cantidades de materiales nucleares para fines militares. Todas estas actividades han

generado enormes cantidades de residuos radiactivos, cuyos niveles y efectos han sido estudiados por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y notificados periódicamente a la Asamblea General de las Naciones Unidas.

ENSAYOS DE ARMAS NUCLEARES

Según el UNSCEAR —además de los polígonos estudiados por el OIEA— hay varias otras zonas donde se realizaron experimentos en que se incluyeron ensayos de armas, y donde pueden quedar residuos radiactivos.

Estas zonas incluyen polígonos ubicados en Argelia (Reggane e In-Ekker); Australia (Monte Bello, Emu y Maralinga); China (Lop Nor); Islas Marshall (atolón de Enewetak); la Federación de Rusia (Nueva Zemlya, Totsk y Kapustin Yar); Estados Unidos de América (Nevada y Amchitka, Alaska); diversos lugares en los Océanos Pacífico y Atlántico, incluidas las Islas Malden, Johnston y Navidad, así como los polígonos de la India y Pakistán, donde hace poco se realizaron ensayos.

En el polígono de ensayos de Nevada se hicieron 84 ensayos nucleares atmosféricos: 81 durante 1951-1958 y otros tres en 1962. Entre 1951 y 1992, se efectuaron más de 900 ensayos subterráneos, de los cuales se notificó que treinta y dos produjeron residuos debido al venteo. El ensayo subterráneo más grande realizado en los Estados Unidos fue en 1971, en Amchitka, Alaska.

En Nueva Zemlya, zona ártica grande y apartada, se ejecutó un amplio programa de ensayos atmosféricos. Se hicieron varios ensayos a gran altura, al menos un ensayo sobre la superficie terrestre, dos en el agua de superficie, tres ensayos submarinos y varios subterráneos.

Los ensayos en el Pacífico, en las Islas Malden y Navidad, ocurridos en 1957 y 1958, fueron explosiones en el aire sobre el océano o explosiones de dispositivos suspendidos de globos sobre la tierra. Durante 1952-1957, también se realizaron doce ensayos, principalmente ensayos sobre la superficie, en tres lugares de Australia: islas de Monte Bello, Emu y Maralinga. En estos dos últimos polígonos se efectuó una serie de pruebas de seguridad que produjo la dispersión de plutonio sobre extensas regiones.

En Argelia, los ensayos nucleares incluyeron ensayos de baja potencia en los polígonos de Reggane e In-Ekker, en el Sáhara argelino, durante 1960-1961.

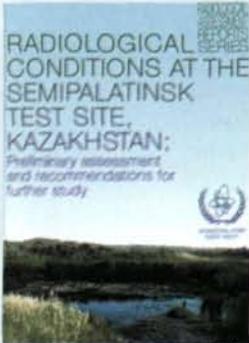
Entre 1964 y 1980, se realizaron 22 ensayos atmosféricos en el polígono de Lop Nor, en China occidental, y hasta 1996 se continuaron efectuando ensayos subterráneos. También en la región de Asia, en la India, se hizo un ensayo con un dispositivo nuclear, en 1974, y en mayo de 1998 se llevaron a cabo ensayos tanto en la India como en el Pakistán.

En resumen, se han notificado 2408 experimentos nucleares al UNSCEAR, de los cuales 541 fueron ensayos atmosféricos y 1867 subterráneos. La potencia total* de todos los ensayos fue de 530 megatonnes. De este total, 440 megatonnes correspondieron a ensayos atmosféricos y 90 megatonnes, a ensayos subterráneos. La potencia es la cantidad de energía generada por una explosión nuclear. El conocimiento de la potencia y otras características de los ensayos permite a los científicos establecer

*La potencia suele expresarse en kilotonnes o megatonnes, y un kilotón equivale a 1000 toneladas de trinitrotolueno (TNT) y un megatón, a un millón de toneladas de TNT. Precisamente, para evitar ambigüedades, se ha acordado que un kilotón equivale exactamente a la liberación de 10^{12} calorías de energía explosiva.

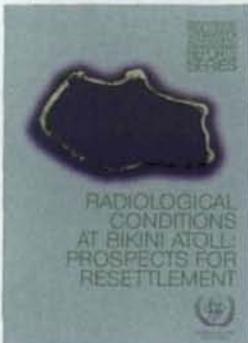
EVALUACION DEL LEGADO DE LA GUERRA FRIA: RESPUESTA DEL OIEA

En los últimos diez años, los países se han dirigido al OIEA en busca de asistencia para evaluar los efectos radiológicos de ensayos nucleares y prácticas de vertimiento anteriores. Las evaluaciones realizadas son:



Semipalatinsk, Kazajstán. En 1993, el Gobierno de Kazajstán informó al OIEA de su preocupación por la situación radiológica de Semipalatinsk, lugar donde se realizaron ensayos de armas nucleares desde 1949 hasta 1989. Solicitó asistencia, y posteriormente, se realizó una evaluación radiológica preliminar de Semipalatinsk. (Véase el artículo de la página 12.) En el polígono se llevaron a cabo más de 450 ensayos atmosféricos y subterráneos. Aunque el estudio preliminar del OIEA pudo ofrecer garantías de seguridad razonables a la población que reside en la región con carácter permanente, detectó residuos con altísimos niveles de radiactividad en grandes zonas del propio polígono: si el lugar se poblara de manera permanente, se recibirían dosis de radiación de hasta 140 mSv anuales. Estos resultados no tienen en cuenta las posibles consecuencias radiológicas de los ensayos subterráneos en Semipalatinsk, las cuales no se evaluaron en el estudio del OIEA.

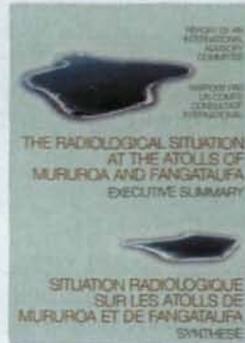
Atolón de Bikini, Islas Marshall. En 1994, el Gobierno de la República de las Islas Marshall —archipiélago del Océano



Pacífico compuesto por unos treinta atolones y unas cuantas islas de arrecifes— pidió asistencia al OIEA. Se solicitó que el Organismo realizara un examen internacional independiente de las condiciones radiológicas existentes en el atolón de Bikini y que considerara y recomendara estrategias para el posible reasentamiento del atolón por la población de Bikini. En este lugar se ejecutó un amplio

programa de ensayos. Antes del inicio de los ensayos, los pobladores de Bikini habían sido evacuados lejos de su lugar de residencia en el atolón —la isla de Bikini— y ahora estaban ansiosos por regresar a su tierra natal.

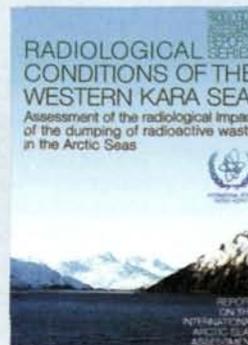
En el Estudio del OIEA, publicado recientemente, se concluyó que en las condiciones radiológicas actuales no debería procederse al reasentamiento de la isla de Bikini con carácter permanente porque las dosis de radiación individuales pueden llegar en ese lugar a niveles tan altos como los 15 mSv anuales, y la adopción de una serie de medidas correctoras relativamente sencillas, como la fertilización del suelo, puede reducir fácilmente las dosis. Si estas medidas se aplicaran, se concluyó en el Estudio, la isla de Bikini podría ser repoblada sin riesgos. (Véase el artículo de la página 15.)



Mururoa y Fangataufa, Polinesia Francesa. En agosto de 1995, Francia se convirtió en el primer Estado poseedor de armas nucleares que pidió al OIEA que evaluara un polígono de ensayos nucleares, a saber, las condiciones radiológicas existentes en los atolones de Mururoa y Fangataufa en la Polinesia Francesa. Francia había realizado 193 experimentos nucleares en esos atolones. Tras la solicitud de Francia, el OIEA organizó el Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa —que habría de convertirse en una de las evaluaciones radiológicas más amplias realizadas dentro del sistema de las Naciones Unidas. (Véanse los artículos de las páginas 21, 24, 30, 34 y 38.) El Estudio se concluyó en fecha reciente y el OIEA lo publicó en ocho volúmenes. (Véase el recuadro de la página 23.)

Los resultados del Estudio han sido alentadores: los atolones, que nunca han sido habitados con carácter permanente, podrían ser poblados sin riesgos en el futuro, porque las dosis de radiación más altas no llegarán a la despreciable cantidad de 0,25 mSv al año en las condiciones hipotéticas de habitación más extremas.

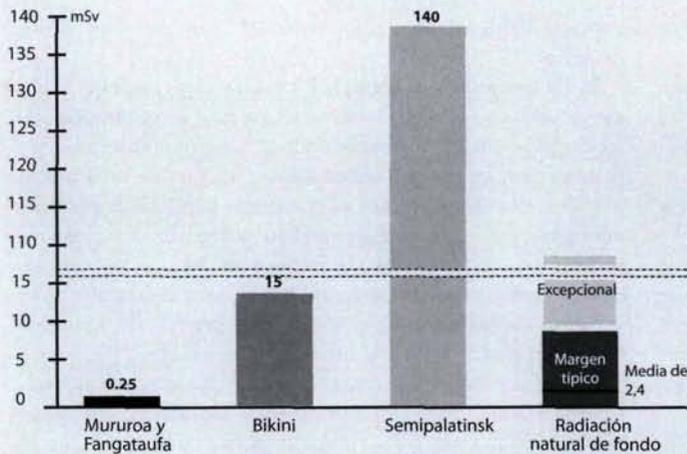
Mares Árticos, Federación de Rusia. En 1993, la Oficina del



Presidente de la Federación de Rusia notificó que la ex Unión Soviética había vertido desechos radiactivos en el Mar de Kara. La cantidad de material radiactivo, que después se calculó que se había vertido, fue enorme: unos 37 petabequerelios. El anuncio hecho por Rusia suscitó gran preocupación, para no hablar de la que despertó entre las Partes Contratantes en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y

otras materias, con las cuales el OIEA tiene obligaciones técnicas específicas. Por consiguiente, se inició un proyecto de evaluación internacional que fue concluido recientemente. (Véase el artículo de la página 18.) Aunque la cantidad de material radiactivo vertido es grande, los resultados del proyecto no fueron inquietantes para la salud pública y la seguridad, debido, principalmente, a la enorme capacidad de dispersión de las aguas oceánicas y a la lejanía del Mar de Kara. En el estudio se determinó que las dosis potenciales de radiación para los seres humanos serían insignificantes. Se puede esperar que sólo el personal militar que patrulla los fiordos cercanos a los lugares de vertimiento recibirá dosis por encima de los niveles de la radiación natural de fondo.

DOSIS MÁXIMAS ANUALES DE RADIACIÓN PROCEDENTES DE LOS RESIDUOS DE LA ERA DE LA GUERRA FRÍA



Los gráficos muestran las dosis anuales máximas de radiación que recibirían individuos hipotéticos que habitan en los lugares estudiados por el OIEA. Cabe señalar que comparaciones no calificadas de los resultados de estos estudios pueden conducir a error debido a las diferentes características de los ensayos y de los polígonos en que tuvieron lugar y a las variaciones de las hipótesis utilizadas.

También se indican, a modo de referencia, las dosis anuales de la radiación natural de fondo. Las dosis se expresan en milisievert como se explica infra.

La **dosis de radiación** es la energía absorbida de la radiación por unidad de masa de materia que, a los fines de la protección radiológica, se pondera con dos factores. Un factor tiene en cuenta la eficacia de un tipo dado de radiaciones para inducir efectos en la salud. El otro factor tiene en cuenta las diversas sensibilidades de los diferentes órganos del cuerpo a las radiaciones. La **unidad de dosis** es el julio por kilogramo, pero el término sievert (Sv) se utiliza para la unidad de la dosis ponderada. Este gráfico utiliza el milisievert (mSv), que es igual a una milésima de sievert. La dosis media mundial para los individuos debida a la radiación natural de fondo es de 2,4 mSv anuales.

la actividad* y la composición isotópica de los residuos radiactivos generados por el ensayo.

Los 440 megatones explotados en la atmósfera han liberado al medio ambiente la impresionante cantidad de miles de exabequerelios de radiactividad. (Véase el cuadro de la página 6.) Esta radiactividad se ha dispersado y depositado en forma de precipitación radiactiva, una parte localmente y otra, a nivel mundial. (Véase el recuadro de la página 9.)

Los residuos radiactivos producidos por los 90 megatones explotados debajo de la Tierra están básicamente contenidos en el medio geológico, pero, con el paso de los siglos, pueden atravesar la geosfera y, a la larga, llegar al medio ambiente. (Véase el recuadro de la página 8.)

El legado radiológico de los ensayos nucleares forma un

cuadro multidimensional. Por una parte, el legado se debe principalmente a los materiales radiactivos residuales procedentes de las pruebas de seguridad relacionadas con las armas nucleares, y a la precipitación radiactiva local ocasionada por los ensayos atmosféricos. Además, el legado comprende la posible migración de residuos radiactivos y el venteo asociado a los ensayos subterráneos realizados.

PRODUCCION DE MATERIALES PARA LA FABRICACION DE ARMAS

La producción de armas nucleares implica disponer de cantidades de uranio o plutonio enriquecidos para los dispositivos de fisión, y de tritio y deuterio para los dispositivos de fusión. El ciclo del combustible para fines militares es similar al de los programas de generación de

energía eléctrica con fines pacíficos: la extracción y el tratamiento del uranio, el enriquecimiento del uranio, la fabricación del combustible, la explotación de los reactores para la producción del material y la reelaboración del combustible, principalmente para la separación del plutonio. Sin embargo, una diferencia fundamental es que los programas nucleares con fines pacíficos casi siempre han estado bajo la supervisión y examen de órganos reguladores independientes, mientras los programas del sector militar generalmente no lo están.

En las diversas etapas del ciclo de producción de materiales para la fabricación de armas nucleares se han liberado radionucleidos, pero en particular durante la reelaboración del combustible y la separación del plutonio.

En los Estados Unidos de América, las plantas para la producción de materiales para la fabricación de armas nucleares son Fernald, en Ohio (procesamiento de materiales), Oak Ridge, en Tennessee (enriquecimiento, separación, laboratorios), Rocky Flats, en Colorado (fabricación de

*La actividad (o radiactividad) de una sustancia radiactiva expresa la tasa de transformación nuclear de los radionucleidos emisores de radiación. Es el número de transformaciones que ocurren dentro de ese material por unidad de tiempo. La unidad de actividad es el segundo recíproco, denominado bequerelio (Bq). Como un Bq expresa una actividad muy pequeña, se utilizan los múltiplos siguientes: 1000 Bq o kilobequerelio (kBq); un millón Bq o megabequerelio (MBq); 1×10^9 Bq o gigabequerelio (GBq); 1×10^{12} Bq o terabequerelio (TBq); 1×10^{15} Bq o petabequerelio (PBq); 1×10^{18} Bq o exabequerelio (EBq). Para entender la magnitud del bequerelio, cabe señalar que el Codex Alimentarius recomienda que la radiactividad en los alimentos no debe exceder de unos 1000 bequerelios de cesio, o un bequerelio de plutonio, por kilogramo de alimento.

LOS "EXPERIMENTOS NUCLEARES"

Los experimentos nucleares fueron de dos tipos: *los ensayos nucleares y las pruebas de seguridad*.

■ En un ensayo nuclear, se hace explotar un dispositivo nuclear y se producen grandes liberaciones de energía. La explosión es causada por la fisión nuclear, la fusión nuclear o por una combinación de ambas.

— En un dispositivo de fisión, se unen dos masas subcríticas de material fisionable, como el uranio 235 y el plutonio 239 a fin de producir una masa supercrítica. Los núcleos pesados se dividen en dos partes (los productos de fisión), los cuales posteriormente emiten neutrones, y liberan energía equivalente a la diferencia entre la masa en reposo del núcleo inicial y la masa en reposo de los productos de fisión y los neutrones.

— En un dispositivo de fusión, los núcleos atómicos de bajo número atómico se fusionan para formar núcleos más pesados con la liberación de grandes cantidades de energía. La reacción se vuelve autosostenida a temperaturas muy altas, que se logran con la ayuda de un dispositivo de fisión interior rodeado de

material hidrogenado ligero, como el deuterio y el litio-deuterio.

■ En una prueba de seguridad, los dispositivos nucleares más o menos plenamente desarrollados se someten a condiciones de accidentes simuladas, durante las cuales el núcleo del arma nuclear se destruye por explosivos convencionales sin que se produzca la liberación de energía de fisión o, en algunos casos, con liberaciones muy pequeñas. Mientras los residuos radiactivos de un ensayo nuclear son los productos de fisión y de fusión, los residuos radiactivos de una prueba de seguridad es el material fisionable en sí.

Tanto los ensayos nucleares como las pruebas de seguridad fueron llevados a cabo en la atmósfera y bajo tierra.

El cuadro y los gráficos muestran datos sobre ensayos nucleares realizados desde 1960. El cuadro abarca la actividad de diecinueve radionucleidos producidos, liberados a la atmósfera, y que se dispersaron por el mundo en ensayos nucleares atmosféricos. Los datos indican la liberación normalizada de dispositivos de fisión y fusión, y la actividad total liberada en los ensayos realizados en todo el mundo.



ACTIVIDAD DE RADIONUCLEIDOS PRODUCIDOS EN LAS EXPLOSIONES NUCLEARES ATMOSFERICAS

Radionucleido/ periodo de semidesintegración	Actividad estimada (excluida la precipitación radiactiva local)			Radionucleido/ periodo de semidesintegración	Actividad estimada (excluida la precipitación radiactiva local)				
	Liberación normalizada (Pbq/megatón)		Actividad total debida a los ensayos mundiales (EBq)		Liberación normalizada (Pbq/megatón)		Actividad total debida a los ensayos mundiales (EBq)		
	Fisión	Fusión			Fisión	Fusión			
Tritio	12,32 años	0,026	740	240	Antimonio 125	2,73 años	3,38	-	0,524
Carbono 14	5730 años	-	0,67	0,22	Yodo 131	8,02 días	4200	-	651
Manganeso 54	312,5 días	-	15,9	5,2	Cesio 137	30,14 años	5,89	-	0,912
Hierro 55	2,74 años	-	6,1	2	Bario 140	12,75 días	4730	-	732
Estroncio 89	50,55 días	590	-	91,4	Cerio 141	32,50 días	1640	-	254
Estroncio 90	28,6 años	3,90	-	0,604	Cerio 144	284,90 días	191	-	29,6
Itrio 91	58,51 días	748	-	116	Plutonio 239	24,100 años	-	-	0,00652
Circonio 95	64,03 días	922	-	143	Plutonio 240	6560 años	-	-	0,00435
Rutenio 103	39,25 días	1540	-	238	Plutonio 241	14,40 años	-	-	0,142
Rutenio 106	371,6 días	76,4	-	11,8					

Notas: Por simplificar, se ha supuesto que todo el carbono 14 se debe a la fusión. **Fuente:** UNSCEAR

Hace 11 millones de años
Erupciones volcánicas crearon nuevas islas debajo del océano.



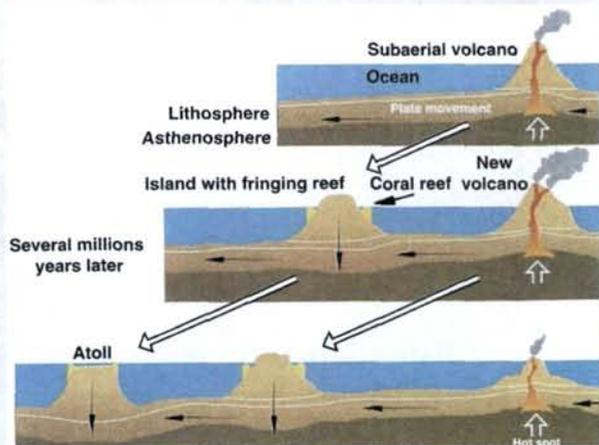
Hace 10 millones de años
Cesó la actividad volcánica y apareció la vegetación.



Hace 5 millones de años
Como la isla se hundía lentamente, crecían arrecifes coralinos en sus flancos.



Hoy día
La isla se ha convertido en un atolón, estrecha corona de arrecifes coralinos que bordean una laguna.



EXPERIMENTOS NUCLEARES EN LOS ATOLONES

Muchos experimentos nucleares evaluados por el OIEA se llevaron a cabo en *atolones*, arrecifes coralinos en forma de anillo que encierran en su centro una laguna. El arrecife es una estrecha corona que se eleva unos cuantos metros sobre el océano. En muchos lugares, las aguas oceánicas separaron el arrecife con canales irregulares, llamados "hoas", lo que dio lugar al surgimiento de una serie de islotes llamados "motus". Los atolones surgieron debido a la evolución de volcanes que millones de años atrás hicieron irrupción bajo el mar y crearon islas que, con el tiempo, se fueron hundiendo lentamente. Las coronas se formaron por los depósitos de corales muertos, acumulados alrededor de la isla a medida que ésta se hundía en el mar. A pesar de su origen volcánico, un atolón no encierra el riesgo de erupción volcánica. Ello es así porque la isla original, mientras se hundía, se alejaba del "punto caliente" que originó el volcán a causa de la deriva de las placas geotectónicas de la Tierra.

partes de armas), Hanford, en Washington (producción de plutonio), y Savannah River, en Carolina del Sur (producción de plutonio). En la Federación de Rusia, las instalaciones son Chelyabinsk, Krasnoyarsk y Tomsk. En el Reino Unido, los lugares son Springfield (tratamiento del uranio y fabricación de combustible), Capenhurst (enriquecimiento), Sellafield (reactores de producción y reelaboración), Aldermaston (fabricación de armas) y Harwell (investigaciones). Los reactores de producción de plutonio fueron explotados en Sellafield (dos reactores moderados por grafito y enfriados por gas, conocidos como

los reactores de Windscale), y después, en Calder Hall, en el polígono de Sellafield y Chapelcross, en Escocia. Un incendio bien conocido, ocurrido en uno de los reactores de Windscale, en 1957, provocó la liberación de radionucleidos. En Francia, el primer reactor experimental, llamado EL1 o Zoé, entró en fase crítica en 1948, y una planta de reelaboración piloto entró en operaciones en 1954. Un segundo reactor experimental, EL2, fue construido en el centro Saclay. Entre 1956 y 1959, tres reactores de producción más grandes entraron en operación en el complejo Marcoule, a orillas del Ródano. Estos reactores,

moderados con grafito y refrigerados por gas, funcionaron hasta 1968, 1980 y 1984, respectivamente. También se construyó una planta de reelaboración a escala natural que se explota en el polígono de Marcoule desde 1958. Otras dos plantas de reelaboración fueron construidas en La Hague, en el norte de Francia.

En China, el primer reactor experimental se construyó en Beijing, y una planta de enriquecimiento de uranio, en Lanzhou, en la provincia de Gansu. El reactor de producción comenzó a funcionar en 1967, y la planta de reelaboración en 1968. La producción de plutonio

ENSAYOS SUBTERRANEOS DE ARMAS NUCLEARES

En 1951, comenzaron los ensayos de armas nucleares subterráneos. Después de 1963, cuando en virtud del tratado limitado de proscripción de ensayos nucleares no se permitió realizar ensayos atmosféricos, se ejecutaron amplios programas de ensayos subterráneos. El Tratado de prohibición completa de los ensayos nucleares, aunque no ha sido todavía ratificado por todos los países, puede poner fin, de manera eficaz, a la práctica de ensayos subterráneos de armas.

La cantidad total de ensayos subterráneos ha superado con mucho la de los ensayos atmosféricos, aunque la potencia total de estos ensayos ha sido mucho menor. La mayoría de los ensayos subterráneos fueron de menor potencia, particularmente cuando se procuraba contener los escombros nucleares. A corto plazo, la contaminación del medio ambiente sólo podría ocurrir con el venteo o difusión de gases después de esos ensayos, como ha ocurrido en otras ocasiones.

En varios ensayos se realizó la detonación simultánea de cargas nucleares, en los mismos huecos o túneles, o en huecos o túneles separados. Estos llamados ensayos "de salva" se efectuaron por razones de eficacia o de economía. También impidieron la detección por mediciones sísmicas distantes.

Según el registro del UNSCEAR, la cantidad total de ensayos subterráneos, realizados por todos los países, es de 1867. No se dispone de forma completa

de todas las potencias de cada ensayo, pero se estima que la potencia total es de 90 megatones. Sería conveniente tener datos más completos de los ensayos en los que se ha producido venteo y estimaciones de la cantidad de material radiactivo que se ha dispersado en el medio ambiente en relación con estos ensayos.

Los ensayos subterráneos se realizaban en general en basamentos adecuados desde el punto de vista geológico a varios cientos de metros bajo tierra, aunque algunos se hicieron en lugares inadecuados.

Cada explosión genera calor intenso y alta presión:

En **décimas de microsegundos**, se completan las reacciones nucleares. La energía de las radiaciones convierte la roca en vapor, lo que hace que la alta presión se acumule y se genere una intensa onda de choque.

En **cientos de microsegundos**, la onda de choque transforma la roca circundante

en vapor y funde el suelo circundante y otros materiales.

En **décimas de milisegundos**, la cavidad se estabiliza y la lava fundida se acumula en el fondo, en una piscina en forma de lente — denominada "meniscus" en la que quedan atrapados la mayoría de los radionucleidos refractarios.

En **minutos y horas**, la roca fundida se solidifica y el techo de la cavidad se hunde, y se forma una cavidad más o menos cilíndrica. Cuando se enfría, el suelo fundido se solidifica en forma de lava vidriosa. A la larga, la cavidad cubierta de escombros se llena, a su vez, con el agua que se infiltra desde el suelo circundante.

Gran parte del material radiactivo residual asociado a los ensayos nucleares subterráneos queda atrapado en la lava. Sin embargo, algunos radionucleidos se depositan en los escombros y quedan disponibles para el intercambio con el agua en la cavidad.

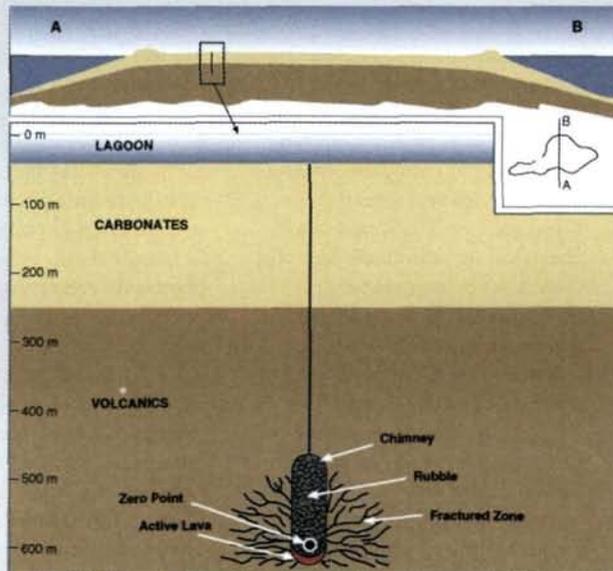
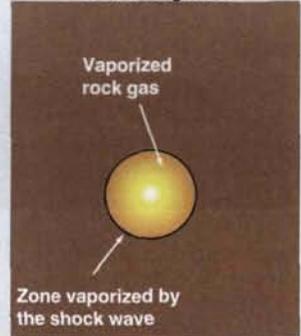
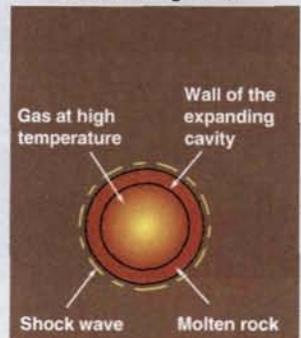


Figura: Ensayo subterráneo en un atolón.

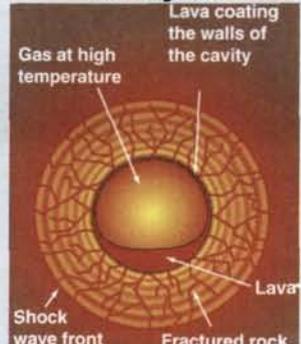
Después de transcurridas **décimas de microsegundos**



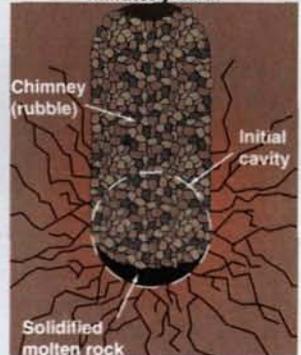
Después de transcurridos **cientos de microsegundos**



Después de transcurridas **décimas de milisegundos**



Después de transcurridos **minutos y horas**



ENSAYOS DE ARMAS NUCLEARES ATMOSFERICOS

Los ensayos nucleares atmosféricos se realizaron en diversos lugares en y sobre la superficie terrestre: en torres, encima de barcas en la superficie oceánica, desde globos suspendidos, mediante lanzamientos desde aeronaves y desde cohetes a gran altura.

El número de ensayos atmosféricos alcanzó su punto máximo durante 1951-1958 y 1961-1962. Hubo una moratoria en 1959, que fue, en general, observada en 1960. Los años más importantes de los ensayos desde el punto de vista de la potencia explosiva total fueron 1962, 1961, 1958 y 1954.

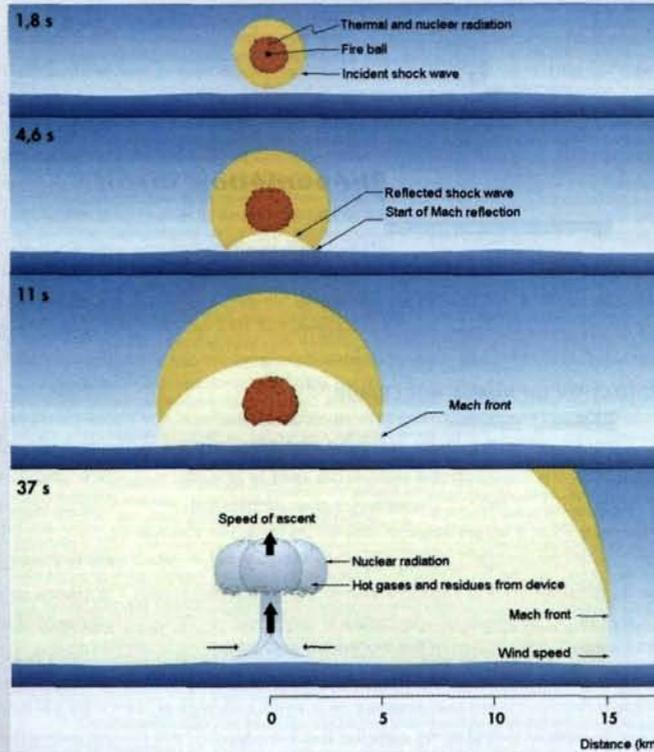
La cantidad total de ensayos atmosféricos realizados por todos los países fue de 541, y la potencia total fue de 440 megatonnes. Veinticinco ensayos de este tipo representan casi el 66% de la potencia explosiva total de todos los ensayos.

Según la altura de la explosión, los residuos radiactivos entraron en el medio ambiente local, regional o mundial. Hasta el momento, estos residuos han ocasionado las dosis de radiación colectiva más altas para los seres humanos, procedentes de fuentes de radiación artificiales.

Residuos radiactivos. Los residuos radiactivos procedentes de un ensayo nuclear atmosférico se distribuyen entre superficies terrestres o de agua locales y las regiones troposférica y estratosférica de la atmósfera. La deposición depende del tipo de ensayo, del lugar y de la potencia.

La parte de los residuos radiactivos que se depositan localmente en el polígono se denomina precipitación radiactiva local. El resto se dispersa ampliamente por la atmósfera en forma de precipitación radiactiva troposférica y estratosférica.

La precipitación radiactiva local proveniente de los ensayos sobre la superficie puede abarcar hasta el 50% de la producción de los residuos radiactivos e incluye aerosoles radiactivos de grandes dimensiones. Estas partículas se



depositan dentro de un radio de unos 100 kilómetros alrededor del polígono de ensayo. Por lo general, cuando la altitud de la detonación es suficientemente elevada, la bola de fuego que crea la explosión no llega hasta el nivel del suelo. Ello reduce al mínimo la producción de precipitación radiactiva local. (Véase la figura.)

La precipitación radiactiva troposférica consiste en aerosoles más

pequeños que no son transportados a través de la tropopausa después de la explosión y que se depositan con un tiempo de permanencia medio de hasta un mes. Durante este tiempo, los escombros se dispersan, aunque no bien mezclados, en la banda de latitud de inyección con trayectorias regidas por los patrones de los vientos. Desde el punto de vista de la exposición del ser humano, la precipitación troposférica es importante en el caso de los radionucleidos con un período de semidesintegración de unos cuantos días hasta dos meses.

La precipitación radiactiva estratosférica, que comprende una gran parte de la precipitación radiactiva total, se debe a partículas que son transportadas a la estratosfera. Más tarde, estas partículas originan la precipitación radiactiva global, que se produce en su mayor parte en el hemisferio de inyección. La precipitación radiactiva estratosférica representa la mayor parte de los residuos mundiales de productos de fisión de período largo.

En los últimos años, se dispone de nueva información acerca de los ensayos nucleares atmosféricos. En particular, la cantidad y la potencia de las explosiones han sido ajustadas, y se han hecho estimaciones de los residuos radiactivos provenientes de la precipitación radiactiva local, que se han depositado.

y la reelaboración se realizaban en el complejo de Jinquan, también en la provincia de Gansu, donde se ensamblaban las armas. La producción y reelaboración también tenían lugar en Guangyuan, en la provincia de Sichun, donde se construyeron instalaciones más grandes.

En algunos de los emplazamientos de materiales aptos para la fabricación de armas nucleares del mundo, se han incorporado actividades relacionadas con programas de energía nucleoelectrónica con fines pacíficos. En algunos de ellos, está teniendo lugar el desmantelamiento de armas.

Durante los primeros años de explotación de algunas de estas instalaciones ocurrieron liberaciones relativamente grandes de residuos radiactivos hacia el medio ambiente, en un momento que se ejercía mucha presión para que se cumplieran los planes de producción y los controles a veces aflojaban. Además, se han combinado una serie de accidentes que han aumentado las liberaciones, en particular, en instalaciones de la antigua URSS. *(Véase el recuadro de la página siguiente.)*

No se conoce completamente la cantidad de residuos radiactivos procedentes de la producción de materiales para armas nucleares. El UNSCEAR sigue reuniendo y publicando información que proporcionan los Estados.

PERSPECTIVAS

Recientes acontecimientos motivan optimismo acerca de la generación y manejo de los residuos de la guerra fría:

■ El 22 de septiembre de 1995, en la Conferencia General del OIEA se abordó la cuestión de las consecuencias radiológicas de los ensayos de armas nucleares. En una histórica resolución, se exhortó a todos los Estados interesados a que "cumplan con sus responsabilidades de velar por que los emplazamientos en los que se hayan realizado ensayos

nucleares sean objeto de un escrupuloso control y que adopten las medidas apropiadas para evitar repercusiones adversas sobre la salud, la seguridad y el medio ambiente, como consecuencia de dichos ensayos nucleares".

■ En septiembre de 1998, la Conferencia General del OIEA — mientras recordaba su resolución de 1995 y acogía con satisfacción las alentadoras conclusiones del Estudio de Mururoa y Fangataufa— subrayó el hecho de que esas conclusiones no deberán utilizarse para justificar el desarrollo y ensayo de armas nucleares, y pidió al Director General del OIEA que le informe de las novedades pertinentes en esta esfera.

■ La Conferencia General del OIEA de 1998 instó además a todos los Estados a que se adhieran como partes en el Tratado de prohibición completa de los ensayos nucleares. También exhortó a todos los Estados, especialmente a los que poseen capacidad para producir materiales fisionables, a que presten apoyo a las negociaciones sobre un tratado de prohibición de la producción de materiales fisionables para la fabricación de armas nucleares u otros dispositivos explosivos nucleares. La Conferencia de Desarme había acordado, finalmente, comenzar las negociaciones del mencionado tratado.

■ Los representantes de los Estados Unidos y Rusia, en la Conferencia General del OIEA de 1998, convinieron en crear empresas comerciales en diez ciudades nucleares rusas. Conforme a este acuerdo, los Estados Unidos aportarán su experiencia en materia de empresas privadas a las diez ciudades rusas y emparejarán compañías del sector privado estadounidense con instalaciones rusas adecuadas para la fabricación, comercialización y venta de bienes comerciales. Un enfoque similar se probó en

ciudades nucleares de los Estados Unidos como Hanford y Oak Ridge.

■ Un reciente acuerdo concertado entre Noruega y Rusia establece la cooperación en diversas esferas. El acuerdo abarca la desactivación del combustible nuclear gastado de submarinos propulsados por energía nuclear; la puesta en servicio de una instalación de almacenamiento temporal, en Andreeva Bay, en Murmansk, Península de Kola; la puesta en servicio de instalaciones de almacenamiento temporal de residuos radiactivos, en Chelyabinsk, y en un astillero en Severodvinsk, Arkhangel'sk; y el desmantelamiento de una estructura flotante en Murmansk en la que actualmente se almacenan más de 600 peligrosos elementos de combustible gastado dañados, procedentes de barcos propulsados por energía nuclear.

El OIEA continúa trabajando, en este marco mundial en constante evolución, para ayudar a los países a hacer frente al legado radiológico de la guerra fría. Es alentador que las organizaciones no gubernamentales interesadas en la protección ambiental apoyen estos esfuerzos del OIEA.*

En la Conferencia de 1998 sobre el Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, resumió la función del Organismo de la manera siguiente: si bien la responsabilidad por la seguridad recae principalmente en los gobiernos de los países, el OIEA desempeña un papel fundamental por intermedio de tres actividades complementarias: la formulación

**En la Conferencia del OIEA sobre el Estudio de Mururoa, celebrada en 1998, el representante de Greenpeace International declaró que "el estudio podía servir de modelo para realizar estudios similares en antiguos polígonos de ensayos nucleares".*

PRODUCCION DE MATERIALES NUCLEARES EN LA ANTIGUA URSS

En la antigua URSS, los principales centros de producción de materiales aptos para la fabricación de armas nucleares eran tres:

■ El complejo para la producción de materiales nucleares **Mayak** está ubicado en la región de Chelyabinsk entre los poblados de Kyshtym y Kasli, cerca de la orilla oriental del lago Irtyash. La explotación de los reactores de uranio-grafito para la producción de plutonio y de una planta de reprocesamiento comenzó en 1948. Durante el período 1949-1956, se produjeron descargas relativamente altas de materiales radiactivos en el cercano río Techa. A principios del decenio de 1960, se implantaron controles, antes inexistentes, de las liberaciones. Más de 100 PBq de productos de fisión e isótopos de plutonio fueron liberados como efluentes hacia la atmósfera y el río Techa durante el período 1949-1956. Entre abril y mayo de 1951, una gran inundación del río trajo como resultado la contaminación del terreno de aluvión, utilizado para el pastoreo de ganado y la producción de heno. En 1956, los residentes de las zonas altas del río se trasladaron a nuevos lugares de residencia y se cerró la parte del terreno de aluvión más contaminada. Sin embargo, para algunos habitantes, la contaminación del río Techa sigue siendo hasta el presente una significativa fuente de exposición.

El 29 de septiembre de 1957, una falla en el sistema de enfriamiento de un tanque de almacenamiento que contenía desechos radiactivos líquidos provocó una explosión química y una gran liberación de radionucleidos. La actividad total de los radionucleidos que se dispersaron fuera del polígono sobre el territorio de las regiones de Chelyabinsk, Sverdlovsk y Tyumen fue de aproximadamente 74 PBq. En 1967, se produjo otra contaminación con residuos radiactivos vinculados a la explotación del complejo Mayak, cuando el agua se retiró del lago Karachai, que había sido utilizado para evacuar desechos, y el viento volvió a poner en suspensión sedimentos contaminados de la orilla.

■ El complejo de producción de materiales nucleares de **Krasnoyarsk** está ubicado a unos 40 kilómetros de la ciudad de Krasnoyarsk. El primer reactor de flujo directo de Krasnoyarsk entró en servicio en 1958, el segundo en 1961 y el tercer reactor de circuito cerrado en 1964. En ese mismo año, se puso en funcionamiento una planta de radioquímica para el reprocesamiento del combustible irradiado. Las descargas de desechos radiactivos procedentes del complejo de Krasnoyarsk entran en el río Yenisei. Pueden hallarse vestigios de contaminación por todo el trayecto desde la ciudad de Krasnoyarsk hasta el estuario del río a unos 2000 kilómetros corriente abajo. En 1992, se interrumpió la explotación de dos de los tres reactores del complejo de Krasnoyarsk, lo que redujo considerablemente la cantidad de descargas radiactivas en el río Yenisei.

■ El complejo **Tomsk** está ubicado en la margen derecha del río Tom, 15 kilómetros al norte de la ciudad de Tomsk. Entró en funcionamiento en 1953 y es el complejo más grande para la producción de plutonio, uranio y elementos transuránicos que existe en la Federación de Rusia. Este complejo está compuesto por reactores de producción de uranio-grafito, instalaciones de enriquecimiento y fabricación de combustible, y una planta de reprocesamiento. Los radionucleidos presentes en los desechos líquidos son descargados en el río Tom, que desemboca en el río Ob. En 1990-1992, tres de los reactores del complejo Tomsk fueron cerrados, lo que redujo considerablemente la cantidad de descargas radiactivas al río Tom.

El 6 de abril de 1993, ocurrió un accidente en una planta de radioquímica, que provocó la liberación de materiales radiactivos. El OIEA evaluó las consecuencias radiológicas del accidente. Una estrecha franja de contaminación radiactiva baja de 35 a 45 kilómetros de largo se formó en dirección norte-este. La aldea de Georgievka es el único lugar poblado en esta zona.

de acuerdos internacionales jurídicamente vinculantes y la prestación de ayuda para su puesta en práctica; la elaboración de una amplia colección de normas de seguridad no vinculantes; y la prestación de ayuda para aplicar esas normas.

La función del OIEA al realizar evaluaciones radiológicas, dijo el Dr. ElBaradei, es la de ser objetiva y convincente desde el punto de vista científico, y subrayó que el Organismo sigue estando dispuesto a responder a otras solicitudes que se le formulen en esta esfera.

***Epílogo:** A finales de 1998, el Gobierno de Argelia presentó una solicitud al OIEA relativa a un proyecto de cooperación técnica, con el objetivo de "cuantificar la contaminación radiactiva causada por explosiones nucleares [en Argelia], evaluar la repercusión radiológica sobre la población local y establecer un plan para vigilar los antiguos polígonos de ensayos nucleares". La solicitud fue presentada a la Junta de Gobernadores del OIEA, en diciembre de 1998, y favorablemente tomada en cuenta.*

Al mismo tiempo, la comunidad internacional empieza a tener más

información sobre otro potencial, legado radiológico de la guerra fría: poderosas fuentes radiactivas otrora utilizadas con fines militares, que están abandonadas y no sujetas a reglamentación.

Recientemente, la República de Georgia solicitó la asistencia del OIEA a raíz de una emergencia radiológica. Se encontraron dos poderosas fuentes radiactivas, una abandonada en las riberas de un río, y otra, sin blindaje, en el campo, cerca de un pueblo fronterizo.

Las autoridades de Georgia informan que el pasado año encontraron más de cincuenta fuentes de radiación abandonadas, que probablemente sean de origen militar. □

DE NUEVO SEMIPALATINSK

EVALUACION RADIOLOGICA DEL ANTIGUO POLIGONO DE ENSAYOS NUCLEARES

POR PETER STEGNAR Y TONY WRIXON

Diversos lugares del mundo están afectados por materiales radiactivos residuales, algunos debido a actividades pacíficas anteriores, y otros a programas militares que incluyen los ensayos de armas nucleares.

En los años noventa, ha venido aumentando la cooperación internacional para evaluar los efectos radiológicos de anteriores actividades nucleares militares. En muchos países, la atención se ha centrado en la evaluación y, cuando sea necesario, la aplicación de medidas correctoras en las zonas afectadas por materiales radiactivos residuales procedentes de actividades militares. El OIEA ha encabezado estas tareas de evaluación de antiguos polígonos de ensayos de armas nucleares. En el presente artículo se reseñan las evaluaciones radiológicas preliminares del polígono de Semipalatinsk, en Kazajstán, donde la antigua Unión Soviética realizó más de 400 ensayos nucleares durante una cuarentena de años.

EL POLIGONO

La República de Kazajstán está ubicada justamente al sur de Rusia, y al oeste de China. Después de la segunda guerra mundial, las estepas de Kazajstán se convirtieron en el primer centro de ensayos de armas nucleares

Foto: Lago Tel'kem-2, resultado de un cráter creado por un ensayo nuclear, en Kazajstán. En el ensayo se utilizaron tres dispositivos nucleares, cada uno equivalente a 240 toneladas de TNT.

(Cortesía: Misión del OIEA/julio de 1994)



dentro de la Unión Soviética. El polígono de ensayos de Semipalatinsk es una zona de 19 000 km², ubicada al nordeste del país, 800 km al norte de Almaty, la capital. Esta zona se encuentra al suroeste del río Irtysh que, procedente de China, desemboca en Kazajstán y que, por un corto tramo, queda dentro de los límites del polígono.

Durante el período comprendido entre 1949 y 1989, la antigua Unión Soviética realizó unos 460 ensayos de armas nucleares en el polígono, que incluyeron explosiones de dispositivos sobre la superficie o en la atmósfera. Cinco de estos ensayos sobre la superficie no tuvieron éxito y dieron lugar a la dispersión de plutonio en el medio ambiente. A partir de 1961, se realizaron más de 300 explosiones subterráneas de prueba. Trece de los ensayos subterráneos provocaron una liberación de gases radiactivos hacia la atmósfera. (Véase el cuadro de la página 14.)

Durante la ejecución del programa de ensayos, los únicos habitantes del lugar, cuyo objetivo allí era prestar servicios al polígono, residían en el pueblo de Kurtachov y en los pequeños asentamientos de Akzhar y Moldari, ubicados a lo largo del perímetro septentrional del polígono. En la zona se reasentaron recientemente una cantidad limitada de personas, sobre todo agricultores y pastores seminómadas. La mayor parte de la población local se encuentra en asentamientos situados justamente fuera del perímetro del polígono. Se calcula que en estos asentamientos habita un total de 30 000 a 40 000 personas.

El Sr. Stegnar es funcionario de la Sección de Seguridad de los Desechos, y el Sr. Wrixon es Jefe de la Sección de Seguridad Radiológica de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos.

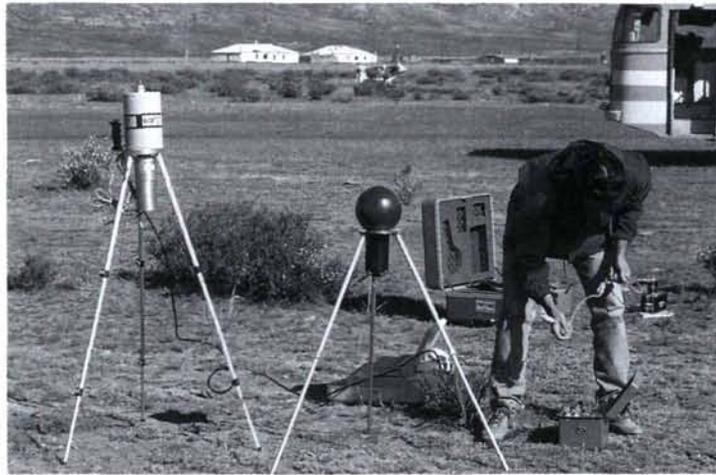
MISIONES DEL OIEA

En mayo de 1993, representantes del Gobierno de Kazajstán comunicaron al OIEA su preocupación por la situación radiológica de Semipalatinsk y las zonas occidentales. Posteriormente, el Gobierno de Kazajstán solicitó al OIEA asistencia para las antiguas zonas de ensayo de Semipalatinsk y Kazajstán occidental. El Organismo estuvo de acuerdo en organizar un estudio de la situación radiológica de estas zonas. Como consecuencia de este compromiso, se llevó a cabo una serie de actividades para caracterizar y evaluar la situación radiológica del polígono de ensayos de Semipalatinsk.

Noviembre de 1993. La primera misión del OIEA se realizó en noviembre de 1993, con los objetivos de familiarizarse con el polígono de ensayos, y proporcionar orientación sobre acciones futuras. También se solicitó asistencia al grupo para fortalecer la infraestructura nacional en la esfera de la protección radiológica, con énfasis en la vigilancia ambiental.

El grupo viajó hasta el polígono de Semipalatinsk e identificó las zonas donde había más probabilidad de contaminación radiactiva, dentro y fuera del polígono. También realizó mediciones limitadas de la radiación y tomó muestras ambientales en lugares identificados, con el propósito de ayudar a seguir definiendo las preocupaciones, y proporcionar información en cuanto a medidas futuras. El grupo también visitó laboratorios del gobierno a fin de determinar sus posibilidades para la cooperación y localizar la información disponible sobre evaluaciones radiológicas.

Basándose en los resultados de esta primera misión, los funcionarios del OIEA se reunieron con una delegación de Kazajstán en la sede del Orga-



nismo, en Viena, en marzo de 1994. Uno de los temas debatidos en esta reunión fue la preocupación por Semipalatinsk. En respuesta a esta preocupación, el OIEA acordó establecer, mediante su programa de cooperación técnica, un proyecto para brindar asistencia a la República de Kazajstán en la evaluación radiológica del polígono de ensayos de Semipalatinsk.

Julio de 1994. En esta fecha, se envió una segunda misión del OIEA al polígono. Sus objetivos eran acopiar información radiológica adicional dentro del polígono y en sus alrededores; recopilar y examinar la información disponible, suministrada por fuentes rusas y kazakas, concerniente a la situación radiológica del polígono; y realizar una evaluación preliminar de las dosis actuales y futuras para los residentes de la zona de Semipalatinsk.

El objetivo era determinar si se justificaba realizar una evaluación radiológica más amplia. Se tomaron muestras de suelo, vegetales y leche, que fueron sometidas a espectroscopía gamma y análisis radioquímico para determinar las concentraciones de radionucleidos. Expertos del grupo dedicaron tiempo a conversar con los habitantes de las granjas y asentamientos de los alrededor-

res a fin de obtener información sobre la dieta y las costumbres locales, relacionada con la evaluación de las dosis.

Junio de 1998. En cumplimiento de la resolución (52/169M) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, se realizó en 1998, una tercera misión. En esta ocasión, un grupo de expertos examinó de manera exhaustiva las consecuencias y necesidades derivadas de dos generaciones de ensayos nucleares en el territorio de lo que, desde 1991, ha sido la República de Kazajstán. La misión estuvo compuesta por especialistas de organizaciones y organismos de las Naciones Unidas, incluidos el OIEA, el Gobierno de Kazajstán y otros expertos técnicos internacionales. La misión se llevó a cabo del 15 al 30 de junio de 1998, con miras a evaluar las necesidades de la situación humanitaria existente en el polígono de ensayos de Semipalatinsk, territorio de Kazajstán, como se estipula en la resolución de las Naciones Unidas.

Foto: Especialistas realizan mediciones mediante espectrometría gamma in situ en Semipalatinsk durante la misión del OIEA realizada en julio de 1994.

(Cortesía: Misión del OIEA/julio de 1994)

CONCLUSIONES DE LAS MISIONES

Según la información recopilada durante las misiones y las posteriores investigaciones, se dispone de suficientes pruebas para demostrar que, en la mayor parte de la zona, la radiactividad residual directamente atribuida a los ensayos nucleares efectuados en Kazajstán es escasa o nula. Existen pocas zonas que tengan elevados niveles de radiactividad residual dentro del polígono donde se realizaron los ensayos sobre la superficie y donde unos cuantos ensayos subterráneos produjeron liberaciones hacia la atmósfera. Estudios preliminares de estos lugares indicaron que la contaminación se encuentra relativamente localizada.

Dada la limitada cantidad de datos de los estudios, recopilados durante las misiones, no se pudo corroborar la existencia de residuos de actínidos provenientes de los ensayos nucleares fallidos. Antes de considerar la posibilidad de realizar otras investigaciones, se necesitarían descripciones de las características de los ensayos fallidos, las condiciones reinantes y cualquier información complementaria.

En la actualidad, no existen restricciones de acceso al polígono y ya ha comenzado a observarse un reasentamiento limitado. Se ha iniciado una evaluación de la exposición de las personas que diariamente visitan las zonas donde se efectuaron los ensayos sobre la superficie y las explosiones subterráneas con venteo.

Las conclusiones iniciales de esta evaluación reflejan exposiciones anuales de alrededor de 10 mSv, debido, principalmente, a la exposición externa. Si en el futuro estas zonas se poblaran permanentemente, las exposiciones estimadas pudieran ser de hasta 140 mSv anuales. Esta exposición anual está por

Duración de ensayos	Geología de la zona de ensayos	Cantidad de ensayos
1949-1962	Piedra arenisca	Superficie: 26 Aire: 87
1961-1989	Macizo montañoso y de rocas de sienita, cuarzo-pórfido y granito	En galerías de minas: 215
1965-1980	Aleurolita, pórfido, piedras areniscas	En pozos de sondeo: 24
1968	Argilita	En pozos de sondeo: 2
1965-1989	Aleurolita, piedras areniscas, conglomerado	En pozos de sondeo: 107

encima del nivel de actuación al que cabe esperar que tenga lugar una intervención. Por tanto, se considera necesario tomar medidas correctoras en estas zonas de exposición elevada localizada. Sin embargo, debido a restricciones presupuestarias y de otra índole, la medida correctora más apropiada en estos momentos puede ser limitar el acceso a estas zonas.

Las mediciones realizadas por los expertos del OIEA confirman, hasta un grado razonable, los estudios más amplios llevados a cabo por diferentes organizaciones de Kazajstán y la antigua Unión Soviética. Los resultados conjuntos se consideran suficientes para que sirvan de base a una evaluación preliminar de la situación radiológica de la zona que circunda el polígono de ensayos de Semipalatinsk.

La única excepción de las conclusiones ya mencionadas es el abastecimiento de agua potable. Aunque las muestras de agua potable tomadas durante las misiones no indicaron la existencia de niveles elevados de radionucleidos artificiales, el muestreo no fue

amplio. Por ello es difícil extraer conclusiones generales acerca de la totalidad de este abastecimiento. Además, los resultados no ofrecen ninguna garantía respecto de la seguridad del abastecimiento de agua en el futuro.

Tasas de dosis externas. Las tasas de dosis de las radiaciones externas y la actividad del suelo fuera del polígono de ensayos son iguales, o similares, a los niveles típicos de otras regiones y países donde no se habían realizado ensayos de armas nucleares. En algunas zonas se observan pequeños aumentos, pero no son significativos desde el punto de vista de la exposición de la población local.

Un poblado tenía un nivel de deposición del plutonio más alto que en los demás asentamientos, y ha sido objeto de un muestreo del suelo más amplio. Sin embargo, las dosis anuales estimadas siguen siendo bajas. No se considera justificada la intervención para reducir la exposición a las radiaciones de las personas no residentes en el polígono de ensayos de Semipalatinsk. □

EVALUACION DE LA SITUACION RADIOLOGICA EN EL ATOLON DE BIKINI Y PERSPECTIVAS DE REASENTAMIENTO

EXAMEN EN EL ATOLON DE BIKINI

POR PETER STEGNAR

Algunos de los ensayos realizados durante la etapa de desarrollo de la bomba atómica tuvieron lugar en países que no tienen la infraestructura ni el personal especializado necesarios para evaluar los riesgos radiológicos asociados. En tales casos, se necesitan los servicios de expertos ajenos al Organismo para obtener asesoramiento independiente sobre la situación radiológica originada por los materiales radiactivos residuales provenientes de los ensayos nucleares.

Los gobiernos de varios Estados Miembros del OIEA han solicitado a éste que preste asistencia al respecto. El atolón de Bikini de las Islas Marshall figura entre los antiguos polígonos de ensayos nucleares estudiados por el OIEA.

ANTECEDENTES E HISTORIA

El atolón de Bikini, situado a 850 kilómetros al noroeste de Majuro, en el borde septentrional de las Islas Marshall, está compuesto por más de 23 islas e islotes. Cuatro islas (Bikini, Eneu, Nam y Enidrik) representan más del 70% de su extensión territorial. Bikini y Eneu son las únicas islas del atolón que han tenido una población permanente.

En 1946, el atolón de Bikini fue el primer emplazamiento de las Islas Marshall utilizado

por los Estados Unidos para realizar ensayos de armas nucleares. En 1948, Enewetak, atolón cercano, sustituyó al de Bikini como polígono de ensayos. En 1954, el atolón de Bikini fue reactivado a ese fin hasta que los Estados Unidos concluyeron los ensayos de armas nucleares en las Islas Marshall, en 1958.

Antes de que se realizara el primer ensayo nuclear, en 1946, los 167 habitantes de Bikini fueron evacuados hacia el atolón de Rongerik, unos 200 kilómetros al este, al parecer para que residieran allí hasta una fecha futura no especificada, cuando concluyeran los ensayos. Los habitantes de Bikini permanecieron en Rongerik durante dos años. En 1948, fueron trasladados por poco tiempo al atolón de Kwajalein y posteriormente, en el mismo año, a Kili, pequeño arrecife.

No obstante, surgieron problemas, como el de que Kili no tiene ni laguna ni arrecife de protección, ni ningún banco de pesca. A menudo, la pequeña playa se ve expuesta a los efectos de elevadas olas. Los habitantes de Bikini consideraron que su traslado a Kili era temporal y estaban renuentes a dejar de ser pescadores para ser agricultores.

Cuando concluyeron los ensayos de armas nucleares en las Islas Marshall, en julio de 1958, se habían realizado dieciséis

ensayos de ese tipo en el atolón de Bikini durante 12 años. En todos los casos, se trató de ensayos atmosféricos o sobre la superficie, que se llevaron a cabo en o sobre la laguna del atolón, dispersando así los efectos de la explosión por todas las islas del atolón.

La historia de las evaluaciones radiológicas y del movimiento de la población local reviste gran importancia a fin de comprender las preocupaciones generales existentes. En agosto de 1968, después de haberse realizado una serie de estudios radiológicos desde 1958, con objeto de evaluar la repercusión del programa de ensayos de armas nucleares de los Estados Unidos, se anunció que el atolón de Bikini se podía habitar sin riesgos y que se aprobaba el reasentamiento. A ese fin, se eliminaron los desechos y se replantaron árboles frutales. En 1970, se hizo un nuevo estudio radiológico del atolón de Bikini.

Con el tiempo, 139 habitantes de Bikini se reasentaron en el atolón, pero aún no estaban convencidos de la seguridad del atolón. En 1975, la población de Bikini interpuso un recurso contra el Gobierno de los Estados Unidos a fin de que éste suspendiera el proceso de reasentamiento hasta que se efec-

El Sr. Stegnar es funcionario de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos del OIEA.

tuara un estudio radiológico satisfactorio y exhaustivo.

En 1975, 1976 y 1978, se acopiaron datos radiológicos adicionales para su evaluación. En septiembre de 1978, se decidió trasladar nuevamente a las islas Kili y Ejit, en el atolón de Majuro, a las 139 personas que habían regresado al atolón de Bikini.

Después del segundo traslado, se realizó un nuevo estudio radiológico, patrocinado por los Estados Unidos, el cual consistió en utilizar detectores instalados en helicópteros para hacer un gráfico de los contornos de las tasas de dosis gamma externas. También se recogieron y analizaron muestras de vegetación, alimentos marinos, animales y suelo. Las evaluaciones revisadas de la dosis de radiación, publicadas en 1980 y 1982, revelaron que, si los pobladores de Bikini decidían reasentarse en su isla, la cadena alimentaria terrestre sería la vía de exposición más importante. Esa evaluación de la dosis se actualizó, por última vez, en 1995, sobre la base de un programa permanente de mediciones que se ejecuta en el atolón.

A raíz del estudio efectuado por los Estados Unidos, el Gobierno de la República de las Islas Marshall encargó que se hiciera una evaluación radiológica independiente, mediante la cual, el atolón de Bikini y todos los demás atolones de la República serían sometidos a vigilancia para detectar residuos radiactivos. Un grupo asesor científico, integrado por prestigiosos y respetados científicos, se ocupó de la vigilancia. Se ejecutaron programas de control de la calidad en laboratorio para asegurar que el estudio pudiera proporcionar mediciones precisas y datos reproducibles. En general, el estudio corroboró los resultados de programas de

mediciones anteriores. Se publicaron los resultados del estudio y, en febrero de 1995, se dio a conocer un informe sobre el atolón de Bikini.

En agosto de 1995, seis meses después de publicado el informe sobre el estudio, el Nitejela (Parlamento) de las Islas Marshall examinó los resultados del estudio, pero no los aceptó.

SOLICITUD DE UN EXAMEN INTERNACIONAL

En 1994, el Gobierno de las Islas Marshall solicitó al OIEA que llevara a cabo un examen internacional independiente de la situación radiológica en el atolón de Bikini, y que analizara y recomendará estrategias con vistas al reasentamiento en el atolón. En respuesta a esta solicitud, el OIEA convocó a un grupo asesor a una reunión que se celebró en diciembre de 1995, en el marco de un proyecto de cooperación técnica del OIEA.

El examen internacional perseguía tres objetivos principales:

- Evaluar la situación radiológica en Bikini, teniendo en cuenta la información presentada por el Gobierno de la República;
- Conocer si se necesitaba corroborar la información disponible sobre la situación radiológica existente en el atolón; y
- Determinar si debían adoptarse medidas correctoras a los fines de la protección radiológica y, de ser así, el índole, el alcance y la duración de dicha intervención.

El examen internacional tuvo en cuenta todos los datos disponibles procedentes del estudio de las Islas Marshall, así como muchas otras evaluaciones realizadas por científicos de todo el mundo.

ESTUDIO DEL ATOLON DE BIKINI POR EL OIEA

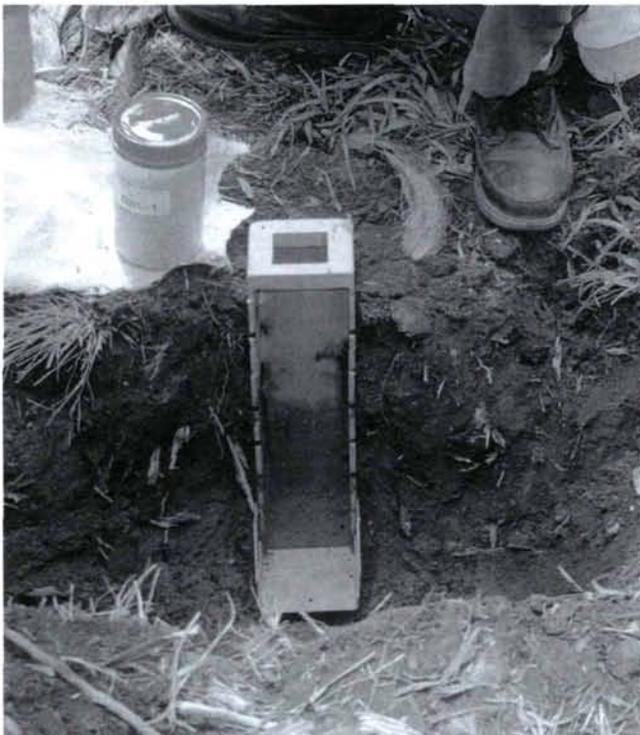
En mayo de 1997, el OIEA envió un equipo de vigilancia ambiental al atolón de Bikini con el objetivo de ejecutar un programa limitado de mediciones y muestreo ambientales. Se realizaron mediciones de la tasa de dosis absorbida en el aire y de la concentración de los radionucleidos de más importancia radiológica en muestras representativas de suelo y alimentos.

El propósito de este estudio era validar los datos anteriormente acopiados. Las mediciones realizadas durante el estudio fueron compatibles, en general, con los valores ya notificados.

CONCLUSIONES

Basándose en su examen, el grupo asesor del OIEA determinó que no era necesaria ninguna otra corroboración de las mediciones y evaluaciones de la situación radiológica en el atolón de Bikini. Los datos acopiados tienen suficiente calidad para poder hacer una evaluación adecuada. Con el establecimiento de una vigilancia limitada de la zona por el OIEA, se logró realizar una buena verificación de la garantía de calidad de los datos anteriormente reunidos.

Se recomendó que en las condiciones radiológicas actuales, no debería procederse al reasentamiento de la isla de Bikini con carácter permanente. Esta recomendación se basó en la hipótesis de que las personas que volvieran a residir en la isla tendrían una dieta compuesta por alimentos exclusivamente locales. Los datos radiológicos corroboran que si se permitiera una dieta de esa índole, ello podría dar lugar a una dosis anual efectiva de unos 15 mSv. Se consideró que este nivel exigía algún tipo



de intervención a los fines de la protección radiológica.

Pudieran aplicarse una serie de medidas correctoras que contribuyan al reasentamiento permanente en la isla, entre otras, la aplicación periódica de fertilizante a base de potasio en los lugares donde se siembran cultivos comestibles, o la eliminación de la capa superficial del suelo de la isla. De acuerdo con la opinión general, el método más razonable sería utilizar fertilizante potásico.

Como la mayor parte de la radiactividad en las plantas obedece a la fijación del cesio radiactivo, el potasio sustituiría a este elemento, con lo cual se reduciría la exposición total de la población. El raspado y la eliminación de la capa superficial del suelo oca-

sionarían graves daños ambientales a la isla y tendrían consecuencias sociales.

De decidirse aplicar medidas correctoras en la isla de Bikini, como por ejemplo, el uso de fertilizantes, se recomienda proseguir ejecutando un sencillo programa de control de los productos alimenticios y de la población, encaminado a dar garantías a los habitantes de la isla de que sus organismos no absorberán una dosis significativa de material radiactivo.

Este proyecto es ejemplo de un estudio en el que se solicitó al OIEA que evaluara la situación radiológica existente derivada de la presencia de residuos radiactivos. El Organismo prestó este servicio a un Estado Miembro que tenía legítimas preocupaciones al respecto. Con este servicio, el OIEA ha ayudado a brindar orientación a las autoridades nacionales sobre posibles medidas que pueden adoptarse a los fines del reasentamiento en zonas donde existen preocupaciones acerca de las actuales condiciones ambientales.

En 1998, el OIEA publicó un informe —*Radiological Conditions at Bikini Atoll: Prospects for Resettlement*— que se refiere al examen internacional con más detalle. (Para solicitar información, véase en esta edición la sección *Publicaciones del OIEA*). Además, en julio de 1997, la revista oficial de la Sociedad de Física Sanitaria, *Health Physics*, dedicó una edición especial al tema, incluidas memorias directamente relacionadas con cuestiones del reasentamiento de la población del atolón de Bikini. □

Fotos: Como parte del examen internacional del atolón de Bikini por el OIEA, grupos de expertos tomaron y analizaron muestras ambientales en varios lugares. Aquí se muestra la preparación de cocos para medir la radiactividad, y el muestreo del perfil del suelo en la isla de Bikini. (Cortesía: G. Winkler/OIEA)

PROYECTO INTERNACIONAL DE EVALUACION DE LOS MARES ARTICOS: RECAPITULACION SITUACION EN LOS MARES ARTICOS

POR KIRSTI-LIISA SJÖBLOM Y GORDON LINSLEY

En 1992 surgieron rumores de que la antigua Unión Soviética había vertido, durante más de tres decenios, desechos radiactivos en las aguas poco profundas de los mares árticos. La noticia causó gran preocupación en muchos países, especialmente en los que tienen costas en esos mares.

A principios de 1993, la Oficina del Presidente de Rusia publicó un documento con información detallada sobre las anteriores operaciones de vertimiento de la ex Unión Soviética. Según ese documento, llamado el "Libro Blanco", los objetos vertidos en los mares árticos incluyeron seis reactores de submarinos nucleares, con combustible gastado; un conjunto de blindaje procedente del reactor de un rompehielos, con combustible gastado; diez reactores nucleares sin combustible; y desechos sólidos y líquidos de actividad baja.

Los desechos sólidos se vertieron en el mar de Kara, fundamentalmente en los fiordos someros de Nueva Zembla, donde la profundidad de los lugares de vertimiento oscila entre 12 y 135 metros, y en la depresión de Nueva Zembla, a profundidades de hasta 380 metros. Se descargaron desechos líquidos de actividad baja en la zona de altamar de los mares de Barents y Kara.

En 1993, el OIEA respondió a la preocupación de sus Estados Miembros y a la solicitud de las Partes Contratantes en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, con el inicio del Proyecto internacional de evalua-

ción de los mares árticos (IASAP). Este proyecto tenía dos objetivos:

- evaluar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente asociados a los desechos radiactivos vertidos en los mares de Kara y Barents, y
- examinar las posibles medidas correctoras relacionadas con los desechos vertidos y dar asesoramiento sobre su necesidad y justificación.

El Proyecto implicó a más de 50 expertos de 14 países y estuvo dirigido por un Grupo Asesor Internacional. Sus esferas de trabajo consistieron en:

- examinar la situación radiológica de las aguas árticas;
- predecir las posibles liberaciones futuras procedentes de los desechos vertidos;
- elaborar modelos de la diseminación ambiental de los nucleidos liberados y evaluar las repercusiones radiológicas conexas en los seres humanos y la biota; y
- examinar la viabilidad, los costos y beneficios de las posibles medidas correctoras.

SITUACION RADIOLOGICA

En el proyecto se utilizó la información basada en los históricos de explotación de los reactores y los espectros de neutrones calculados para proporcionar estimaciones del producto de fisión, el producto de activación y los inventarios de actínidos de los reactores y conjuntos combustibles vertidos. Se llegó a la conclusión de que el inventario total de radionucleidos de los objetos de desechos radiactivos de actividad alta en el momento

del vertimiento era de 37 PBq. Se calculó que el inventario correspondiente de desechos de actividad alta vertidos era, en 1994, de 4,7 PBq. En 1994, los principales radionucleidos eran cesio 137, estroncio 90, níquel 63 y cobalto 60. En un futuro lejano, en el año 3000, los isótopos de plutonio y el níquel 59 predominarán en el inventario.

Radionucleidos en el medio ambiente. En comparación con algunas otras zonas marinas, la zona de altamar del Kara está relativamente libre de contaminación. Los principales contribuyentes a su contenido antropógeno de radionucleidos son la deposición atmosférica directa y la escorrentía de las precipitaciones radiactivas globales provocadas por los ensayos de armas nucleares, las descargas provenientes de las plantas de reelaboración de Europa occidental y la precipitación radiactiva debida al accidente de Chernobil.

Las mediciones de los materiales ambientales indican que las actuales dosis individuales anuales de los radionucleidos antropógenos en los mares de Kara y Barents son muy pequeñas, entre 2 y 10 microSv. Se detectaron elevadas concentraciones de

La Sra. Sjöblom es funcionaria de la Sección de Seguridad de los Desechos de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos. El Sr. Linsley es Jefe de la Sección. Para obtener una información más detallada sobre el proyecto IASAP y sus resultados, véanse los artículos que aparecen en las ediciones del Boletín del OIEA, Vol.37, Nº2, de 1995 y Vol.39, Nº2, de 1997.

determinados radionucleidos en sedimentos situados a pocos metros de los contenedores de desechos de actividad baja, lo que indica que se han producido escapes de los contenedores. Con todo, esos escapes no han provocado un aumento mensurable de radionucleidos en las partes exteriores de los fiordos ni en la zona de altamar del Kara.

POSIBLES REPERCUSIONES FUTURAS

Las tasas de liberación de radionucleidos al medio ambiente dependerán de la integridad de los materiales que forman la estructura del reactor, las barreras añadidas antes del vertimiento y el propio combustible nuclear.

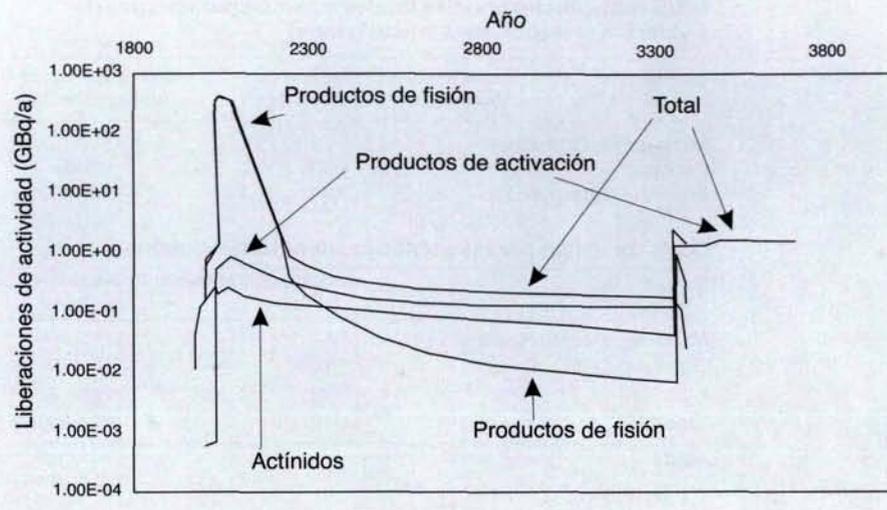
En el caso de cada uno de los objetos de desechos de actividad alta vertidos se investigó pormenorizadamente la construcción y composición de las barreras, y para calcular las tasas de liberación se emplearon las estimaciones óptimas de las tasas de corrosión y vida nominal de las barreras. Sucesos externos, como el choque con buques o, en términos más generales, el enfriamiento global tras la erosión glacial de los fiordos, también pudieran dañar la contención.

Los escenarios de liberación de radionucleidos que se tomaron en cuenta fueron:

- un escenario de estimación óptima donde la liberación se produce por la corrosión gradual de las barreras, los contenedores de desechos y el propio combustible;
- dos escenarios catastróficos, que provocan, en determinados momentos, una liberación instantánea o acelerada del resto del inventario de radionucleidos.

Las tasas de liberación se predijeron conforme al escenario de estimación óptima desde uno de los reactores vertidos. (Véase el gráfico.) Las tasas se emplearon con modelos matemáticos

TASAS DE LIBERACION PRONOSTICADAS DE UN REACTOR EVACUADO EN EL MAR DE KARA



del comportamiento ambiental de los radionucleidos para estimar las dosis de radiación para la población y la biota.

Estimaciones de las dosis. Las dosis se estimaron para determinados grupos de población, para la población mundial y para la flora y la fauna.

Dosis individuales. Con miras a estimar las dosis para los individuos, se examinaron tres grupos de población. Se efectuaron los cálculos de las dosis individuales para los períodos que abarcan las tasas de dosis individuales máximas para cada uno de los tres escenarios de liberación.

■ Grupo 1: un grupo cuya subsistencia depende, en gran medida, del consumo de pescado, mamíferos marinos, aves marinas y sus huevos del mar de Kara, y que pasa 250 horas al año en la costa.

■ Grupo 2: un grupo hipotético de personal militar que patrulla las costas de los fiordos, por períodos supuestos de 100 horas al año. Las vías de exposición consideradas incluyen la radiación externa y la inhalación de rocío de mar y sedimentos en doble suspensión.

■ Grupo 3: un grupo de consumidores de alimentos marinos,

considerado representativo de la población de la región septentrional de Rusia que consume pescado, moluscos y crustáceos capturados en el mar de Barents.

En los tres escenarios, las dosis individuales anuales máximas de cada grupo de consumidores de alimentos marinos (Grupos 1 y 3) son pequeñas (menos de 1 microSv) y muy inferiores a las variaciones en las dosis de radiación natural de fondo. (Las dosis anuales para los grupos 1 y 3 procedentes del polonio 210 natural en alimentos marinos son de 500 y 100 microSv, respectivamente.) Las dosis para el grupo crítico hipotético del personal militar que patrulla los fiordos (Grupo 2) son más elevadas, pero, aun así, son comparables con las dosis de radiación natural de fondo (como promedio 2400 microSv). (Véase el cuadro de la página siguiente.)

Dosis colectivas. Las dosis colectivas se estimaron solamente para el escenario de estimación óptima de la tasa de liberación. Se calculó la dosis colectiva para la población mundial debida a la dispersión de radionucleidos en los océanos del mundo (nucleidos distintos del carbono 14 y el yodo 129) hasta

ESTIMACIONES DE LAS DOSIS DE RADIACION DEL PROYECTO

Dosis individuales anuales totales máximas para grupos de población seleccionados (microSv/año)

Escenario	Dosis anuales para los consumidores de alimentos marinos	Dosis anuales para el personal militar
Escenario de estimación óptima	<0.1	700
Escenarios catastróficos	0,3-1	3000-4000

Dosis colectivas para la población mundial (Sv-hombre)

	Tiempo de truncamiento (hasta el año)	
	2050	3000
Nucleidos, excepto el carbono 14 y el yodo 129	0,01	1
Carbono 14	ND	8
Yodo 129	ND	0,0001
Total		~10

el año 2050, a fin de proporcionar información sobre la dosis colectiva para la generación actual; y en los próximos 1000 años, lapso que abarca las liberaciones máximas estimadas. Las dosis colectivas estimadas son de 0,01 Sv-hombre y 1 Sv-hombre, respectivamente.

Al suponer que todo el inventario del carbono 14 de los desechos se libere alrededor del año 2000 e integrar la dosis para la población mundial a lo largo de 1000 años (es decir, hasta el año 3000), la dosis colectiva será de unos 8 Sv-hombre. El valor correspondiente para el yodo 129 es muy inferior a 0,0001 Sv-hombre. Así, en los próximos 1000 años, la dosis colectiva total para la población mundial sería del orden de 10 Sv-hombre. (Véase el cuadro.)

Dosis para la flora y la fauna.

Se calcularon las tasas de dosis de radiación para diversas poblaciones de organismos silvestres, desde zooplancton hasta ballenas, y se observó que eran muy bajas. Las tasas de dosis máximas pronosticadas en esta evaluación son de alrededor de 0,1 microGy/h, una tasa de dosis que se considera improbable que entrañe efecto nocivo alguno en la morbilidad, la mortalidad, la

fecundidad, la fertilidad, y la tasa de mutación que pueda influir en el mantenimiento de poblaciones saludables.

También cabe apuntar que las liberaciones pudieran afectar sólo una pequeña parte de la población de biota en los ecosistemas locales.

ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS

Con respecto a las posibles medidas correctoras, se efectuó un estudio preliminar de viabilidad técnica y costos para el contenedor de combustible gastado del rompehielos nuclear. El rompehielos tiene el mayor inventario de radionucleidos entre los objetos de desechos vertidos y es considerado el mejor documentado con respecto a la construcción y las barreras.

Expertos en salvamento escogieron dos medidas correctoras potencialmente realistas para estudiarlas con más detenimiento. La primera opción fue el recubrimiento impermeable, en el lugar, con hormigón u otro material idóneo a fin de encapsular el objeto; la segunda fue su recuperación hacia un entorno terrestre. Se estimó que ambas opciones eran técni-

camente viables. Se calculó que el costo de las operaciones marinas oscilaría entre 5 y 13 millones de dólares de los Estados Unidos.

Es preciso analizar algunos factores antes de adoptar una decisión sobre la necesidad de medidas correctoras. Desde la perspectiva de la protección radiológica, estos factores incluyen el análisis de las dosis y los riesgos para los individuos más expuestos (el grupo crítico) si no se toman las medidas y el grado en que su situación puede mejorar tomando medidas. Otro factor se refiere al efecto total para la salud de las poblaciones expuestas (proporcional a la dosis colectiva) y hasta qué punto puede evitarse tomando medidas correctoras.

CONCLUSIONES DEL PROYECTO

El Proyecto llegó a una serie de conclusiones:

- La labor de vigilancia ha demostrado que las liberaciones procedentes de objetos vertidos identificados son pequeñas y se circunscriben a la cercanía inmediata de los lugares de vertimiento.

- Las dosis futuras proyectadas para los miembros del público en grupos de población locales típicos debidas a los desechos radiactivos vertidos en el mar de Kara son muy pequeñas, menos de 1 microSv al año. Las dosis futuras proyectadas para un grupo hipotético de personal militar que patrulle las costas de los fiordos donde se hayan vertido desechos, son más elevadas, de hasta 4000 microSv anuales, pero, así y todo, del mismo orden que la dosis media anual de radiación natural de fondo.

- Las dosis para la fauna marina son insignificantes, de órdenes de magnitud por debajo de los que cabría esperar que tuvieran efectos nocivos sobre la fauna.

- En cuanto a las medidas correctoras, no se justifican por razones radiológicas. □

EL ESTUDIO DE MURUROA

POR E. GAIL DE PLANQUE

Ya se dispone de los resultados de una de las evaluaciones ambientales internacionales más amplias que se haya efectuado: el Estudio organizado por el OIEA, en los últimos tres años, con objeto de evaluar las condiciones radiológicas en los atolones de Mururoa y Fangataufa, en el Pacífico Sur. El Gobierno de Francia había realizado experimentos nucleares en la zona durante el período 1966-1996. Tuve la singular experiencia de dirigir este proyecto mundial en calidad de Presidenta del Comité Asesor Internacional (CAI) del Estudio.

En abril de 1996, el OIEA inició el Estudio a raíz de una solicitud del Gobierno de Francia, y tan pronto como dicho gobierno declaró el cese de todos los ensayos en los atolones. Con el fin de supervisar el Estudio, el ex Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, creó el CAI, y me nombraron su Presidenta.

A modo de información, los atolones se encuentran en el extremo oriental de la Polinesia Francesa, a unos 100 kilómetros de Tahití, y casi equidistantes de la costa occidental de los Estados Unidos y América Latina y de la costa oriental de Australia. En Mururoa y Fangataufa se realizaron, en lo esencial, dos tipos de experimentos: 178 fueron ensayos de armas nucleares, en los cuales se hicieron explotar dispositivos nucleares con liberaciones de energía de fisión, y pruebas de seguridad de armas

nucleares, las cuales incluyeron dispositivos nucleares que se sometieron a condiciones de accidente simuladas, y núcleos de armas nucleares que se destruyeron por medio de explosivos tradicionales, sin liberación o con una liberación muy débil de energía de fisión.

La mayoría de los ensayos tuvieron lugar en Mururoa, el más grande de los dos atolones, y los demás, principalmente los de mayor envergadura, se efectuaron en Fangataufa. Tanto los ensayos como las pruebas fueron atmosféricos y subterráneos. Se llevaron a cabo 41 ensayos atmosféricos: 37 en el atolón de Mururoa y cuatro en el de Fangataufa, la mayoría se efectuó con el dispositivo suspendido de un globo a una considerable altura sobre la tierra. Se realizaron 137 ensayos subterráneos: 127 en el atolón de Mururoa y diez en el de Fangataufa, la mayoría de los cuales se efectuaron con los dispositivos colocados en pozos cavados en la roca bajo las coronas o las lagunas de los atolones. En total, se realizaron quince pruebas de seguridad: cinco fueron atmosféricas y diez subterráneas.

Como los efectos de los ensayos de armas constituyen una cuestión difícil, desde el punto de vista científico, y de gran connotación política, el Estudio enfrentó varios retos muy importantes: la necesidad de independencia, y de un gran número de científicos competentes con una

gama extraordinariamente amplia de conocimientos especializados, así como de una estructura orgánica, y la eficiencia requerida para concluir la tarea detallada y oportunamente. Con esa finalidad, el CAI, encargado de proporcionar asesoramiento político y científico al Estudio, fue integrado por catorce miembros procedentes de diversos países del mundo y cuatro representantes *ex officio* de la Comisión Europea, el Foro del Pacífico Sur, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y la Organización Mundial de la Salud. (Véase el recuadro de la página siguiente.) Además de los miembros del CAI y del personal del OIEA, en el Estudio participaron 55 expertos de 21 países. El ejercicio fue mucho más allá del trabajo de oficina, pues también incluyó una campaña de mediciones y muestreo en los atolones, mediante la cual se evaluaron los materiales radiactivos de los medios terrestre y acuático. En esta campaña, dirigida por los laboratorios del OIEA en Seibersdorf y Mónaco, participaron, en total 18 laboratorios de 12 países.

La Dra. de Planque, ex Comisionada de la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos y, en la actualidad, asesora independiente, fue Presidenta del Comité Asesor Internacional y dirigió el Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa.

Según se definen en el Mandato, los objetivos del Estudio, fueron evaluar, en perspectiva, la situación en los dos atolones y en las zonas correspondientes desde el punto de vista de la seguridad radiológica, determinar si existen peligros radiológicos para la población y formular recomendaciones sobre la índole, el alcance y la duración de las actividades de vigilancia, de las medidas correctoras y de cualquier otra medida de seguimiento que pudiese necesitarse. Los objetivos específicos del Estudio fueron evaluar las condiciones radiológicas residuales que persisten en los atolones, luego de terminados los ensayos nucleares, y abarcar, a la vez, la situación radiológica actual y la posible situación radiológica a largo plazo.

Es importante comprender estos objetivos, puesto que con el Estudio, no se pretendía examinar retrospectivamente anteriores situaciones radiológicas, por ejemplo, las exposiciones que se derivaron de las precipitaciones ocurridas durante los ensayos (esto lo hace habitualmente el UNSCEAR), o las exposiciones ocupacionales de los trabajadores y del personal militar durante los ensayos (el CAI tiene entendido que las autoridades francesas publicarán un informe sobre el tema).

En lo esencial, el Estudio llegó a las siguientes conclusiones:

■ No habrá efectos radiológicos para la salud que puedan ser diagnosticados médicamente en una persona o detectados epidemiológicamente en un grupo de población, y que puedan atribuirse a la dosis de radiación estimada que la población recibe actualmente o que recibirá en el futuro como resultado de los materiales radiactivos residuales presentes en los atolones de Mururoa y Fangataufa.

COMITE ASESOR INTERNACIONAL DEL ESTUDIO

Presidenta: Dra. E. Gail de Planque (*foto*), ex comisionada de la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos y actualmente, asesora independiente.



Miembros del Comité pertenecientes a los Estados Miembros del OIEA:

Argentina: D. J. Beninson, ex presidente de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, y en el momento que se realizaba el Estudio, Presidente de la Autoridad Reguladora Nuclear de la Argentina, Buenos Aires.

Reino Unido: R. Clarke, Junta Nacional de Protección Radiológica, y actual Presidente de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Australia: H. Garnett, Organización Australiana de Ciencia y Tecnología Nucleares.

Suecia: G.E.G. Holm, Departamento de Física de las Radiaciones del Hospital de la Universidad de Lund.

Indonesia: H.S. Karyono, Centro de Desarrollo de Minerales Nucleares, Agencia Nacional de Energía Atómica de Indonesia.

Alemania: A. Kaul, Oficina

Federal de Protección Radiológica.

Federación de Rusia: A. Matuschenko, Comisión de Protección Radiológica de la Federación de Rusia.

Japón: T. Numakunai, del Instituto Japonés de Mediciones Radiológicas.

Nueva Zelandia: A. Poletti, del Departamento de Física, Universidad de Auckland.

Miembros ex officio:

Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas: B. Bennett, Viena.

Comisión Europea: G. Fraser, Dirección General XI/C/1, Luxemburgo.

Foro del Pacífico Sur: V.A. Fauvao, Programa Regional del Pacífico Sur para el Medio Ambiente, Apia, Samoa Occidental

■ En general, las tasas de dosis de radiación esperadas y los modos de exposición tienen tales características que no podrían producirse efectos en grupos de población de la biota, aunque ocasionalmente miembros individuales de determinadas especies pudieran verse afectados, pero no en una medida que ponga en peligro la especie en su conjunto o que cree desequilibrios entre las especies.

■ Dados los niveles de actividad de radionucleidos medidos y previstos y los bajos niveles de dosis estimados para el presente y el futuro, y teniendo en cuenta la orientación internacional, ni ahora ni en el futuro se necesitan medidas correctoras en los atolones de Mururoa y Fangataufa por motivos de protección radiológica.

■ Del mismo modo, no es necesario proseguir la vigilancia

PUBLICACIONES E INFORMES

Los resultados del Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa pueden obtenerse en una serie completa de publicaciones e informes. Los resultados detallados se presentan en cuatro publicaciones independientes: el Informe principal, el Resumen ejecutivo, el Informe resumido y el Informe técnico.

El Informe principal es la publicación fundamental del Estudio y brinda una descripción científica exhaustiva, junto con las comprobaciones, conclusiones y recomendaciones. Dicho informe está complementado por un Informe técnico detallado en seis volúmenes, destinado a los especialistas científicos. El Informe ejecutivo es una reproducción del documento original que se

presentó a la Junta de Gobernadores del OIEA. El Informe resumido brinda una sinopsis ampliada del Estudio, a fin de llegar a un público más amplio, e incluye las comprobaciones, conclusiones y recomendaciones.

Asimismo, el OIEA ha comenzado a publicar el Acta de la Conferencia Internacional sobre el Estudio, celebrada en Viena del 29 de junio al 3 de julio de 1998.

Los informes se pueden solicitar a la División de Publicaciones del OIEA, Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones. Para solicitar información acerca de la manera de encargar las publicaciones, véase la sección del *Boletín* sobre Publicaciones del OIEA en la presente edición.

ambiental en los atolones de Mururoa y Fangataufa por razones de protección radiológica.

■ Aunque en la elaboración de modelos de sistemas se hicieron muchas suposiciones, las conclusiones son sólidas: por ejemplo, la magnitud esperada de la modificación de las conclusiones debido a las incertidumbres de los parámetros utilizados en la elaboración de modelos es reducida. Además, las dosis previstas son tan bajas que grandes errores (incluso de un orden de magnitud) no afectarían las conclusiones.

El Estudio tomó nota además de que "en los atolones de Mururoa y Fangataufa está en marcha un programa científico de vigilancia de las concentraciones de radionucleidos en la roca y en las cavidades-chimeneas de los ensayos nucleares. En el caso de que ese programa continuase, el Estudio ha reco-

mendado que se haga hincapié en la vigilancia del comportamiento migratorio de los radionucleidos y radiocoloides de período largo y relativamente móviles, debido a su particular interés científico. El programa científico, complementado por cierta vigilancia de los niveles de radionucleidos en la biosfera, también puede ser útil para dar seguridades al público acerca de la persistencia de la seguridad radiológica de los atolones".

Para concluir el Estudio se necesitaron unos dos años. En el ejercicio participaron, en definitiva, casi cien personas y culminó con la publicación de aproximadamente diez centímetros de informes (*véase el recuadro*), seminarios especiales sobre los resultados del Estudio, celebrados en la Polinesia Francesa y Fiji, así como una conferencia en Viena,

celebrada del 30 junio al 3 de julio de 1998, para que la comunidad científica pudiera examinar el trabajo y sus conclusiones.

Tengo el gran privilegio de haber trabajado con muchísimos expertos consagrados de todo el mundo y del OIEA. El CAI y el grupo que participó en el Estudio agradecen al ex Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, y al actual Director General, Dr. Mohamed ElBaradei, su aliento, apoyo y compromiso de proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo el Estudio. También reconocen los incansables esfuerzos desplegados por el personal del OIEA que participó en dicho Estudio.

Asimismo, se encomia y agradece extraordinariamente la amplia cooperación del Gobierno de Francia en este empeño, por brindar una inmensa cantidad de materiales, incluido todo lo solicitado y considerado necesario para realizar el Estudio. Fue de gran valor la ayuda y apoyo logístico que el Gobierno de Francia prestó durante la campaña de mediciones y muestreo en los atolones de Mururoa y Fangataufa y sin esa cooperación, no se habría podido realizar el Estudio.

Desde el punto de vista científico, el Estudio fue una notable experiencia para todos los participantes, y espero que haya contribuido a aumentar la base fundamental del conocimiento científico y técnico. De la misma manera, espero que, a un nivel más práctico, los conocimientos especializados y la información obtenidos en el Estudio ayuden a nuestras sociedades a enfrentar diversos retos técnicos: el diseño y construcción de instalaciones seguras para el almacenamiento final de los desechos radiactivos. □

TRABAJO CIENTÍFICO CONJUNTO

POR PIER ROBERTO DANESI Y PAVEL PETER POVINEC

Poco después de que se estableciera el Comité Asesor Internacional, encargado de supervisar el Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa, en la Polinesia Francesa, surgieron diversos problemas de carácter científico, como el acopio y análisis de datos. Entre julio y enero de 1996, Francia realizó 193 experimentos con armas nucleares en los atolones, y era necesario ejecutar un programa independiente de muestreo y análisis. Ese programa perseguía una serie de objetivos: evaluar la credibilidad de los datos de que disponían los franceses y determinar si sus actividades de vigilancia habían proporcionado estimaciones satisfactorias de las concentraciones e inventarios de los radionucleidos presentes en el medio ambiente terrestre y marino, de suerte que pudieran realizarse evaluaciones acertadas de las dosis.

Se solicitó la participación de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, Austria, y en Mónaco (MEL), por la amplia experiencia que han acumulado en la vigilancia de la radiactividad en el medio ambiente terrestre y marino.

En el contexto del Estudio, se realizaron, en 1996, las campañas de muestreo terrestre y marino. En marzo de 1996, un grupo técnico de los laboratorios visitó los atolones, a fin de evaluar las necesidades logísticas de las misiones que se enviarían a una zona tan distante como esa; inspeccionó los posibles

lugares de muestreo, el equipo y las instalaciones del laboratorio, y se reunió con miembros de la Oficina Francesa de Enlace y el personal local. Posteriormente, el Grupo de tareas A del Estudio de Mururoa, presidido por el Dr. A. McEwan, del Laboratorio Radiológico Nacional de Nueva Zelandia, diseñó y analizó los programas de muestreo y vigilancia. El grupo estuvo integrado por especialistas de Dinamarca, Japón, Fiji, Australia, Estados Unidos, Austria y el Reino Unido.

Las campañas se llevaron a cabo del 1º de julio al 2 de agosto de 1996. Los grupos participantes en el muestreo terrestre y marino fueron ampliados para incluir diversos expertos internacionales. Los Laboratorios del OIEA realizaron una parte del análisis de radionucleidos significativos presentes en las muestras tomadas, y una red de laboratorios internacionales independientes efectuó la otra.

LA CAMPAÑA DE MUESTREO TERRESTRE

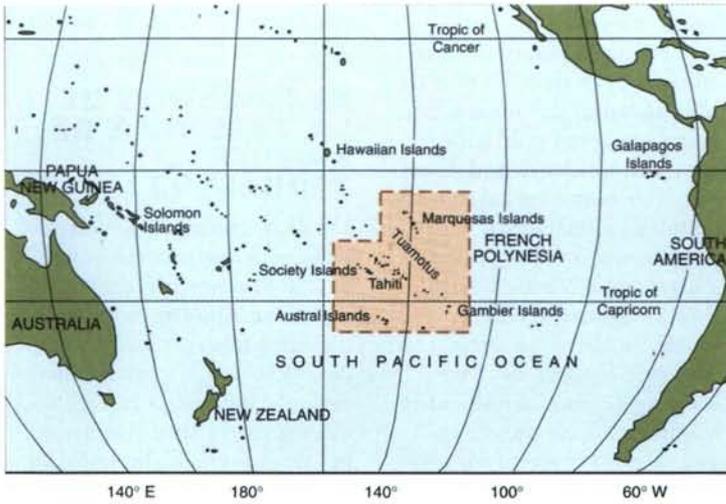
Se elaboró un programa para tomar muestras ambientales representativas. Con excepción de algunas muestras tomadas en la región de Colette, en el atolón de Mururoa, donde se investigaron las partículas calientes, en la preparación y tratamiento de las muestras se tuvo cuidado de garantizar que todos los radionucleidos se distribuyeran de manera homogénea en las últimas submuestras. Además, cada muestra se dividió en tres partes:

una parte se midió en los laboratorios internacionales colaboradores, otra se envió a Francia, y la tercera se archivó en Seibersdorf. Los científicos de Seibersdorf y otros especialistas internacionales examinaron los protocolos franceses, los cuales se consideraron satisfactorios y se aplicaron estrictamente a todos los procedimientos de muestreo, con vistas a asegurar la comparabilidad racional de los resultados con los datos franceses. El Laboratorio de Seibersdorf y los miembros de la red internacional de Laboratorios analíticos del OIEA para mediciones de la radiactividad en el medio ambiente (ALMERA), analizaron después las muestras tomadas. De esta red de 53 laboratorios, se seleccionaron once para examinar las muestras de Mururoa y Fangataufa.

Lugares y muestras. Se tomaron muestras en quince lugares seleccionados, lo más cerca posible de aquellos donde se realizaron muestreos durante las campañas de vigilancia ambiental, llevadas a cabo por los franceses a través de los años. Además, se recogieron algunas muestras en Tureia, el atolón habitado más cercano.

Se tomaron un total de 299 muestras de varios tipos. Después de clasificar todas las muestras según su contenido de actividad, se analizaron 198.

El Sr. Danesi es Director de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf y el Sr. Povinec es Jefe de la Sección de Radiometría del Laboratorio del Medio Ambiente Marino del OIEA en Mónaco.



Location of French Polynesia in the South Pacific Ocean.



Mapa: Ubicación de los atolones de Mururoa y Fangataufa en el Pacífico Sur. Los grupos del Estudio acopiaron casi 300 muestras para analizarlas. Fotos: Arriba, de derecha a izquierda, miembros del grupo de muestreo perforan el lecho de rocas coralinas en Fangataufa; se acopian muestras de rocas en Mururoa; se toman muestras de agua en la laguna de Mururoa; se emplaza un espectrómetro gamma para lecho marino en la laguna de Mururoa; y se acopian muestras de sedimento en la laguna de Fangataufa.

(Cortesía: Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, OIEA-MEL)

Para evaluar la exposición potencial por inhalación, se examinaron las muestras tomadas de los filtros de aire utilizados para recoger aerosoles o partículas radiactivas puestas nuevamente en suspensión. Los filtros se recogían diariamente y se analizaban en Mururoa para determinar su actividad alfa y beta brutas; después fueron enviados a los laboratorios de Seibersdorf donde se midió su actividad gamma, y luego los redujeron a cenizas para determinar la actividad alfa y beta.

Siempre que fue posible, se tomaron muestras de tierra vegetal y de los perfiles de profundidad para estimar la contaminación total de la superficie y evaluar la transferencia de radionucleidos a través del suelo.

En las regiones donde no existía suelo, se recogieron corales sueltos y muestras de arena. La arena y las rocas sueltas de la playa están sujetas a la perturbación y a la mezcla por la acción de las olas y las tormentas. Por tanto, se consideró que el procedimiento más adecuado para obtener información no sesgada era tomar muestras aleatorias y después mezclarlas para conseguir una muestra compuesta que representara la zona en general.

Se recogieron testigos de rocas coralinas para investigar la migración descendente de los radionucleidos que inicialmente se depositaron en la superficie. El perfil de concentración vertical también fue un parámetro importante para calcular el inventario general de radionucleidos mediante espectrometría gamma *in situ*.

En Mururoa y Fangataufa, no prosperan la vegetación ni los frutos, excepto unos cuantos especímenes en jardines privados muy pequeños que utilizan tierra transportada desde otros lugares de la Polinesia Francesa. No obstante, se consideró conveniente obtener

alguna información, aunque fuera indirecta, sobre las características de la transferencia de radionucleidos del suelo a las plantas, que una población hipotética residente podría cultivar. Por tanto, en ausencia de legumbres y hortalizas, se tomaron y se analizaron, en su lugar, muestras de hojas de árboles y arbustos. En el caso de los cocos, se obtuvieron datos más específicos. Los cocoteros fueron introducidos en Mururoa hace unos cien años. Como constituyen una parte muy importante de la dieta de los polinesios, se recogieron cocos en varios lugares de Mururoa, en Tureia y en algunos lugares aislados de Fangataufa. Los cocos se seleccionaron por su grado de madurez, para obtener muestras de su agua y masa (copra).

En varios lugares de los dos atolones, se realizaron 106 mediciones por espectrometría gamma *in situ* con detectores de germanio de gran pureza, con el objetivo de reunir información sobre los inventarios, superficial y subsuperficial, de los radionucleidos de plutonio 239, americio 241, cobalto 60, cesio 137 y europio 155.

Se realizaron análisis de espectrometría gamma en 192 muestras, mientras se analizaron radionucleidos emisores alfa y beta en 178 muestras. Las mediciones se hicieron por duplicado y triplicado como parte de las medidas de validación y control de calidad, lo que dio por resultado un total de 941 determinaciones individuales en el caso de los radionucleidos emisores alfa (plutonio 238, plutonio 239 y 240 y americio 241), 78 determinaciones en el caso del estroncio 90, y 2520 resultados respecto de los distintos radionucleidos emisores gamma.

El proceso completo de muestreo, preparación, almacenamiento y distribución fue

ejecutado bajo estrictas medidas de garantía de calidad.

RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO TERRESTRE

Desde el comienzo mismo, se reconoció que una campaña de sólo unas semanas de duración, únicamente podría proporcionar muestras relativamente limitadas. A su vez, ello inevitablemente se traduciría en algunas diferencias en las concentraciones de radionucleidos entre las muestras puntuales tomadas durante la campaña y los conjuntos de datos mucho más amplios, acumulados en las campañas de vigilancia realizadas por los franceses durante varios años. Sobre la base de las anteriores experiencias analíticas del OIEA, se esperaba encontrar algunas diferencias por varias razones y, por tanto, las coincidencias en la gama de valores pudieran considerarse una buena medida de acuerdo.

Los resultados del Estudio de Mururoa se compararon con los resultados de los franceses en cuanto a gamas de actividad. Los resúmenes de las gamas observadas en el caso del plutonio 239 y 240 y el cesio 137 muestran que en la mayoría de las combinaciones de lugares y tipos de muestras, las gamas coinciden y, por ende, hay una adecuada correspondencia. No obstante, se observaron algunas discrepancias. Aunque son de menor importancia desde el punto de vista del riesgo radiológico, vale la pena examinarlas brevemente.

En la región de Irene (extremo occidental del aeródromo), las concentraciones de actividad de aerosoles medidas en el caso de los isótopos de plutonio fueron de 2 mBq/m³, mientras los franceses notificaron un valor de 0,11 mBq/m³, medido en el extremo oriental

del aeródromo (Kathie). Ello puede atribuirse a que los franceses utilizaron alguna grava contaminada de la región de Colette en la construcción del aeropuerto. Por eso, no sorprendió que se pusieran nuevamente en suspensión algunas partículas, lo que provocó una elevada actividad ocasional en algunas muestras de aire.

En la región de Faucon, en tres muestras de tierra vegetal se observaron concentraciones de plutonio 239 y 240 que fluctuaban entre 1200 y 1600 Bq/kg, es decir, considerablemente superiores a los valores de los franceses, que oscilaban entre 0,6 y 360 Bq/kg. Esta diferencia puede atribuirse a la heterogeneidad en pequeña escala de la distribución de radionucleidos en esta región.

Cerca de la zona donde se llevaron a cabo las pruebas de seguridad (región de Colette), se identificaron puntos calientes y partículas calientes que contenían plutonio 239 y americio 241. (Véase el artículo conexo de la página 43.) Las concentraciones de plutonio 239 y americio 241, medidas en la superficie, resultaron ser de unas dos a seis veces superiores a los valores obtenidos por los franceses en 1987, que oscilaron entre 1 y 3 MBq/m² en el caso del plutonio 239, y entre 20 y 70 kBq/m², en el del americio 241.

La diferencia se atribuyó a las diferentes técnicas de medición utilizadas por el grupo internacional del OIEA y los científicos franceses. El equipo internacional, que realizó un conjunto de mediciones más limitadas, empleó la espectrometría gamma *in situ*, que exige más tiempo, y utilizó un detector de germanio de alta resolución colocado a una distancia fija del suelo (un metro), y aprovechó las diferentes energías gamma del plutonio 239 y del americio

241. Por tanto, los niveles de actividad obtenidos por el grupo del OIEA pueden considerarse más representativos de la situación imperante en ese momento.

Estas mediciones también indicaron que la relación de actividad del plutonio 239 y 240 con respecto al americio 241 se agrupó en torno a dos valores: 45 y 60. Ello probablemente reflejó la diferencia de edad y pureza del plutonio utilizado en las pruebas de seguridad. Sin embargo, cabe señalar que las tasas de dosis externas, calculadas a partir de estas mediciones, efectuadas con la espectrometría gamma *in situ*, sólo llegaron a unos cientos de microSv anuales.

En la región de Kilo, en el atolón de Fangataufa, el grupo internacional midió las concentraciones más altas de cesio 137 y estroncio 90 en la masa y agua de coco. Estos niveles de actividad pueden considerarse irrelevantes desde el punto de vista del peligro radiológico: son mucho menores (en un factor de tres) que los niveles de actividad natural del potasio 40, detectados en todas las muestras de agua de coco.

En el atolón habitado de Tureia, el equipo midió los niveles de actividad del plutonio 239 y 240, del cesio 137 y del estroncio 90 en las muestras de suelo, vegetación y coco. En general, todos se consideraron bajos y carentes de importancia radiológica.

En conclusión, se determinó que las concentraciones de actividad medidas en la campaña de muestreo terrestre del Estudio concordaron con los datos franceses. Por eso, pudieran considerarse una descripción amplia y fiable de los niveles de materiales radiactivos artificiales presentes en el medio ambiente terrestre de los atolones.

LA CAMPAÑA DE MUESTREO MARINO

El mandato del Grupo de trabajo encargado de la toma de muestras marinas, coordinado por el MEL, incluyó un examen de los datos suministrados por las autoridades francesas sobre las distribuciones de radionucleidos en el medio ambiente del litoral y del sublitoral de los atolones. Se perseguía el doble objetivo de realizar una labor nueva e independiente de vigilancia en los atolones y en sus alrededores, con vistas a validar los actuales datos de Francia. Al mismo tiempo, la labor de vigilancia proporcionaría un conjunto de datos, representativos y de alta calidad, sobre las concentraciones actuales de radionucleidos en el medio ambiente marino.

Con el objetivo de tomar muestras acuáticas, del 1º al 27 de julio de 1996, se organizó la expedición a Mururoa y Fangataufa. El trabajo se preparó para tomar muestras pertinentes y comparables de agua, biota y sedimento de las lagunas de los atolones, así como del océano circundante. Los resultados alcanzados, junto con los datos de la intercomparación anterior, realizada por el OIEA, evaluados en 1994, se utilizaron para validar los datos mucho más amplios, obtenidos en las campañas de vigilancia llevadas a cabo por los franceses.

En la campaña de muestreo marino participaron cinco investigadores de laboratorios de los Estados Miembros del OIEA y cuatro del MEL. El grupo trabajó en cinco barcos simultáneamente. El tratamiento previo de las muestras se efectuó en cuatro laboratorios independientes en Mururoa.

Al igual que en la campaña de muestreo terrestre, todas las muestras se tomaron por triplicado. Se recogieron más de

300 muestras (de agua de las lagunas, agua de mar, agua intersticial contenida en los sedimentos, corales y biota). Se acopiaron, procesaron, envasaron y transportaron, hasta Mónaco, unos 13 000 litros de agua y una tonelada de muestras sólidas para distribuirlos entre diez laboratorios analíticos de ocho países.

Se utilizó la espectrometría gamma subacuática en las mediciones *in situ* de la actividad gamma de los sedimentos. El objetivo del estudio era determinar las zonas más contaminadas y orientar la posterior toma de muestras. El estudio se llevó a cabo dentro de las lagunas de los atolones de Mururoa y Fangataufa. Como la accidentada topografía del fondo no permite el arrastre de ningún dispositivo bentónico, las mediciones se hicieron en una discreta red de puntos, situados mayormente en líneas que cortaban transversalmente las zonas de mayor contaminación identificadas por los franceses.

El estudio del grupo evaluó las tasas de recuento gamma debidas al cobalto 60 y al cesio 137, cuyas distribuciones en los sedimentos de las lagunas, debido a diferentes orígenes y geoquímica, no son necesariamente las mismas que en el caso del plutonio. Sin embargo, las investigaciones francesas anteriores mostraron que se correlacionan con las modalidades de distribución del plutonio.

Después del estudio, se tomaron muestras en los lugares donde se determinó que existían niveles máximos de contaminación local. Después se llevaron a cabo análisis de calibración y correlación para calcular los inventarios de cobalto 60 y cesio 137 a partir de las mediciones *in situ*, y estimar los inventarios de cobalto 60 y plutonio 239 y 240 en los sedimentos de las lagunas.

La espectrometría gamma subacuática, muy avanzada, resultó ser una técnica eficaz para identificar, en el lugar, las zonas con los niveles más elevados de contaminación del fondo marino. De otra manera, el proceso habría exigido una secuencia más prolongada de muestreo, preparación de muestras y conteo.

Una red de laboratorios marinos realizó la labor analítica. Además del OIEA-MEL, la red incluyó seis laboratorios, de renombre internacional que proporcionan datos de alta calidad y que están ubicados en Alemania, Australia, Dinamarca, los Estados Unidos, Nueva Zelandia y el Reino Unido. Todos participaron en los ejercicios de intercomparación regulares organizados por el MEL, y en su trabajo específico demostraron buena competencia analítica en las pruebas de eficiencia, organizadas con fines concretos.

RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO MARINO

Esta campaña corroboró la disponibilidad de una amplia cantidad de datos y proporcionó información científica adicional. Se comprobó que las concentraciones de actividad de los radionucleidos en el medio acuático eran generalmente bajas y comparables con los datos notificados por los franceses.

Se pudieron medir el estroncio 90 y el cesio 137 residuales en el medio ambiente de las dos lagunas, pero las concentraciones fueron muy bajas. Las actividades típicas fueron: en las aguas de las lagunas, unos 2 Bq/m³ (sólo marginalmente por encima del nivel que, por lo general, predomina en el Pacífico Sur debido a la precipitación mundial); y en los peces de las lagunas, menos

de 0,3 Bq/kg en el caso del cesio 137 y mucho más baja en el del estroncio 90 (en comparación, la actividad del potasio 40 radiactivo natural, presente en los peces, es del orden de los 100 Bq/kg).

En cuanto a supuestos residentes en el atolón de Mururoa, el contribuyente más significativo a las dosis sería el plutonio 239 y 240. Los niveles de plutonio fueron de alrededor del 0,3 Bq/m³ en las aguas de las lagunas, 0,01 Bq/kg en los peces, 0,08 Bq/kg en los crustáceos y 0,8 Bq/kg en los moluscos de las lagunas (casi 100 veces las concentraciones de estos radionucleidos en el océano y en la biota oceánica comparable, resultante de la precipitación mundial). Sin embargo, desde el punto de vista radiológico, todas estas concentraciones de actividad son muy bajas y carecen de importancia radiológica.

Los analistas encontraron evidencia de una tendencia cronológica en las concentraciones de tritio, estroncio 90, cesio 137 y plutonio 239 y 240 en el agua de la laguna. El confinamiento no fue igualmente eficaz en los 137 ensayos nucleares subterráneos, y dadas las elevadas concentraciones de tritio, que han existido durante varios años, es evidente que ha estado ocurriendo alguna filtración de tritio en las dos lagunas. Eso quedó confirmado por los datos, facilitados por la Oficina Francesa de Enlace, sobre los niveles de tritio y su distribución en las rocas carbonatadas de los dos atolones.

Las mediciones realizadas en 1996 indican que los niveles de tritio en las lagunas pueden estar comenzando a disminuir (sin embargo, esta disminución puede cambiar en la laguna de Mururoa a medida que el tritio procedente de los ensayos nucleares subterráneos emigre hacia el agua de la laguna). En

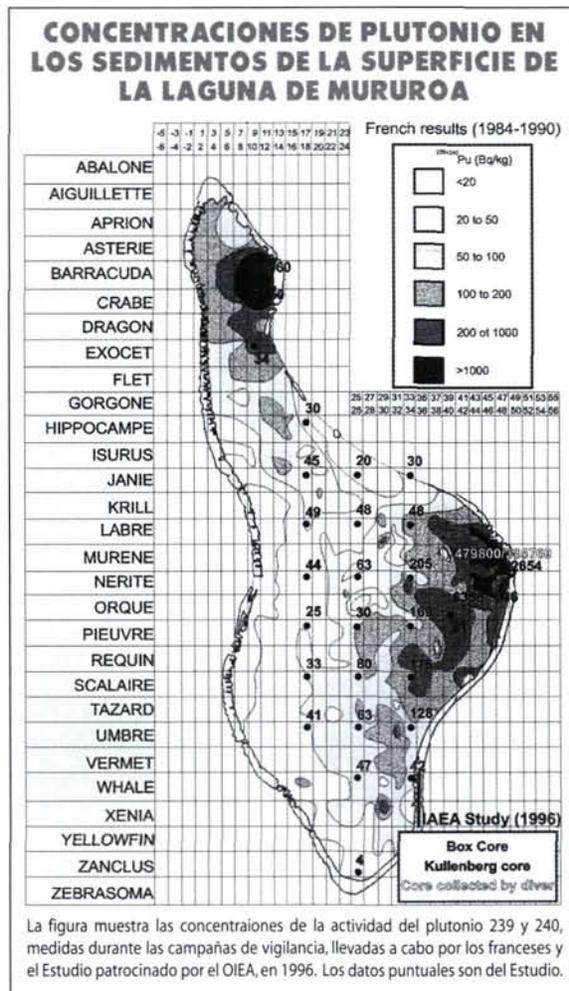
la actualidad, los niveles de estroncio 90 pueden indicar un ligero incremento. Los niveles de cesio 137 y plutonio 239 y 240 han venido disminuyendo durante algunos años, más rápido de lo que cabría esperar cuando sólo interviene la desintegración radiactiva.

El radionucleido predominante que se observó en los sedimentos de las lagunas fue el plutonio 239 y 240. Las concentraciones en la superficie oscilaron entre unas cuantas decenas de Bq/kg de sedimento en la parte central de las lagunas hasta unos cuantos miles de Bq/kg en Denise y Dindon, en Mururoa, y en Fregate, en los puntos calientes de Fangataufa, abandonados después de los ensayos en barcaza.

Las concentraciones más altas de plutonio 239 y 240 se observaron en el sedimento de la orilla de la región de Colette (hasta unos 500 000 Bq/kg) que fue contaminado por las pruebas de seguridad.

CONCLUSIONES GENERALES

En general, las campañas de muestreo del Estudio de Mururoa permitieron comprobar que el medio ambiente terrestre y acuático de los atolones de Mururoa y Fangataufa, a los que las personas pueden acceder, contienen materiales radiactivos residuales que pueden atribuirse a los ensayos nucleares. Sin embargo, estos materiales se encuentran en concentraciones generalmente bajas que carecen de importancia radiológica.



No obstante, hay algunos aspectos destacados cuyas consecuencias radiológicas pueden resultar de interés:

■ En general, hubo una correspondencia bastante buena entre los resultados del Estudio y los datos franceses. Se observó una disminución de las concentraciones de radionucleidos en las lagunas en comparación con los datos franceses. Las concentraciones de radionucleidos en la biota fueron bajas y concordaron con los anteriores datos del OIEA y de Francia.

■ En la zona de los polígonos de ensayos —los motu Colette, Ariel y Vesta en el atolón de Mururoa— quedan partículas que contienen plutonio y pequeñas cantidades de americio

resultantes de las pruebas atmosféricas de seguridad.

■ Se encontraron niveles elevados de cesio 137 (aproximadamente 1 kBq/kg) en pequeñas zonas que totalizan varias hectáreas de la corona Kilo-Empereur de Fangataufa.

■ Algunos kilogramos de plutonio derivados de los ensayos nucleares atmosféricos, realizados en los atolones, permanecen en los sedimentos debajo de la laguna de cada atolón. Una parte del plutonio contenido en los sedimentos de la laguna del atolón de Mururoa proviene de las pruebas atmosféricas de seguridad. El inventario total de plutonio 238, 239 y 240 de las dos lagunas se estimó en unos 30 Tbj. Los inventarios de americio 241, cesio 137, europio 155 y cobalto 60 están por debajo de 1 Tbj (cada uno).

■ Se observó que las concentraciones de tritio, estroncio 90, cesio 137 y plutonio 239 y 240 en cada una de las lagunas eran superiores a las del océano abierto, como resultado de la lixiviación de los sedimentos (los últimos tres radionucleidos) y de contribuciones de fuentes subterráneas (los dos primeros radionucleidos). Las tasas estimadas de liberación de radionucleidos de las dos lagunas hacia el océano abierto fueron (en Tbj/año): 6 en el caso del tritio, 0,03 del estroncio 90, 0,01 del cesio 137 y 0,01 del plutonio 238 y plutonio 239 y 240.

■ Se comprobó que los coeficientes de distribución y los factores de concentración utilizados en las dos lagunas estaban dentro de la gama de valores que recomienda el OIEA. □

RESIDUOS RADIACTIVOS PROCEDENTES DE LOS ENSAYOS SUBTERRANEOS CON ARMAS: LA EVALUACION DE MURUROA MIGRACION DE RADIONUCLEIDOS A TRAVES DE LA GEOSFERA

POR ROBERT FRY, DES LEVINS Y ERNST WARNECKE

Tras abandonar los ensayos nucleares atmosféricos en 1974, el Gobierno de Francia realizó, entre 1975 y 1996, otros 147 experimentos nucleares debajo de los atolones de Mururoa y Fangataufa. De estos experimentos, diez fueron pruebas de seguridad (diseñadas para simular condiciones de accidentes) con poca o ninguna potencia nuclear.

En Mururoa y Fangataufa, no se realizó ninguna explosión subterránea con dispositivos nucleares de muy alta potencia. Ninguno de ellos excedió los 150 kilotonnes y, según el Gobierno de Francia, la liberación total de energía de todos los ensayos fue de 3,2 megatonnes. (*Véase el cuadro de la página 32.*) En el mundo, se han realizado más de 1800 ensayos nucleares subterráneos con una potencia total de 90 megatonnes, treinta veces la potencia notificada de los ensayos subterráneos franceses.

En los ensayos nucleares atmosféricos, la mayor parte del material radiactivo se dispersa en la atmósfera superior y, a la larga, se deposita mundialmente en forma de precipitaciones radiactivas. En cambio, los materiales radiactivos residuales, procedentes de los ensayos subterráneos quedan, en gran medida, confinados dentro de la roca hospedante, aunque existen posibilidades de una liberación de radionucleidos al medio ambiente local. Al evaluar las consecuencias radiológicas de los ensayos subterráneos, es necesario estimar las futuras liberaciones de radionucleidos desde la geosfera hacia el medio ambiente accesible en períodos

que normalmente se extienden a 10 000 años o más.

Estimar las tasas de liberación de radionucleidos desde la geosfera fue una de las tareas más complejas y desafiantes de todo el Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa. Si bien el medio geológico de los atolones es, en muchas formas, único, la metodología empleada en el Estudio es aplicable a la evaluación de la migración de radionucleidos desde otros polígonos de ensayos subterráneos.

GEOLOGIA DE LOS ATOLONES

Desde una vista aérea, los atolones parecen ser menudos anillos de coral, situados a sólo pocos metros por encima del nivel del mar. En realidad, son masivas montañas submarinas volcánicas que se elevan a unos cuatro kilómetros del lecho marino y están cubiertas de varios cientos de metros de roca carbonatada (derivada de las acreciones coralinas).

Las erupciones volcánicas que condujeron a la formación de los atolones ocurrieron hace unos 11 millones de años. Alimentados por un punto caliente de la corteza terrestre, los volcanes aumentaron de tamaño y alcanzaron la superficie oceánica manteniéndose, durante algún tiempo, como volcanes subaéreos. Cuando la actividad volcánica cesó, las estructuras se sumergieron lentamente debido a su enorme peso y a la condición isostática de la Plataforma del Pacífico subyacente. Durante los períodos de glaciación, el nivel del

mar descendió hasta 120 metros, lo cual destruyó los corales y expuso el carbonato a los efectos de la erosión y lixiviación provocadas por la lluvia. Es muy probable que los karsts (zonas interconectadas de gran permeabilidad), característicos de las rocas carbonatadas, se hayan formado durante esos períodos de glaciación.

Actualmente, las rocas volcánicas están cubiertas de hasta 450 metros de roca carbonatada, cuyas partes inferiores se han convertido en dolomita debido a los procesos de intercambio diagenético con las aguas circundantes.

La base volcánica de los atolones consta de una extensa red de fisuras de diversos tamaños, básicamente lineales. Se formaron vías conductoras por una diversidad de mecanismos, por ejemplo, las intrusiones magmáticas de gran escala, los procesos de contracción del enfriamiento y fracturas más extensas (diques y capas intrusivas) producidas por inyecciones magmáticas que ocurrieron después de enfriarse la masa de roca volcánica inicial. Esta red de fracturas es el principal conducto de transporte del agua (y de radionucleidos).

El Sr. Fry fue Gerente Técnico del Proyecto del OIEA para el Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa. El Sr. Levins, de la Organización de Ciencia y Tecnología Nucleares de Australia, fue Presidente del Grupo de Tareas B del Estudio. El Sr. Warnecke, funcionario del OIEA de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos, participó en el Grupo de Trabajo 3 del Estudio.

Las superficies de conductos en basalto, inicialmente grandes, sufren cambios químicos debidos a los flujos de agua y, a la larga, pueden quedar sellados, en parte, por productos de alteración como la arcilla y la calcita. Estos productos se caracterizan por tener una gran superficie y excelentes propiedades retentivas en algunos radionucleidos, sobre todo los elementos actínidos. Por tanto, desempeñan un papel importante en la retardación del transporte de radionucleidos a través de la geosfera.

ENSAYOS NUCLEARES Y LUGARES DONDE SE REALIZAN

La explosión nuclear subterránea funde y vaporiza la roca volcánica de los atolones en la zona inmediata al punto de detonación, formándose una cavidad casi esférica y un depósito lenticular de roca volcánica fundida al fondo de la cavidad que al enfriarse forma una lava vítrea.

La masa del material vaporizado en una explosión nuclear es de unas 80 toneladas por potencia de kilotón. La cantidad de lava que se forma varía entre 500 y 1000 toneladas por potencia de kilotón, según la característica de la roca y su contenido de humedad.

Las autoridades francesas no comunicaron al equipo del Estudio el lugar exacto de cada uno de los 147 ensayos subterráneos. Sin embargo, sí entregaron un plan de cada atolón que muestra las zonas, la cantidad, la potencia máxima y la potencia total de ensayos en cada zona.

Todos los ensayos nucleares tuvieron lugar en la roca volcánica a profundidades que fluctúan entre 500 y 1100 metros. De las diez pruebas de seguridad, todas se realizaron en una zona de Mururoa y siete en las rocas carbonatadas a profundidades de más de 280 metros. La potencia

nuclear fue baja en tres de las pruebas de seguridad efectuadas en las rocas carbonatadas.

No todos los ensayos tuvieron igual eficacia en la retención de los radionucleidos producidos por la explosión nuclear. Para facilitar los cálculos, los discretos términos fuente se agruparon en siete categorías:

Categoría 1. Un total de 121 ensayos normales para los que había suficiente grosor de roca volcánica, básicamente no dañada, por encima del techo de cada chimenea de ensayo a fin de lograr un buen confinamiento.

Categoría 2. Cuatro ensayos con un grosor de cubierta aparentemente suficiente, pero con deficiencias en la cubierta volcánica.

Categoría 3. Doce ensayos en los que la cavidad-chimenea alcanzó la parte superior de la roca volcánica.

Categoría 4. Tres pruebas de seguridad en las que hubo una potencia de fisión (muy baja), a por lo menos 280 metros de profundidad en la roca carbonatada.

Categoría 5. Cuatro pruebas de seguridad en las que no hubo potencia de fisión, a por lo menos 280 metros de profundidad en la roca carbonatada.

Categoría 6. Tres pruebas de seguridad en la roca volcánica en las que no hubo potencia de fisión.

Categoría 7. Dos pozos de evacuación excavados a profundidad en la roca volcánica, en cada uno de los cuales se evacuaron desechos que contenían 3,7 kilogramos de plutonio.

En la práctica, se comprobó que la mayor parte de la liberación a la biosfera podía atribuirse a cuatro categorías: las categorías 2,3,4 y 5.

INVENTARIO DE RADIONUCLEIDOS

El primer paso para estimar la tasa de migración de radionucleidos es determinar el inventario de

radionucleidos en el subsuelo. Los científicos franceses proporcionaron datos sobre los límites superiores de la potencia de cada zona de ensayo, que se verificaron por separado utilizando datos sísmicos independientes para cada ensayo, obtenidos en la estación sísmica de Rarotonga en las Islas Cook. Hubo una excelente correspondencia entre los datos franceses y las estimaciones del OIEA, lo que indica claramente que, de hecho, los límites superiores proporcionados por los franceses se acercaron mucho a los valores reales.

El inventario de radionucleidos se estimó a partir de las potencias haciendo algunas suposiciones razonables sobre la proporción de la energía procedente de la fisión del plutonio 239, el uranio 235, el uranio 238 y de la fusión de los isótopos de hidrógeno. En estas estimaciones también hubo una buena correspondencia con la información presentada por las autoridades francesas. (Véase el cuadro de la página siguiente.)

HIDROGEOLOGIA DE LOS ATOLONES

Las zonas volcánica y carbonatada de los atolones están saturadas de agua. En esencia, la circulación del agua subterránea en los atolones está regida por fuerzas hidrostáticas que se deben al flujo geotérmico que calienta el sistema desde abajo. Aguas oceánicas frías y más densas penetran a profundidad desde los flancos del atolón, fluyen hacia las regiones centrales más cálidas, se calientan gradualmente, se vuelven más ligeras y se mueven hacia el interior de la laguna. La gran permeabilidad dentro de las formaciones carbonatadas motiva grandes flujos centripetos de agua fría, casi horizontales.

Después de una explosión nuclear, el estado natural, previo al ensayo, de la hidrología existente en las inmediaciones

de la cavidad-chimenea se transforma debido al aumento de la permeabilidad y el calentamiento del agua y la roca. Como resultado de ello, aumenta el flujo ascendente del agua procedente de la cavidad-chimenea hacia el medio ambiente accesible.

Una vez establecido el equilibrio térmico, la temperatura de la cavidad-chimenea es de unos 25^o a 50^o C por encima de la temperatura ambiente. Este aumento de temperatura no depende, en lo esencial, de la potencia del ensayo. La temperatura de la cavidad-chimenea disminuirá lentamente al transcurrir unos cientos de años por los efectos combinados de la convección y la conducción.

En cuanto al flujo de las aguas subterráneas debajo del atolón de Mururoa, las velocidades son mayores en las inmediaciones de cada ensayo y en las rocas carbonatadas más permeables. El flujo en la roca carbonatada también se ve afectado por las fluctuaciones de la marea que mezclan, de forma eficaz, el agua en la zona carbonatada (sobre todo en los karsts) y, por tanto, influyen en la tasa de liberación de radionucleidos hacia la laguna y directamente al océano.

MIGRACION DE RADIONUCLEIDOS

Antes de que los radionucleidos puedan emigrar a través de la geosfera, deben estar presentes en la fase acuosa. Dadas las altas presiones existentes en las profundidades, los radionucleidos volátiles o gaseosos (como el tritio, los gases nobles y el yodo), inicialmente presentes en la fase gaseosa, se disolverán en el agua.

Sin embargo, la mayoría de los radionucleidos quedan atrapados en la lava o absorbidos en los escombros. Los datos obtenidos en los experimentos demuestran que la liberación de radionucleidos desde la lava y los escombros ocurre por dife-

INVENTARIO DE DETERMINADOS RADIONUCLEIDOS DE PERIODO LARGO PRESENTES EN LOS ATOLONES DE MURUROA Y FANGATAUFA

Radionucleido	Datos del Estudio(TBq)		
	Mururoa	Fangataufa	Total
Tritio	232 000	48 000	280 000
Carbono 14	25	2,6	28
Cloro 36	1,3	0,4	1,7
Calcio 41	1,0	0,3	1,3
Níquel 59	2,9	0,9	3,8
Níquel 63	340	110	450
Selenio 79	0,008	0,003	0,011
Criptón 85	670	380	1000
Estroncio 90	7300	3500	10 800
Circonio 93	0,23	0,09	0,32
Tecnecio 99	1,9	0,6	2,5
Paladio 107	0,18	0,03	0,21
Yodo 129	0,0047	0,0014	0,0061
Cesio 135	0,20	0,07	0,27
Cesio 137	10 700	4100	14 800
Europio 152	230	100	330
Neptunio 237	0,22	0,03	0,25
Plutonio 238	185	15	200
Plutonio 239	1030	70	1100
Plutonio 240	280	20	300
Plutonio 241	6200	620	6800
Americio 241	350	30	380

COMPARACION DE LAS ESTIMACIONES DE LA POTENCIA DE LOS ENSAYOS NUCLEARES SUBTERRANEOS

Lugar	Cantidad de ensayos	Energía total (equivalente de TNT expresado en kilotonnes)	
		Estimaciones del Estudio	Valores franceses
Corona de Mururoa	83	970	<1060
Laguna de Mururoa	54	1443	<1450
Corona de Fangataufa	2	39	<20
Laguna de Fangataufa	8	731	<750
Total	147	3183	<3280

rentes mecanismos. La lixiviación de la lava es un lento proceso de tasa limitada, mientras la liberación desde los escombros se supone que sea un proceso de equilibrio controlado entre las aguas subterráneas y los radionucleidos absorbidos en superficies sólidas.

En el Estudio, se empleó un modelo de porosidad doble para estimar las tasas de transporte de radionucleidos desde la cavidad de ensayo a la formación carbonatada. Se efec-

tuaron cálculos con 32 radionucleidos y se prestó especial atención a cuatro radionucleidos clave: plutonio 239, cesio 137, estroncio 90 y tritio.

Como parte del análisis, se inició un programa de muestreo independiente de las aguas subterráneas, a fin de verificar los resultados de mediciones más amplias realizadas por científicos franceses y comparar los pronósticos del equipo del Estudio con las concentraciones medidas de radionucleidos. Se tomaron

muestras del interior de la cavidad-chimenea de dos ensayos y en otros nueve lugares dentro de las formaciones carbonatadas.

Hubo una buena correspondencia entre los datos proporcionados por los franceses y los resultados del Estudio. Se comprobó que las concentraciones de plutonio o bien se aproximaban a los límites de detección o no eran detectables, incluso dentro de las cavidades-chimeneas. Se llegó a la conclusión de que el plutonio queda eficazmente retenido dentro de la lava vítrea que se forma debido a la explosión nuclear, aunque en el Estudio se mantuvo conservadoramente la hipótesis inicial de que el 5% se deposita en los escombros.

A partir de los resultados del muestreo subterráneo, se hicieron estimaciones de los inventarios de radionucleidos dentro de zonas específicas de las formaciones carbonatadas. Los radionucleidos presentes en esas formaciones pueden ser liberados a la biosfera, ya sea por el flujo subterráneo hacia el interior de las lagunas o por el flujo que se establece en las capas kársticas y hacia el océano, a unos 300 metros de profundidad.

Aunque las formaciones carbonatadas son bastante permeables, también constituyen grandes depósitos de agua y el tiempo de permanencia medio es mucho mayor que el período de semidesintegración de algunos radionucleidos como el tritio, el estroncio 90 y el cesio 137.

Se evaluaron dos modelos para describir la liberación a la biosfera: el modelo de porosidad uniforme y el modelo mixto.

En el modelo mixto, la tasa de liberación a las lagunas o el océano es proporcional al inventario en las formaciones carbonatadas. Respecto de la transferencia en la laguna, la constante de proporcionalidad puede calcularse a

partir de las estimaciones del inventario actual de tritio en las formaciones carbonatadas y las mediciones de la elevación del tritio en las lagunas, lo cual corresponde a una tasa de liberación de un 0,12 % del inventario anual. En cuanto al océano, la tasa de liberación se ha estimado que es de un 5% anual sobre la base de datos limitados relativos a la dispersión lateral del tritio en las formaciones carbonatadas.

Con el uso del modelo mixto para la liberación desde las formaciones carbonatadas y el modelo de porosidad doble para el transporte a través de las formaciones volcánicas, los inventarios en las formaciones carbonatadas y las tasas de liberación a la biosfera se estimaron para varios cientos de años en el caso del tritio, el estroncio 90 y el cesio 137, y para más de 100 000 años en el caso del plutonio 239.

La conclusión más importante derivada de estos pronósticos es que las futuras tasas de liberación del tritio, el estroncio 90 y el cesio 137 a las lagunas tienen pocas probabilidades de que sean mayores que las actuales tasas de liberación. Ya se han materializado las tasas de liberación máximas previstas a las profundidades oceánicas.

En el caso del plutonio 239, se prevé que las tasas de liberación máximas desde fuentes subterráneas ocurra, en el futuro, durante un período de 5000 a 10 000 años, pero se espera que sean inferiores a las actuales tasas de liberación en las lagunas, debido a la lixiviación de los sedimentos portadores de plutonio.

Según lo previsto a partir de los modelos descritos supra, las tasas de liberación en lagunas y océanos contribuyeron a la elaboración de modelos de dispersión marina de radionucleidos y, básicamente, a la estimación de las dosis sobre la base de la exposición a estos radionucleidos. (Véanse los artículos conexos de las páginas 34 y 38.)

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas de esta evaluación de la migración de radionucleidos desde fuentes subterráneas en los atolones de Mururoa y Fangataufa son las siguientes:

■ Las estimaciones independientes del Estudio sobre la liberación de energía y el inventario de radionucleidos procedentes de los ensayos subterráneos se correspondieron perfectamente con los valores franceses notificados.

■ Los ensayos nucleares traen como resultado un aumento de la permeabilidad de la roca que rodea el lugar donde se realice un ensayo nuclear.

■ En las rocas volcánica y carbonatada se produce un flujo natural ascendente de agua subterránea, que es más elevado en las inmediaciones de un ensayo nuclear.

■ El muestreo y análisis de las aguas subterráneas en dos cavidades-chimeneas de ensayos indica la presencia de una concentración de plutonio muy baja. La mayor parte del plutonio (>99%) queda eficazmente retenido dentro de la lava vítrea solidificada que se forma después de una explosión nuclear.

■ En las zonas carbonatadas se observan efectos de la marea que pudieran provocar cierta liberación de radionucleidos directamente en las profundidades oceánicas.

■ La mayor parte de los radionucleidos liberados a corto plazo proviene de una cantidad relativamente reducida de ensayos cuando no existe cubierta volcánica por encima de la cavidad-chimenea o cuando la cubierta es insuficiente.

■ Sólo una pequeña parte del inventario de radionucleidos escapa de la geosfera hacia el medio ambiente accesible. Las tasas de liberación más altas (en cuanto a la actividad) se deben al tritio, pero carecen de significación radiológica. Por lo general, las tasas de liberación de otros radionucleidos no son detectables en el medio ambiente, si se tienen en cuenta las grandes diluciones que se producen en las lagunas y el océano. □

DISPERSION DE RADIONUCLEIDOS RESIDUALES DESDE MURUROA Y FANGATAUFA HACIA EL OCEANO DESDE LOS ATOLONES HACIA LOS MARES

POR PAVEL PETER POVINEC Y EKKEHARD MITTELSTAEDT

La elaboración de modelos del transporte de radionucleidos a través del medio marino es un ejercicio complejo. Como parte del Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa, los científicos investigaron la dispersión de radionucleidos tras su liberación desde las lagunas de Mururoa y Fangataufa y las fuentes subterráneas. La investigación incluyó los procesos de mezcla en las lagunas, la descarga en el océano y el transporte hacia las costas de islas vecinas y continentes distantes.

En el presente artículo se destaca la labor realizada durante el Estudio a fin de evaluar la dispersión de radionucleidos residuales en el océano y se resumen los principales resultados.

METODOLOGIA Y ENFOQUES

A los efectos de la elaboración de modelos, la superficie en torno a la fuente de radiactividad (es decir, el punto donde los radionucleidos son liberados al medio marino) se dividió en tres zonas importantes: el campo cercano (las lagunas); el campo regional (en sentido amplio, la superficie de la Polinesia Francesa), y el campo lejano (el Pacífico Sur más allá del campo regional).

A fin de comprender la dinámica de las aguas y los sedimentos en el campo cercano, el Grupo de Trabajo sobre la elaboración de modelos marinos del Estudio de Mururoa elaboró dos modelos. Se utilizó un modelo de la mezcla del agua para estimar las concentraciones de radionucleidos en las lagunas res-

pecto de determinadas liberaciones desde fuentes subterráneas hacia las lagunas y las tasas de flujo de los radionucleidos desde las lagunas hacia el océano circundante.

Se elaboró un modelo de sedimentos para pronosticar el movimiento de sedimentos entre las lagunas y el océano. Se hicieron estimaciones de la cantidad de sedimentos, y la cantidad correspondiente de plutonio, que abandonan las lagunas anualmente en condiciones meteorológicas normales o bajo tormentas violentas.

Se evaluaron las tasas de liberación de radionucleidos desde los sedimentos de las lagunas, lo que se tradujo en estimaciones de las tasas de liberación de plutonio, cesio 137, estroncio 90 y tritio desde las lagunas hacia los océanos como función del tiempo.

Se utilizaron tres modelos compartimentados para estimar la dispersión de radionucleidos en el campo regional. Estos modelos abarcan diferentes superficies con resoluciones diferentes, y cada uno tiene determinadas ventajas y desventajas. En su conjunto, muestran la incertidumbre probable en las estimaciones de dispersión y aumentan la solidez de las conclusiones.

Se evaluaron el transporte y la dispersión en el campo lejano mediante un modelo predictivo de la circulación mundial de los océanos.

Los resultados de estos modelos constituyen estimaciones de las concentraciones de radionucleidos en el océano como función del tiempo y el lugar. Estas concentraciones se emplea-

ron a fin de estimar las dosis para la población real e hipotética en diversos lugares y momentos en el futuro.

ELABORACION DE MODELOS DE LAS LAGUNAS

Los radionucleidos presentes en el agua de las lagunas provienen de la lixiviación del material radiactivo desde los sedimentos de las lagunas y de la migración del material desde las fuentes subterráneas. Sus concentraciones en el agua de las lagunas se determinarán mediante la tasa de liberación hacia las lagunas y el ritmo de intercambio del agua de las lagunas con el océano. Si los radionucleidos son liberados hacia la laguna, las primeras dos etapas del proceso de dispersión son la mezcla en la laguna y el intercambio del agua de las lagunas con el océano. Se elaboró un modelo hidrodinámico de circulación en las lagunas, y se calculó el tiempo medio de renovación en relación con el intercambio del agua con el océano. Se estimó que el tiempo de renovación, como promedio para todas las estaciones, era de 98 ± 37 días y de 33 ± 12 días en el caso de las lagunas de Mururoa y Fangataufa, respectivamente.

El Sr. Povinec es Jefe de la Sección de Radiometría del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino en Mónaco. El Sr. Mittelstaedt, del Organismo Marítimo e Hidrográfico Federal de Alemania, fue Presidente del Grupo de Trabajo sobre elaboración de modelos marinos del Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa.

El destino final de los sedimentos no consolidados en el fondo de las lagunas (y el plutonio presente en los sedimentos) es importante para evaluar las repercusiones a largo plazo de las condiciones radiológicas en los atolones.

Se elaboró un modelo del transporte de sedimentos en el caso de la laguna de Mururoa, lo que permitió hacer una estimación preliminar de la tasa de traslado anual media de los sedimentos bentónicos mediante el paso hacia el océano de 80 000 toneladas al año. Sin embargo, una tormenta ciclónica es capaz de trasladar grandes cantidades de sedimentos desde una laguna; una tormenta semejante pudiera trasladar cerca de 4×10^6 toneladas de sedimentos, principalmente por encima de la corona del atolón.

La tasa equivalente anual de liberación del plutonio desde esta fuente se estimó que era del orden de 0,1 TBq. Se espera que el término fuente disminuya con un período de semidesintegración real de unos diez años debido al enterramiento progresivo de los sedimentos portadores de plutonio por nuevos sedimentos.

TASAS DE LIBERACION DE RADIONUCLEIDOS

Se consideró que el tritio, el estroncio 90, el cesio 137 y el plutonio 239 y 240 eran los cuatro radionucleidos más importantes en el ejercicio de elaboración de modelos. Los analistas tomaron en cuenta las contribuciones tanto desde la lixiviación de los sedimentos de las lagunas como desde las fuentes subterráneas,

En cuanto al tritio (con un período de semidesintegración de 12,3 años), observado en forma de agua, no hay contribuciones desde los sedimentos. Las concentraciones observadas (de unos 200 Bq/m³, un factor de

dos por encima de la concentración oceánica de fondo), se atribuyen completamente a las fuentes subterráneas. Las concentraciones de tritio en las lagunas pueden mantenerse, en cierto modo, constantes durante los próximos decenios antes de disminuir lentamente.

En cuanto al estroncio 90, se espera que la lixiviación y las fuentes subterráneas contribuyan a las concentraciones. Aunque se observó una gran dispersión en datos anteriores sobre el estroncio 90, parece que las concentraciones de radionucleidos pudieran ser superiores a los niveles actuales durante algunos decenios, aunque no en más de un factor de dos.

En el caso del cesio 137, la liberación actual desde fuentes subterráneas está, en cierta medida, relacionada con la lixiviación de los sedimentos. Sus concentraciones en las lagunas han venido disminuyendo con un período de semidesintegración aparente de unos siete años y es poco probable que sobrepasen los niveles actuales en cualquier momento en el futuro.

En cuanto al plutonio, la lixiviación de los sedimentos de las lagunas es, actualmente, la única fuente significativa. Sobre la base de las observaciones, se estima que las concentraciones de plutonio en las lagunas disminuirán con un período de semidesintegración real de unos diez años.

Atendiendo a las mediciones de estos radionucleidos en las lagunas y el océano abierto, proporcionadas por el Grupo de Trabajo sobre la elaboración de modelos marinos, se estimaron las tasas de liberación actuales desde las lagunas y se hicieron predicciones para el futuro. No se trató de considerar a Mururoa y Fangataufa fuentes independientes, ya que, a nivel oceánico, se encuentran tan cerca una de otra que no es posible distinguirlas. Las libe-

raciones a través de las lagunas se consideran liberaciones superficiales; se da por sentado que las liberaciones directas hacia el océano tengan lugar a 400 metros de profundidad.

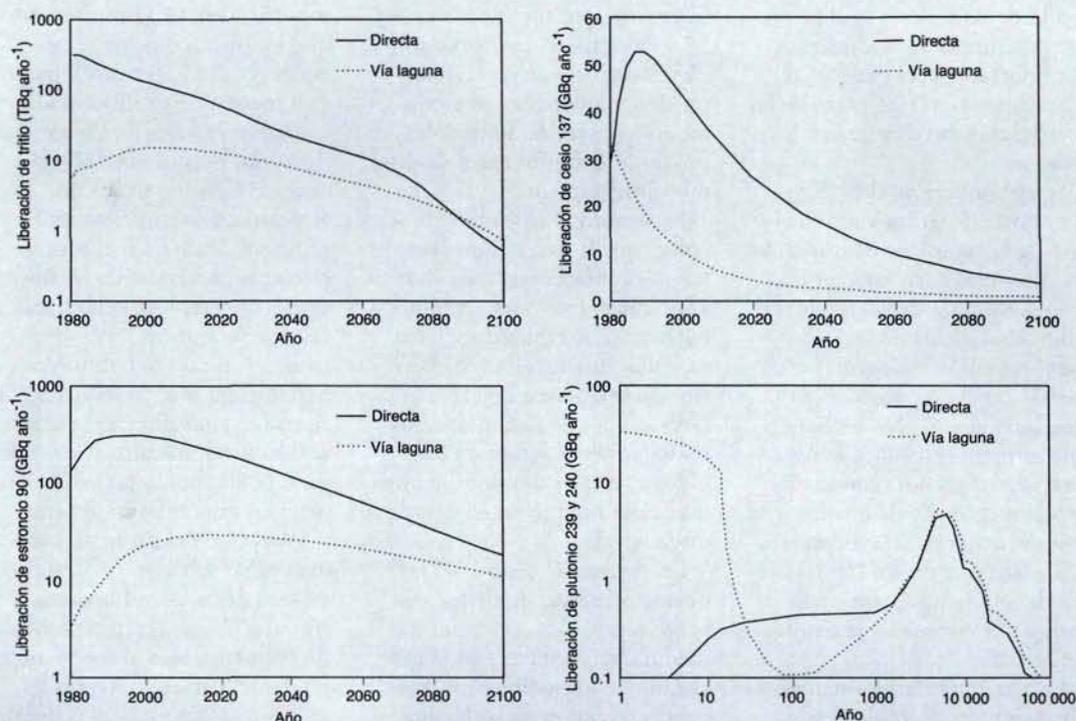
Las tasas totales de liberación del tritio, el estroncio 90 y el cesio 137 disminuirán con el tiempo, y la contribución principal desde las fuentes subterráneas provendrá de las liberaciones directas hacia el océano. (*Véanse los gráficos.*) Por otra parte, en el caso del plutonio, que migrará muy lentamente, la contribución subterránea alcanzará su nivel más alto al cabo de unos 6000 años, a un valor máximo muy inferior al actual.

En el caso del supuesto suceso disruptivo, es decir, un deslizamiento de rocas carbonatadas con una liberación instantánea de radionucleidos al medio marino desde fuentes subterráneas, las liberaciones estimadas fueron de 1 PBq para el tritio, 30 TBq para el cesio 137, 10 TBq para el estroncio 90 y 10 TBq para el plutonio 239 y 240.

MODELOS DE DISPERSION REGIONAL

Se elaboraron tres modelos compartimentados para evaluar la dispersión de radionucleidos a nivel regional. Se incluyeron atolones cercanos como el de Tureia y muy distantes como el de Tahití, y se estudió la dispersión durante un período prolongado. Los tres modelos difieren en su resolución espacial, el grado en que se toma en cuenta la estructura vertical en el océano y el momento en que resulta conveniente seguir la dispersión. Los modelos se aplicaron a fuentes "continuas" provenientes de la migración a través de la geosfera y cuyas intensidades varían con el transcurso del tiempo, y a liberaciones "instantáneas", cuando una fracción importante de la fuente se libera en un período relativamente breve de

TASAS DE LIBERACION DE RADIONUCLEIDOS EN MURUROA Y FANGATAUFA



Los gráficos muestran las tasas previstas de liberación -en función del tiempo- del tritio, el estroncio 90, el cesio 137 y el plutonio 239 y 240 a la biosfera.

un año, más o menos. Cabe suponer que ambos casos pudieran presentarse debido a sucesos disruptivos.

Se examinaron varios sucesos disruptivos hipotéticos, en especial sucesos extremos y sucesos debidos a cambios climáticos que pudieran provocar un aumento de las tasas de liberación del material radiactivo que se encuentra actualmente en las cavidades-chimeneas o de las tasas de exposición a los materiales presentes en el medio ambiente (por ejemplo, al plutonio presente en los sedimentos). Entre los sucesos examinados se encontraban la glaciación, que ocasiona la disminución del nivel del mar y la exposición del fondo de las lagunas, y el deslizamiento de las rocas carbonatadas, que provoca una liberación "instantánea" de los radionucleidos puestos al descubierto por dicho deslizamiento.

Se consideró que el único suceso disruptivo que merecía un examen a fondo era un desprendimiento y deslizamiento, hipotético e importante, de las formaciones carbonatadas en la zona norte del atolón de Mururoa; esta es la región donde se efectuaron las pruebas subterráneas de seguridad y algunos de los ensayos nucleares que produjeron las cavidades-chimeneas que penetran en las formaciones carbonatadas.

La elaboración de modelos compartimentados de la dispersión regional ofrece estimaciones de las concentraciones de las aguas superficiales en varias islas del Pacífico en diversos períodos respecto de las liberaciones previstas de Mururoa y Fangataufa y de las liberaciones instantáneas. Se consideró que las concentraciones previstas en los atolones de la Polinesia Francesa eran inferiores a las actuales debido a

la precipitación radiactiva global que se observa en el océano abierto.

Sólo la liberación de plutonio a causa de un suceso disruptivo (un deslizamiento de rocas) provoca un nivel de concentración más elevado (de casi dos órdenes de magnitud) en el atolón más cercano (Tureia) que los actuales, debido a la precipitación radiactiva global. Sin embargo, al cabo de diez años, las concentraciones previstas estarán por debajo de las actuales concentraciones de fondo.

ELABORACION DE MODELOS DE CAMPO LEJANO

Se utilizó un modelo de la circulación general de campo lejano para estimar las concentraciones oceánicas de los radionucleidos liberados desde los atolones y que son transpor-

tados a lugares tan distantes como la costa oriental de Australia y la costa occidental de América del Sur y dispersados en ellos. El modelo se aplicó a fuentes continuas e instantáneas y a casos en que la liberación ocurre en la capa superficial y a 400 metros de profundidad, por debajo del termoclino.

En este último caso, el material liberado queda atrapado debajo del termoclino y se inhibe la dispersión; las concentraciones más elevadas se encontrarán a una mayor distancia de los puntos de liberación, pero a unos 400 metros de profundidad.

Sólo en el caso de un suceso disruptivo hipotético —un deslizamiento de rocas, con una liberación a 400 metros de profundidad— las concentraciones, a nivel del mar, el estroncio 90 y el cesio 137 en el atolón de Tureia pudieran alcanzar los niveles actuales observados en el sur del Océano Pacífico debido a la precipitación radiactiva global.

Por ejemplo, en cuanto al tritio, el aumento máximo previsto de la concentración es de unos 10 Bq/m^3 al cabo de cinco años a mitad del camino hacia Australia y de cerca de 1 Bq/m^3 frente a las costas de Australia, cinco años después. Estos pueden compararse con el nivel de fondo del tritio de 50 a 100 Bq/m^3 a 400 metros de profundidad. La liberación de plutonio traería como resultado una concentración oceánica prevista en el atolón de Tureia de 100 mBq/m^3 . Esta es de casi dos órdenes de magnitud más elevada que la actual concentración oceánica muy baja existente en el lugar (de casi 1 Bq/m^3) debido a la precipitación radiactiva global asociada a todos los ensayos nucleares atmosféricos. Las concentraciones oceánicas del plutonio en Tureia disminuirán al nivel de las concentraciones de fondo dentro de diez años.

En el caso de una liberación de radionucleidos en función del tiempo y más realista, las concentraciones previstas de radionucleidos a largo plazo estarán por debajo de los niveles oceánicos de fondo a más de 100 kilómetros de los atolones de Mururoa y Fangataufa.

Por ejemplo, en el caso del plutonio, de producirse una liberación superficial, las concentraciones máximas previstas en la superficie, después de diez años de liberación, serían de unos $0,2 \text{ mBq/m}^3$ en las cercanías de Mururoa. Estas son aproximadamente de un orden de magnitud inferior a los niveles actuales.

CONCLUSIONES GENERALES

En resumen, el Grupo de Trabajo sobre la elaboración de modelos marinos del Estudio llegó a las siguientes conclusiones:

■ El tiempo estimado de traslado del agua de las lagunas es de 98 ± 37 días para Mururoa y de 33 ± 12 días para Fangataufa.

■ Se estima que la transferencia de partículas de plutonio 239 y 240 (combinado con los sedimentos) desde la laguna de Mururoa hacia el Océano Pacífico sea de 8 GBq al año, con vientos y mareas medios, y de $0,7 \text{ TBq}$ en caso de una tormenta violenta (por tormenta). Se estima que la frecuencia de una tormenta violenta sea de una cada diez años. Se espera que el término fuente, provocado por las tormentas disminuya con el tiempo debido al agotamiento de los sedimentos portadores de plutonio y al gradual enterramiento de estos sedimentos. El término fuente debido al plutonio de una tormenta es de un orden de magnitud inferior al que libera un suceso disruptivo hipotético.

■ Se elaboraron modelos de dos importantes escenarios de liberación: 1) un suceso disruptivo, deslizamiento de rocas

carbonatadas, que genera actividad desde la zona carbonatada que corresponde al inventario de una prueba de seguridad y un ensayo en la cavidad-chimenea, y 2) una fuente, en función del tiempo, proveniente de la migración de materiales desde las cavidades subterráneas y la lixiviación de sedimentos en la laguna.

La mayoría de las simulaciones han supuesto la liberación a las capas superficiales. Sin embargo, en algunos cálculos se dio por sentado que la fuente estaría localizada en las profundidades (a 400 metros) y que la liberación se simularía desde las capas kársticas.

A los efectos de estos escenarios, se estimó el aumento máximo de las concentraciones en las lagunas y en las islas y atolones del Pacífico Sur. Las concentraciones previstas en el atolón habitado más cercano (Tureia) se compararon con las concentraciones de fondo en el océano abierto, debidas a la precipitación radiactiva global. Sólo la liberación de plutonio en caso de un suceso disruptivo provocaría concentraciones más elevadas que el nivel de fondo y, por ende, sólo durante algunos años.

En cuanto a las liberaciones en las profundidades, se prevé que las concentraciones en Hao y Tahití sean más elevadas que en Tureia. Sin embargo, al promediarse los datos correspondientes a estos lugares en relación con una profundidad total de 450 metros, todas están por debajo de los valores máximos.

En general, la elaboración de modelos de la dispersión de radionucleidos desde los atolones de Mururoa y Fangataufa hacia el océano abierto arrojó claros resultados. El ejercicio ha demostrado que las concentraciones previstas en las islas habitadas cercanas no serían suficientemente elevadas como para que tengan algún interés radiológico. □

EVALUACION DE LAS DOSIS DE RADIACION ATRIBUIDAS A LOS MATERIALES RADIOACTIVOS RESIDUALES

DOSIS POTENCIALES EN LOS ATOLONES

POR GORDON LINSLEY Y ANDREW McEWAN

Hasta ahora, el atolón de Mururoa sólo ha sido habitado ocasionalmente, y no existen pruebas de que Fangataufa haya estado poblado alguna vez. La falta de abastecimiento de agua, y la vulnerabilidad de los atolones a los efectos del mar dificultan la vida humana en esa región.

No obstante, para los fines del Estudio internacional de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa, se ha supuesto la existencia de una población hipotética en Mururoa a fin de determinar las dosis de radiación potenciales. Asimismo, fue necesario estimar las dosis para comunidades más distantes a fin de establecer la importancia de las liberaciones de materiales radiactivos.

La evaluación tiene en cuenta la dispersión de radionucleidos provenientes de ensayos subterráneos y atmosféricos, y de liberaciones aceleradas de materiales provocadas por sucesos disruptivos de origen natural o humano, como deslizamientos de tierra, o cambios en las condiciones climáticas.

La evaluación estuvo relacionada con las dosis de radiación actuales y futuras debidas a residuos presentes en los atolones de Mururoa y Fangataufa. En el Estudio no se evaluaron las dosis recibidas años atrás como consecuencia de las precipitaciones radiactivas ocurridas durante los ensayos atmosféricos realizados por Francia, aunque el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas

(UNSCEAR) proporcionó una estimación de esas dosis en la región. (Véase el recuadro de la página siguiente.)

CATEGORIAS DE EXPOSICION

El Estudio estimó las tasas de dosis resultantes de la exposición a los radionucleidos residuales provenientes de los ensayos nucleares realizados por Francia en relación con grupos de población críticos en las condiciones actuales y futuras. Se efectuaron estimaciones para las categorías de grupos siguientes:

- exposición actual de habitantes hipotéticos de los atolones de Mururoa y Fangataufa;
- exposición actual de habitantes del atolón de Tureia, el atolón habitado más cercano de la región;
- exposición futura de habitantes de la región y de cualquier habitante de los atolones de Mururoa y Fangataufa como consecuencia de los materiales radiactivos residuales ahora presentes en el medio ambiente y la parte de los materiales radiactivos contenidos en el subsuelo que emigrarán, en el futuro, al medio ambiente accesible;
- exposición potencial de habitantes de la región y de habitantes hipotéticos de los atolones de Mururoa y Fangataufa como consecuencia de sucesos disruptivos presupuestos.

Vías de exposición. Según se evaluó, la ingestión fue la principal vía de exposición que contribuyó a las dosis. Se utilizaron dietas realistas para poblaciones como las residentes en el atolón

de Tureia, el atolón habitado más cercano, y para los habitantes hipotéticos de los atolones de Mururoa y Fangataufa. Respecto de las poblaciones hipotéticas de otros lugares, se supusieron elevadas tasas de consumo, en especial de alimentos marinos, para garantizar que se obtuvieran estimaciones del límite superior de las tasas de dosis.

En los casos en que fue posible, las concentraciones de radionucleidos en alimentos se obtuvieron mediante medición directa. Cuando no se pudo realizar la medición directa, como sucedió con las poblaciones hipotéticas, se estimaron las concentraciones en los alimentos.

DOSIS ACTUALES EN LOS ATOLONES

Una población que resida permanentemente en los atolones y subsista con una dieta de productos locales y de alimentos marinos, capturados en las lagunas, no recibiría, por lo general, una dosis de radiación que pudiese atribuirse a los materiales radiactivos residuales superior a 0,01 mSv al año. Esta dosis equivale a una parte muy pequeña (menos de una parte

El Sr. Linsley es Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos del OIEA. El Sr. McEwan, Director del Laboratorio Radiológico Nacional de Nueva Zelanda, fue Presidente del Grupo de Tareas A del Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa.

en 200) de la dosis total que una población residente de ese tipo recibiría inevitablemente de las fuentes de radiación natural. (Véanse el cuadro y el recuadro de la página siguiente.)

Las estimaciones de dosis se basan en niveles medidos de radionucleidos artificiales presentes en el medio ambiente de los atolones, entre los cuales figurarán las contribuciones provenientes de las precipitaciones radiactivas globales (es decir, las precipitaciones debidas a todos los ensayos de armas nucleares en la atmósfera). Salvo en el caso de los alimentos marinos, no es posible determinar esas contribuciones a los niveles ambientales medidos, y, por consiguiente, tampoco la parte de las dosis estimadas que se deben a las precipitaciones radiactivas globales.

Se estima que la actual dosis anual media correspondiente a toda la zona comprendida entre los 20° y los 30° de latitud sur del atolón de Mururoa debido a las precipitaciones radiactivas globales sea del orden de 0,002 a 0,003 mSv.

DOSIS ACTUALES EN EL PACIFICO SUR

También se estimaron las dosis anuales actuales que reciben los habitantes de otras islas del Pacífico Sur, las cuales pueden atribuirse a los materiales radiactivos residuales presentes en el medio ambiente accesible. A unos 1000 kilómetros de Mururoa residen alrededor de 5000 personas. Según estimaciones del Estudio, los residentes del atolón de Tureia, territorio habitado más cercano a los atolones de Mururoa y Fangataufa (a unos 130 kilómetros de Mururoa, con una población de casi 120 habitantes), reciben sólo dosis despreciables (de menos de 0,0001 mSv al año) como consecuencia de las liberaciones de radio-

ANTERIORES DOSIS DE RADIACION DEBIDAS A PRECIPITACIONES RADIATIVAS

Cuando Francia realizó los ensayos atmosféricos entre 1966 y 1974, unas 5000 personas residían dentro de un perímetro de unos 1000 kilómetros alrededor del polígono de ensayo francés, y si ocurrieron exposiciones a nivel local en el caso de cinco ensayos específicos (véase el cuadro) debido a condiciones inusuales de los vientos y las lluvias. Entre 1966 y 1971, se efectuaron cuatro ensayos que generaron dosis efectivas que oscilaron entre 1 y 5 mSv para los residentes de Tureia (el atolón habitado más cercano, a 130 km al norte de Mururoa) y de las Islas Gambier (400 kilómetros al sudeste de Mururoa). En 1974, uno de los ensayos originó dosis de hasta 0,8 mSv para los residentes de Tahití (1200 kilómetros al noroeste). Sólo unos cuantos individuos de estas islas habrían recibido las dosis máximas estimadas que se muestran en el cuadro infra. Por ejemplo, en Tahití, la mayoría de las personas habrían recibido solamente exposiciones externas. En las demás islas, se estimaron algunas exposiciones internas resultantes de la ingestión de hortalizas o moluscos de las lagunas.

En ese momento, las exposiciones se debieron, en gran medida, a las precipitaciones radiactivas de radionucleidos de período corto, por ejemplo, el yodo radiactivo (en especial el yodo 131 con un período de semidesintegración de ocho días). En muchos lugares del hemisferio austral, se midieron las concentraciones de yodo 131 en la leche durante el período de ensayos nucleares atmosféricos en los atolones de Mururoa y Fangataufa. Se cree que las dosis equivalentes al tiroides recibidas por las personas como resultado de los ensayos nucleares realizados en ambos atolones no excedieron de los 10 mSv durante todo el período de ensayos atmosféricos efectuados entre 1966 y 1974.

DOSIS ANTERIORES DE INDIVIDUOS EXPUESTOS A LOS MAXIMOS NIVELES

Fecha del ensayo nuclear	Lugar de la exposición	Dosis anual efectiva (mSv)			
		Externa	Inhalación	Ingestión	Total
2 de julio de 1966	Islas Gambier	3,4	0,18	1,9	5,5
2 de julio de 1967	Atolón de Tureia	0,7	0,023	0,17	0,9
12 de junio de 1971	Atolón de Tureia	0,9	0,003	0,43	1,3
8 de agosto de 1971	Islas Gambier	0,9	0,002	0,24	1,2
17 de julio de 1974	Tahití (Mahina)	0,6	0,08	0,06	0,8

nucleidos procedentes de Mururoa y Fangataufa.

No obstante, el atolón de Tureia recibió algunas precipitaciones radiactivas cuando se efectuaron los ensayos nucleares atmosféricos en los atolones de Mururoa y Fangataufa, además de las precipitaciones radiactivas globales. Según se estimó, las dosis de radiación que reciben sus habitantes como resultado de todas las precipitaciones anteriores son de unos 0,005 mSv al año. Por otro lado, es indeterminada la parte de esta dosis que se

debe a las precipitaciones radiactivas provocadas por los ensayos realizados sólo en los atolones de Mururoa y Fangataufa, ya que las estimaciones de la dosis se basan en los niveles medidos del total de radionucleidos artificiales presentes en el medio ambiente del atolón de Tureia, los cuales comprenderán una parte de la contribución proveniente de las precipitaciones radiactivas mundiales. La dosis de 0,005 mSv al año es muy pequeña en comparación con las dosis totales que los habitantes de Tureia reciben de fuen-

DOSIS ACTUALES PARA HABITANTES ADULTOS DEBIDAS A MATERIALES RADIACTIVOS RESIDUALES Y PRECIPITACIONES RADIACTIVAS GLOBALES

Vía	Dosis anual <i>(estimaciones hipotéticas en el polígono de Anemone en el atolón de Mururoa)</i> (mSv)	Dosis anual en el atolón de Tureia (mSv)
Radiación externa	~0,0011	<0,001
Inhalación	<0,0001	—
Ingestión: alimentos terrestres	0,0009 ^a	0,004 ^a
Ingestión: alimentos marinos	0,0043 ^b	0,00001 ^b
Total	~0,006	~0,005

^aUna parte indeterminada de esta dosis se deriva de la precipitación radiactiva global.

^bEn esta estimación de dosis no se incluye la contribución a la dosis por ingestión de alimentos marinos de 0,0004 mSv debida a la precipitación radiactiva global.

tes naturales de radiación y es similar a la tasa de dosis calculada para la población hipotética del atolón de Mururoa.

Cabe señalar que existen diferencias en cuanto a las contribuciones a las dosis de las distintas vías de exposición respecto de los atolones de Tureia y Mururoa. En el atolón de Tureia, el consumo de alimentos marinos es elevado, pero la contribución a la dosis mediante esta vía es insignificante, ya que casi no existen materiales radiactivos provenientes de las precipitaciones en los sedimentos de la laguna. El consumo de alimentos terrestres es el factor más importante en las contribuciones a la dosis, debido a que en Tureia la deposición en tierra de cesio 137, derivado de los ensayos nucleares atmosféricos, fue mayor en aquel entonces que en el atolón de Mururoa. En el caso de Mururoa, donde hay plutonio en los sedimentos de la laguna, el consumo de alimentos marinos es la vía más importante.

Asimismo, se estimaron las dosis que reciben las personas que consumen alimentos marinos capturados en lejanas zonas de pesca del Pacífico. En todos los casos, las tasas de dosis son incluso muchísimo más bajas que las calculadas para los atolones de Mururoa y Fangataufa.

COMPARACION DE LAS DOSIS DE RADIACION

Fuente de la dosis	Dosis (mSv anuales)
Dosis globales de radiación natural de fondo	
■ Gama típica	1 a 10
■ Máxima	~ 100
■ Media	2,4
Atolones de Mururoa y Fangataufa	
■ Dosis debida a la radiación natural de fondo	1,4 a 3
Otras dosis actuales estimadas debidas a materiales radiactivos residuales que quedaron en los atolones de Mururoa y Fangataufa	
■ Máxima en el atolón de Tureia	<0,0001
■ Media en los atolones de Mururoa y Fangataufa	<0,01
■ Máxima en la región de Kilo- Empereur del atolón de Fangataufa	~0.25
Dosis máxima adicional en el atolón de Tureia después de un deslizamiento de rocas en el atolón de Mururoa	0,007 (el primer año)

Las dosis anuales actuales que reciben las personas que consumen grandes cantidades de pescados y alimentos marinos capturados en las inmediaciones de Australia y Nueva Zelandia, así como los consumidores de cantidades similares de alimentos marinos procedentes de regiones cercanas a América del Sur, son, en su totalidad, despreciables; las dosis típicas son inferiores, en muchos órdenes de magnitud, a las dosis medias resultantes de la radiación natural de fondo.

SITUACIONES ESPECIFICAS

El Estudio también examinó cuatro situaciones específicas en Mururoa y Fangataufa.

■ **Plutonio presente en las lagunas.** La cantidad de plutonio presente en los sedimentos de las dos lagunas es relativamente grande; unos cinco kilogramos en el atolón de Mururoa y tres kilogramos en el de Fangataufa. Sin embargo, este plutonio sólo aportará dosis muy pequeñas debido a su baja tasa de transferencia a la

población por las vías posibles. La existencia de plutonio también está disminuyendo a causa de la remoción progresiva de sedimentos de la laguna hacia el océano, y de la sepultación y dilución graduales de los sedimentos de la laguna debidas a la acumulación de nuevos sedimentos.

Presencia de tritio en las lagunas. La concentración de tritio en las lagunas es hoy día unas diez veces mayor que los bajísimos niveles existentes en el océano abierto (del orden de 1000 Bq/m^3 respectivamente), como consecuencia de liberaciones desde fuentes subterráneas. Sin embargo, el tritio es uno de los radionucleidos menos radiotóxicos. Se requeriría un consumo constante de agua dulce con un contenido de $1,6 \times 10^8 \text{ Bq/m}^3$ para llegar a una dosis de $2,4 \text{ mSv}$ anuales, la dosis anual media recibida de fuentes naturales de radiación. Por consiguiente, las dosis de radiación que se recibirían a partir del tritio existente en la laguna son despreciables.

Exposición potencial debida a partículas con contenido de plutonio. Las pruebas atmosféricas de seguridad realizadas en los motu Colette, Ariel y Vesta, en el atolón de Mururoa, ocasionaron la dispersión explosiva de plutonio (junto con pequeñas cantidades de americio). El Estudio arrojó que la actividad superficial general del plutonio residual existente en la zona era quizá tres veces superior al criterio aplicado por Francia de 10^6 Bq/m^2 para realizar operaciones de limpieza, el cual fue establecido para limitar las exposiciones potenciales por inhalación de finas partículas de coral con contenido de plutonio. Sin embargo, este aumento del nivel de actividad superficial general conduciría sólo a bajas dosis; por ejemplo, de menos de $0,001 \text{ mSv}$ al año para personas como los pescadores, quienes podrían pasar 120 horas anuales en la zona.

No obstante, algunos de los materiales radiactivos dispersos se encuentran en forma de partículas discretas, cuyo tamaño oscila entre $0,1$ milímetros y quizá 1 milímetro. Se hallaron partículas de plutonio en muestras de arena, coral y lecho rocoso coralino, recogidas en Colette y en la arena tomada de un banco de arena situado en la laguna adyacente a la región de Colette.

Estas partículas son otra vía para la exposición potencial en la región de Colette. Si una persona visitase el motu Colette, o los motu más pequeños de Ariel y Vesta (los cuales se encuentran en una parte distante de la corona del atolón y apenas se elevan por encima del nivel del océano), correría el riesgo, aunque muy leve, de que una partícula de ese tipo pudiera incorporarse en el cuerpo a través de una herida y quedar retenida. La exposición resultante se mantendría a menos que la partícula se extrajera (mediante un proceso natural o por acción humana) y pudiera acumularse una dosis de radiación significativa. Se supone que mientras la partícula esté en el cuerpo, sería una fuente constante de plutonio; el plutonio se disolvería lentamente en los líquidos corporales y sería transportado a órganos y tejidos delicados (en especial a los huesos), los cuales estarían sometidos a constante radiación.

La información obtenida de las propias investigaciones del Estudio y del examen de las partículas recogidas bastó para que se hiciera una estimación del riesgo radiológico general. Se utilizaron datos extraídos de estudios experimentales sobre la incorporación de partículas activas similares procedentes del polígono de ensayos nucleares de Maralinga, en Australia. Para una partícula de óxido de plutonio retenida, la dosis potencial efectiva estimada para un adulto pudiera oscilar entre 9×10^{-8} y $9 \times 10^{-6} \text{ Sv/Bq}$.

Si el cuerpo retuviera una de las partículas de plutonio más activas, de alrededor de $100\,000 \text{ Bq}$, pudieran generarse dosis, durante toda la vida, de hasta 1000 mSv , aproximadamente. Esta cifra es unas diez veces la dosis media acumulada en 50 años desde fuentes naturales de radiación. La dosis para toda la vida dependería de la edad de la persona y de la solubilidad de la partícula en los líquidos corporales. En el caso de un niño, la dosis para toda la vida pudiera ser mayor hasta en un factor de dos. Dado el carácter prolongado (crónico) de la exposición, aun cuando se trate de partículas muy activas, es poco probable que, como resultado de semejante incorporación, se observen efectos inmediatos para la salud, distintos de la aparición de un pequeño nódulo de tejido muerto alrededor de la partícula.

Sin embargo, se estimó que era muy remota la posibilidad de que realmente ocurriera una exposición de esa índole. Se cree que la probabilidad de que un individuo, residente en Mururoa, se enferme de cáncer fatal de esta manera, es inferior a uno en un millón al año.

Dosis para un grupo crítico hipotético en Fangataufa. Según el Estudio, las dosis más elevadas que pudieran recibirse como consecuencia de residuos provenientes de ensayos nucleares realizados por Francia, serían las dosis para un grupo hipotético y muy pequeño de personas que consuman sólo productos locales procedentes de una zona limitada de la región de Kilo-Empereur del atolón de Fangataufa. Esta región se encuentra del lado del polígono expuesto al viento donde se efectuó, el 24 de septiembre de 1966, un ensayo atmosférico de 125 kilotones encima de una barca. Ese ensayo dejó una estrecha franja de tierra de 3 kilómetros de largo en la corona del atolón, con elevados niveles de cesio 137 y otros radionucleidos

en el suelo, aunque la distribución es muy irregular. La dosis se debería principalmente al supuesto consumo de cocos y otros productos agrícolas que contienen cesio 137, todos cultivados en zonas de la franja donde los niveles de este radionucleido son más altos. La tasa de dosis efectiva resultante sería inferior a 0,25 mSv al año, lo que equivale a casi el 10% de la dosis de radiación de fondo anual que esa población residente recibiría inevitablemente sólo de fuentes naturales. Sin embargo, se considera muy poco probable que esta situación hipotética ocurra en la práctica, ya que el atolón de Fangataufa resulta prácticamente inhabitable para una población que adopte una forma de vida tradicional de semisubsistencia; el atolón en ocasiones se inunda de agua de mar y no tiene agua dulce ni cultivos comestibles, salvo algunos cocos.

DOSIS ESTIMADAS EN EL FUTURO

En la estimación de las dosis en el futuro para las poblaciones se consideraron tres casos.

Dosis en el futuro debidas a materiales radiactivos residuales presentes actualmente en el medio ambiente accesible. Las dosis anuales estimadas de radiación para cualquier posible habitante de Mururoa y Fangataufa, debidas a la dispersión general de radionucleidos procedentes de ensayos nucleares en el medio ambiente son, en su conjunto, pequeñas en valores absolutos e insignificantes atendiendo a cualquier criterio o comparación existente. Las dosis de radiación debidas a materiales radiactivos que ya están presentes en el medio ambiente accesible —sobre todo las resultantes del cesio 137 y el plutonio 239 y 240— persistirán, pero han de disminuir en magnitud debido a la desintegración radiactiva y a otros procesos que reducen la existencia

de esos radionucleidos en el medio ambiente.

Conforme a las predicciones del Estudio, la tasa de lixiviación del cesio 137, el estroncio 90 y el plutonio 239 y 240, presentes en los sedimentos de las lagunas, a los cuales se deben los niveles actuales de estos radionucleidos en el agua de las lagunas, seguirán disminuyendo con el tiempo, del mismo modo que han de disminuir las dosis estimadas de radiación que se asocian a estos radionucleidos. Si los atolones llegaran realmente a poblarse, las dosis futuras hipotéticas estimadas que generarían las fuentes existentes en Mururoa, disminuirían inicialmente en más de 100 años del máximo actual de no más de 0,01 mSv al año hasta un 0,001 mSv al año, a medida que los materiales radiactivos residuales presentes en la superficie se desintegren y se dispersen. (Cabe señalar que estas dosis aumentarán en el futuro a largo plazo cuando el plutonio que migre del subsuelo llegue a las lagunas; sin embargo, éstas jamás sobrepasarán las dosis actuales.)

Exposición potencial debida a radionucleidos en el suelo. La evaluación de las probables liberaciones futuras provocadas por la migración de radionucleidos procedentes de fuentes subterráneas, muestra que las liberaciones de cesio 137 y estroncio 90 hacia la laguna decrecerán con el tiempo, pero que, tras una disminución inicial, la tasa de liberación del plutonio aumentará hasta alcanzar un nivel máximo después de transcurridos entre 5000 y 6000 años. Sin embargo, incluso cuando este nivel máximo se alcance, las dosis estimadas asociadas para los residentes hipotéticos de Mururoa serían inferiores a las que se estimó recibirían hoy los mismos residentes hipotéticos, es decir, menos de 0,01 mSv al año. De igual modo, se pronostica que las exposiciones futuras en otros lugares del Pacífico Sur, debidas a las liberaciones resultantes de la

radiactividad subterránea en Mururoa y Fangataufa, serán inferiores a los bajísimos valores registrados en el caso de los radionucleidos actualmente presentes en el medio ambiente accesible.

Exposición potencial de los habitantes de la región como consecuencia de sucesos disruptivos postulados. El Estudio examinó las consecuencias radiológicas de sucesos disruptivos postulados, como la glaciación y el deslizamiento de rocas carbonatadas, lo que da lugar a la liberación de radionucleidos hacia el océano. De ocurrir un deslizamiento de rocas, los residentes de los atolones cercanos recibirían las dosis anuales hipotéticas más altas, ya que los radionucleidos así liberados serían transportados por las corrientes oceánicas. Para los residentes del atolón de Tureia, la dosis del primer año debida a dicho deslizamiento de rocas no superaría unos pocos milésimos de milisievert, incluso aunque se hiciera la pesimista suposición de que todo el plutonio involucrado en el deslizamiento se disolviera. Esta dosis sólo ocurriría en los 12 meses siguientes al deslizamiento de rocas; las dosis sucesivas serían cada vez menores a medida que los materiales radiactivos se dispersen.

CONCLUSIONES

En general, el Estudio analizó las dosis de radiación potenciales para grupos de población hipotéticos actuales y futuros en los atolones. El Estudio llegó a la conclusión de que, con excepción del caso hipotético de la corona Kilo-Empereur de Fangataufa, no existen probabilidades de que un grupo reciba, en momento alguno, una dosis atribuible a los materiales radiactivos residuales presentes en Mururoa y Fangataufa, que sea aproximadamente superior al 1% de la dosis de radiación de fondo que ese grupo ha de recibir inevitablemente de las fuentes de radiación natural. □

INVESTIGANDO PRECIPITACIONES DEBIDAS A ENSAYOS NUCLEARES

PARTICULAS CALIENTES Y GUERRA FRIA

POR PIER ROBERTO DANESI

En los inicios del próximo siglo, se habrán registrado más de 2000 explosiones de ensayos nucleares de diversas magnitudes y tipos. Casi todas se realizaron durante el período de la guerra fría, concluida en los años noventa.

Los ensayos nucleares atmosféricos dispersaron residuos radiactivos al medio ambiente, que se han distribuido entre el territorio local (o el agua superficial) y las regiones troposférica y estratosférica, según el tipo de ensayo, lugar y potencia. La posterior precipitación que transporta los residuos, ocasiona la precipitación radiactiva local y mundial. Las concentraciones de determinados radionucleidos pueden provocar la formación de “partículas calientes”, diminutos fragmentos de materiales que contienen elementos químicos radiactivos.

La precipitación radiactiva local incluye grandes aerosoles radiactivos, partículas que generalmente se depositan en un perímetro de unos 100 kilómetros del polígono de ensayos. Además, la contaminación radiactiva local en los polígonos de ensayo de armas nucleares se atribuye a las pruebas de seguridad de los dispositivos nucleares que con frecuencia dispersan material fisionable. La liberación de este material ocurre de diversas formas: el vapor de plutonio, los aerosoles de plutonio de distintos tamaños, las partículas de óxido de plutonio, las partículas revestidas de plutonio y grandes pedazos de material de construcción contaminado con

plutonio, destruido por la explosión experimental.

La precipitación radiactiva mundial abarca tanto la precipitación troposférica como la estratosférica. La primera consiste en aerosoles que no son transportados a través de la tropopausa y que se depositan con un tiempo de residencia medio de hasta 30 días. Durante ese tiempo, los residuos se dispersan en la banda de latitud de inyección, y siguen las trayectorias regidas por los patrones de los vientos. La precipitación estratosférica resulta de las partículas que más tarde dan lugar a la precipitación radiactiva mundial generalizada, la mayor parte de la cual ocurre en el hemisferio donde se realizó el ensayo nuclear. A ella se debe la mayoría de los residuos de los productos de fisión de período largo.

La precipitación nuclear provoca la exposición de las personas a la radiactividad mediante la irradiación interna (debida a la inhalación de materiales radiactivos presentes en el aire o la ingestión de alimentos contaminados), y la irradiación externa (debida a materiales radiactivos presentes en el aire superficial o depositados en el suelo). Se han realizado amplios estudios en estas esferas.

En el caso de los ensayos nucleares, las evaluaciones del

Fotos: Marcador en el antiguo polígono de ensayos nucleares de Maralinga, Australia meridional. En el polígono de ensayos de Mururoa, Polinesia Francesa, un grupo del OIEA recogió muestras de suelo para analizar partículas calientes. (Cortesía: Danesi/OIEA)



carácter del suceso primario suelen incluir los análisis del material radiactivo depositado en el suelo. No obstante, esos estudios son problemáticos, porque pueden haber alteraciones significativas de la composición de los radionucleidos entre el momento de una detonación nuclear y de la recogida de muestras para análisis radioquímico. Un proceso llamado fraccionamiento hace que las muestras de residuos radiactivos no sean representativas de los productos de la detonación.

El fraccionamiento comienza con la condensación del material radiactivo e inerte, procedente de la bola de fuego. La mezcla puede comenzar a separarse mientras se esté produciendo la condensación por influencia del viento, la gravedad y la turbulencia de la nube radiactiva. La separación del condensado continúa mediante diversos procesos, como el con-

El Sr. Danesi es Director de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, situados cerca de la sede del Organismo en Viena, Austria.

tacto de los residuos con el material inerte.

Cuando se forma la nube radiactiva, los procesos de enfriamiento, condensación, coagulación, mezcla y separación ocurren simultáneamente, pero en diferentes grados y en distintas regiones de la nube. Además, los productos radiactivos iniciales cambian en forma elemental debido a los procesos de desintegración radiactiva.

Partículas calientes. El conocimiento científico de los fenómenos del fraccionamiento es importante para interpretar la precipitación radiactiva mundial y la química nuclear del proceso de detonación. También es útil para evaluar la contaminación y los riesgos de ingestión.

Según las pautas de fraccionamiento, las variaciones en el tamaño y el tipo de partículas están acompañadas de variaciones en la composición radioquímica. Las características y las concentraciones de radionucleidos, junto con el tamaño y la forma de las partículas, son, a su vez, los factores que determinan la inhalación o el peligro de ingestión.

Otra información científica importante es la referida a la forma química en que los radionucleidos están presentes en las partículas. En general, los radionucleidos presentes en las partículas calientes son relativamente inertes en comparación con los iones, átomos y los compuestos de masa molecular baja que son más móviles y más comunes.

Para evaluar las consecuencias a corto y largo plazo de la precipitación atmosférica —y, en particular, la fuga de radionucleidos de las partículas calientes— es esencial disponer de información fisicoquímica detallada sobre este término fuente. Por lo general, las características de los términos fuente se han limitado a las

estimaciones de los inventarios, los niveles de actividad o las concentraciones de actividad de los radionucleidos depositados. La información sobre la forma fisicoquímica es escasa.

Después de la deposición, las partículas están sujetas a la meteorización y los radionucleidos asociados se movilizan con el tiempo. La composición de las partículas, los posibles cambios estructurales y las condiciones químicas en el lugar de la deposición influirán en la tasa de meteorización. Además, los radionucleidos que se movilizan también pueden interactuar con el suelo y los sedimentos.

La mayoría de los modelos de evaluación de la transferencia y las consecuencias de la contaminación de radionucleidos suponen que éstos están presentes como compuestos iónicos o de bajo peso molecular, lo que puede llevar fácilmente a la exageración de las consecuencias a corto plazo de la contaminación radiológica.

Por otra parte, si las partículas son más bien inertes, como suele suceder, la transferencia de radionucleidos se demorará hasta que ocurra la meteorización. Por consiguiente, se puede subestimar la evaluación de las consecuencias a largo plazo de la contaminación radiológica.

Por tanto, es evidente que si no se tiene en cuenta la función de las partículas calientes, las predicciones establecidas con ayuda de modelos pueden presentar considerables incertidumbres.

La presencia de partículas calientes también puede invalidar algunas hipótesis, hechas al tratar la cuestión de la contaminación del suelo y de los sedimentos. Ello incluye la hipótesis frecuente de que la conversión de las concentraciones de actividad superficial o por unidad de masa en unida-

des de diversas magnitudes (por ejemplo, de Bq/cm² a Bq/m² o Bq/km² y viceversa) es un ejercicio legítimo.

Los siguientes ejemplos ilustran enfoques específicos en relación con el estudio de las partículas calientes en los polígonos de ensayo de armas nucleares.

ESTUDIOS EN AUSTRALIA MERIDIONAL

Desde 1953 hasta 1963, el Reino Unido ejecutó un programa de ensayos de armas nucleares en Maralinga y Emu, en Australia meridional. En estos polígonos, ahora totalmente rehabilitados, se realizaron nueve explosiones nucleares y varios centenares de pruebas de menor escala.

Aunque las grandes explosiones tuvieron una potencia entre uno y 27 kilotones, en las pruebas de menor envergadura sólo hubo "quemado" y dispersión explosiva de uranio, plutonio y radionucleidos de período corto. Las consecuencias ambientales de estas pruebas fueron ampliamente estudiadas por el Laboratorio Radiológico Australiano (ARL) y han sido el tema de una serie de publicaciones.

La contaminación con plutonio más significativa, en Maralinga, se debió a una serie de doce pruebas de seguridad en las que se liberaron al medio ambiente 22 kg de plutonio (y una cantidad similar de uranio 235). El material fue dispersado por explosivos convencionales y ocurrieron pocas o ninguna reacción nuclear. El plutonio fue expelido verticalmente hasta alturas de 800 metros y fue dispersado por los vientos dominantes a considerables distancias. Ello provocó la contaminación de grandes extensiones de tierra. Se pudo encontrar plutonio a muchos kilómetros de distancia de los puntos de detonación.

El ARL identificó plutonio, principalmente, en tres formas: en forma de capas superficiales sobre materiales como fragmentos de metales, plásticos, alambres y ladrillos de plomo que formaban parte de los conjuntos experimentales; en forma de diminutos fragmentos o partículas, no siempre visibles para el ojo humano, pero que pueden detectarse fácilmente con un monitor gamma; y en forma de material muy finamente disperso compuesto por partículas de suelo contaminado y partículas de plutonio recondensado en la misma gama de tamaños que el propio suelo.

Se recogieron y cribaron muestras de este material, separándolas hasta un diámetro de 45 micrómetros para determinar las concentraciones de masa y actividad. Los resultados arrojaron que la masa más voluminosa estaba generalmente relacionada con la fracción de 250 a 500 micrómetros; sin embargo, la mayor parte de la actividad (un 41%) estaba concentrada en la fracción inferior a 45 micrómetros, que contenía sólo el 5% de la masa total.

La parte menor fue también fraccionada en siete tamaños aerodinámicos que fluctuaron entre 45 micrómetros y menos de tres micrómetros. De esta forma, también se determinó la fracción que se puede inhalar, la de un tamaño inferior a los siete micrómetros.

También se determinaron partículas en una muestra de 800 gramos de suelo (que tenía una actividad de 25 Bq de americio 241), fragmentada por un proceso de separaciones binarias en partículas discretas. Se determinó que toda la actividad de la muestra estaba contenida en las 54 partículas calientes separadas. Se calculó que la actividad de cada partícula estaba dentro de la gama de 0,1 a 2,0 Bq de americio 241 y el diámetro medio era de unos 20 micrómetros.

El estudio también identificó un gran número de partículas calientes submilimétricas que se analizaron mediante espectrometría gamma de alta resolución (para determinar la relación entre el plutonio 239 y el americio 241) y la absorción biológica. También se analizaron cinco partículas submilimétricas con actividades que oscilaban entre 30 Bq y 5 kBq mediante espectroscopía de emisión de rayos X inducidos por protones, para obtener información sobre composición elemental y homogeneidad de estas partículas.

En estas partículas, de varios cientos de micrones de diámetro, se encontró plutonio y uranio distribuidos de manera homogénea sobre la superficie. Los principales elementos identificados fueron aluminio (1,8%), potasio (2,3%), calcio (1%), hierro (23%), plomo (de 1,9% a 35%), uranio (2,9% a 0,8%) y plutonio (19%). Los estudios de disolución en líquido pulmonar simulado indicaron que las partículas no tenían una alta solubilidad.

ESTUDIOS EN LA POLINESIA FRANCESA

Un grupo de expertos realizó otras investigaciones sobre las partículas calientes en la Polinesia Francesa, como parte del Estudio internacional de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa, que concluyó en 1998. Desde julio de 1966 a septiembre de 1974, se realizaron 41 ensayos nucleares atmosféricos en esos lugares. Además, se llevaron a cabo cinco pruebas de seguridad sobre la superficie, en el extremo septentrional del atolón de Mururoa, en las zonas generalmente denominadas como la región de Colette.

Las pruebas de seguridad se efectuaron con el objetivo de investigar el comportamiento

del núcleo de dispositivos nucleares en condiciones de detonación defectuosa simulada. El núcleo fue destruido por una detonación de un explosivo convencional, con la consiguiente dispersión durante cada ensayo de unos 3,5 kg de plutonio 239 en forma de plutonio finamente dividido y óxido de plutonio. Aunque se llevaron a cabo amplias operaciones de descontaminación entre 1982 y 1987, quedaron partículas calientes de plutonio en la superficie de la región de Colette y en el banco de arena, adyacentes a la laguna.

Como parte del Estudio internacional, un grupo de científicos evaluó la contaminación residual en el ambiente terrestre de Mururoa y Fangataufa, incluida la región de Colette. Los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, organizaron y coordinaron una campaña de muestreo que llevaron a cabo en el verano de 1996. A ella siguieron amplias mediciones radioquímicas en unas 300 muestras. (Véase el artículo de la página 24.)

El análisis de la contaminación residual en la región de Colette determinó la presencia de partículas calientes que contenían plutonio. Se separaron de los escombros coralinos y las rocas coralinas trituradas, veinte partículas relativamente grandes, cuyo tamaño oscilaba entre 200 micrómetros y un milímetro; se midieron mediante espectrometría gamma de alta resolución para evaluar la actividad de estas partículas y la relación del plutonio 239 respecto del americio 241. Se observó que la actividad del plutonio 239 se encontraba entre los 5 y los 300 kBq, aunque también se halló una partícula con un nivel de alrededor de 1 MBq. La actividad del americio 241 en las partículas osciló entre 0,2 y 5,6 kBq. También se estudiaron seis de estas partículas calientes, con diámetros entre los

200 y los 500 micrómetros, mediante microscopía óptica y microfluorescencia X. Las observaciones revelaron que algunas partículas eran de naturaleza compacta, vidriosa y lisa, mientras otras eran rugosas y hasta podían ser conglomerados de partículas más pequeñas.

Además del plutonio, se determinó que las partículas contenían otros elementos; uranio y neptunio en concentraciones de 10 a 100 veces menores que el plutonio; calcio (que indicó que tenían una matriz de carbonato de calcio); hierro (que indicó su naturaleza metálica); cloro (con toda probabilidad, de la sal marina); y trazas de manganeso, níquel, cromo, cobalto y titanio (las cuales probablemente reflejen la composición de los contenedores de acero del material fisiónable utilizado en las pruebas de seguridad).

Para calcular la distribución del plutonio en los escombros coralinos, también se cribó una muestra de 1053 gramos en fracciones de siete tamaños. Se midió la actividad del plutonio y del americio en las diversas fracciones mediante espectrometría gamma de alta resolución. Los resultados mostraron que el 99,9% de la masa y el 95,8% de la actividad estaban presentes en partículas mayores de 250 micrómetros.

De todas formas, debe señalarse que el estudio no excluyó la presencia de partículas menores de 10 micrómetros (que contenían la fracción que se puede inhalar) con actividades de plutonio 239 de varios cientos de bequerelios. Los estudios de disolución *in vitro* en simulante sérico de seis partículas calientes mostró que la cantidad de plutonio solubilizado era, en todos los casos, inferior a 0,07% de la inicialmente presente en las partículas, lo que indicó que las características de disolución eran similares a las de las partículas del polígono de ensayos nucleares de Maralinga.

NECESIDADES FUTURAS

La investigación de las partículas calientes es muy pertinente para corregir evaluaciones de los riesgos radiológicos en los lugares que fueron contaminados por los ensayos de armas nucleares. No obstante, hasta ahora, los estudios han originado más interrogantes que respuestas definitivas. Indican que la información sobre las partículas calientes y el fraccionamiento de partículas, obtenidas mediante análisis radioquímico, químico y físico de los escombros es todavía demasiado poca y está demasiado dispersa cuando se examina en relación con la diversidad de partículas producidas y el número de variables que requieren investigación. Por tanto, todavía no se conocen cabalmente los complejos fenómenos que rigen la formación, la composición química y radioquímica, y las propiedades físicas y morfológicas de las partículas calientes y su comportamiento en el medio ambiente natural.

No cabe duda de que son complejos los fenómenos que llevan a la formación de las partículas calientes y su comportamiento en los ecosistemas. Por eso, cualquier generalización debe exponerse con cautela. Se cree que para hacer nuevos progresos en esta esfera se requerirán grupos multidisciplinarios de científicos, como por ejemplo, fisicoquímicos, especialistas en técnicas microanalíticas no destructivas, radioquímicos, físicos nucleares y físicos sanitarios.

También cabe señalar que las partículas calientes de varios tamaños y composición, que contienen actínidos y productos de fisión o activación, son liberadas al medio ambiente desde otras fuentes, además de los ensayos nucleares. Por ejemplo, se produjeron partículas calientes en el incendio del reactor de Windscale, en 1957, el choque

del avión B-52, en Tule, en 1968, el choque del satélite Cosmos, en Canadá, en 1978, y el accidente de Chernobil, en 1986. Las partículas calientes también han sido liberadas al medio ambiente en instalaciones nucleares que contribuyen a la producción de material fisiónable para los programas de armas nucleares.

En general, se sabe que toda instalación de tratamiento de materiales nucleares libera al medio ambiente inmediato cantidades pequeñas, pero perceptibles, de isótopos radiactivos y no radiactivos. Estas emisiones, que a menudo son insignificantes desde el punto de vista del riesgo radiológico, pueden producirse en forma de corrientes de desechos, aerosoles o partículas, y pueden hallarse a cierta distancia del punto de liberación, a favor del viento o aguas abajo.

Para estudiar otras fuentes de radiactividad ambiental, pueden aplicarse las mismas técnicas analíticas modernas que se utilizan para investigar las partículas calientes producidas por los ensayos nucleares. Estas técnicas permiten a los científicos medir cantidades extremadamente pequeñas de elementos químicos e isótopos, presentes en los materiales radiactivos liberados, proporcionando así información sobre el proceso que las forma.

Cabe esperar que en los años futuros se realicen más estudios sobre partículas calientes en los lugares que han sido contaminados por los ensayos de armas nucleares y diversos tipos de accidentes nucleares, y en los lugares cercanos a las instalaciones nucleares. Los trabajos se beneficiarán de los adelantos que se logren en las técnicas analíticas instrumentales. Además, propiciarán un mayor conocimiento del papel que desempeñan las partículas calientes al evaluar los riesgos radiológicos, y al obtener información sobre el tipo y el propósito de las instalaciones que las generaron. □

REUNIONES DE LA JUNTA DE GOBERNADORES DEL OIEA

En las reuniones celebradas en noviembre de 1998, la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó, entre otras cosas, el Programa de Cooperación Técnica del OIEA para el período 1999-2000 y otros seis Protocolos Adicionales a los acuerdos de salvaguardias concertados con los Estados.

El programa de cooperación técnica aprobado incluye aspectos importantes, a saber, la creciente tendencia a la regionalización; el incremento de la atención al problema de la seguridad y la preparación de perfiles de países y planes de acción específicos por países.

Los seis Protocolos Adicionales se concertaron con los siguientes Estados: Chipre, Hungría, Japón, Mónaco, Eslovenia y China. Con anterioridad, la Junta aprobó Protocolos Adicionales con 32 Estados.

En su declaración introductoria ante la Junta, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, indicó que se analizaban una serie de otros Protocolos Adicionales con los Estados interesados y que algunos de ellos pueden ultimarse antes de la próxima reunión de la Junta, prevista para marzo de 1999.

Composición de la Junta de Gobernadores para el período 1998-1999. La Conferencia General del OIEA, celebrada en septiembre de 1998, eligió once Estados Miembros para integrar la Junta del Organismo.

Los Estados Miembros recién electos son: Arabia Saudita, Brasil, Chile, Egipto, Eslovaquia, Grecia, Jordania, Noruega, Singapur, Sudán y Uruguay.

Los otros 24 Estados Miembros designados por la Junta o elegidos por la Conferencia General son: Alemania, Argentina, Australia, Bélgica, Canadá, China, Eslovenia, Estados Unidos, Federación de Rusia, Francia, Ghana, Hungría, India, Italia, Japón, Marruecos, México, Pakistán, Perú, Reino Unido, República de Corea, Sudáfrica, Suecia y Viet Nam.



Presidente de la Junta. En su primera reunión, celebrada en septiembre de 1998, la recién constituida Junta del OIEA eligió al Sr. Miroslav Gregoric (foto de arriba), de Eslovenia, Presidente para el período 1998-1999. El Sr. Gregoric es Director del Organismo de Seguridad Nuclear de Eslovenia, cargo que ocupa desde 1989. En reiteradas ocasiones ha presidido las delegaciones de su país a la Conferencia General del OIEA.

A la izquierda: Entre los Estados que han concertado Protocolos Adicionales con el OIEA está Austria. La Embajadora, Irene Freudenschuss-Reichl firmó el Protocolo correspondiente a Austria durante la Conferencia General del OIEA, celebrada en septiembre de 1998.

(Cortesía: Cabma/OIEA)

EL OIEA Y LA Y2K

A solicitud de los Estados Miembros, el OIEA sirve de centro de intercambio de información y punto de contacto para abordar las cuestiones del año 2000 relativas a las computadoras -conocidas como el problema Y2K- en lo que concierne a las tecnologías y los servicios relacionados con el uso de la energía nuclear con fines pacíficos. Como parte de su labor, el Organismo ha ejecutado un plan de acción que incluye las actividades pertinentes relativas a la seguridad nuclear, las aplicaciones médicas, las salvaguardias y las bases de datos y los servicios de información del OIEA. En cuanto a las actividades relacionadas con la seguridad nuclear, el OIEA realiza una encuesta entre sus Estados Miembros sobre las medidas que han adoptado y han previsto adoptar, para

hacer frente al problema del año 2000. La información compilada mediante el cuestionario se difundirá entre los Estados Miembros. En la esfera de las salvaguardias, el Organismo ha convocado, para febrero de 1999, un seminario internacional sobre el problema del año 2000, ya que afecta a los sistemas relacionados con las salvaguardias y la seguridad de los materiales nucleares.

Para obtener información detallada y los informes sobre la marcha de los trabajos del OIEA en esta esfera, consulte los servicios *WorldAtom* del OIEA en Internet en <http://www.iaea.org>. Al problema del año 2000 se dedica una serie especial de páginas, incluidos los vínculos con las autoridades nacionales y otras organizaciones de los Estados Miembros del OIEA.

CONFERENCIA GENERAL APOYA FORTALECIMIENTO DE PROGRAMAS



Reunidos en la Conferencia General del OIEA, celebrada en Viena, los Estados apoyaron decididamente las medidas encaminadas a fortalecer los programas del Organismo relacionados con la verificación nuclear, la cooperación técnica, la radiación nuclear y la seguridad de los desechos. Durante las sesiones de clausura de la Conferencia, los Estados Miembros aprobaron resoluciones en cada una de estas esferas.

Ministros y representantes gubernamentales de alto nivel de 105 Estados Miembros del OIEA asistieron a la Conferencia General, celebrada del 21 al 26 de septiembre de 1998, en Viena. La Embajadora Roberta Lajous Vargas, de México, fue elegida Presidenta de la Conferencia General.

Entre las resoluciones aprobadas por la Conferencia figuran las siguientes:

- *Fortalecimiento de la eficacia y aumento de la eficiencia del Sistema de Salvaguardias y aplicación del modelo de Protocolo*
- *Fortalecimiento de las actividades de cooperación técnica del Organismo*
- *Seguridad de fuentes de radiación y de materiales radiactivos*
- *Seguridad en el transporte de materiales radiactivos*



- *Estudio de la situación radiológica en los atolones de Mururoa y Fangataufa*
 - *Convención sobre Seguridad Nuclear*
 - *Medidas para hacer frente a la cuestión del año 2000*
 - *Aplicación del Acuerdo entre el Organismo y la República Popular Democrática de Corea para la aplicación de Salvaguardias en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares*
 - *Aplicación de las resoluciones del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas relativas al Iraq*
 - *Medidas contra el tráfico ilícito de materiales nucleares y otras fuentes radiactivas*
 - *Ensayos nucleares*
 - *Aplicación de las salvaguardias del OIEA en el Oriente Medio*
 - *Plan para producir agua potable en forma económica*
 - *Consignaciones de Créditos para el presupuesto ordinario de 1999.*
- Se aprobaron gastos ascendentes a 224,3 millones de dólares de los Estados Unidos.

INSPECCIONES NUCLEARES DEL OIEA EN EL IRAQ

En una declaración, formulada el 16 de noviembre de 1998, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, acogió con satisfacción la decisión del Iraq de reiniciar la plena cooperación con el OIEA y la Comisión Especial de las Naciones Unidas.

El personal del OIEA, que el 11 de noviembre fue trasladado temporalmente en Bahrein por razones de seguridad, ha regresado a Bagdad e iniciado un intenso programa de inspecciones de las instalaciones a fin de seguir profundizando el conocimiento sobre la situación de los activos técnicos pertinentes del Iraq. El OIEA envió personal adicional a Bagdad para participar en estas actividades iniciales y proseguir la labor ya prevista con objeto de ejecutar plenamente el mandato del OIEA en ese país, incluido el derecho del personal al pleno y libre acceso.

En la declaración de noviembre, el Dr. ElBaradei señaló que espera poder informar al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas, en un futuro cercano, que el Organismo realiza todas las actividades necesarias con la total cooperación de las autoridades iraquíes.

- *Fondo de Cooperación Técnica de 1999.* Se aprobó una cifra objetivo de 73 millones de dólares de los Estados Unidos.

Los textos íntegros de las resoluciones, así como los documentos de la Conferencia, comunicados de prensa, exposiciones resumidas e informes de antecedentes, pueden obtenerse mediante los servicios WorldAtom del OIEA en Internet en <http://www.iaea.org/GC/gc42>.

DECLARACIONES DEL DIRECTOR GENERAL DEL OIEA

En noviembre de 1998, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, se dirigió a la Asamblea General de las Naciones Unidas para informar de la labor del Organismo y de sus retos futuros. El texto íntegro de la declaración puede obtenerse mediante los servicios *World Atom* del OIEA en Internet en <http://www.iaea.org>; para los enlaces con las declaraciones del Director General, seleccione la opción Índice Rápido.

En los servicios *WorldAtom* se han añadido, recientemente, las declaraciones formuladas por el Dr. ElBaradei en diversos países. Entre ellas figuran:

■ **La Cooperación Internacional y el Futuro de la Energía Nuclear-electrica**, declaración formulada ante el Congreso Europeo Nuclear de 1998, en Niza, Francia, 26 de octubre de 1998.

■ **Declaración formulada ante el Simposio Internacional sobre Contaminación Marina**, Mónaco, 5 de octubre de 1998. El Dr. ElBaradei hizo la declaración inaugural de este Simposio, que examinó importan-



tes proyectos de cooperación para la protección de mares y océanos.

(Véase el artículo de la página 51.)

■ **Declaración formulada ante la Reunión Ministerial para la Evaluación del Ambiente Marino de la Región del Mar Negro**, Mónaco, 5 de octubre de 1998. En el discurso inaugural, el Director General destacó los progresos alcanzados y los problemas observados en el contexto de los proyectos de cooperación del OIEA en el Mar Negro.

■ **La Contribución de la cooperación en materia de energía nuclear a una Nueva Era Mundial**, decla-

ración hecha el 30 de septiembre de 1998 en la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, París, Francia, en ocasión del cuadragésimo aniversario de la AEN.

■ **Discurso pronunciado ante el Consejo de la OCDE**, París, el 30 de septiembre de 1998. El Dr. ElBaradei presentó una reseña de la labor del OIEA en relación con los intereses de la OCDE.

Foto: El Secretario General de las Naciones Unidas, Sr. Kofi Annan, y el Dr. ElBaradei en Nueva York, en noviembre.

ESTADOS UNIDOS Y RUSIA FIRMAN ACUERDOS EN ESFERA NUCLEAR

Durante la Conferencia General del OIEA, celebrada en septiembre de 1998, en Viena, el Secretario de Energía de los Estados Unidos, Bill Richardson (*a la izquierda en la foto*) y el Ministro de Energía Atómica de la Federación de Rusia, Yevgeny Adamov, firmaron un acuerdo para crear empresas comerciales en diez "ciudades nucleares" rusas.

Firmaron además un informe conjunto que expone sucintamente el marco para solucionar los problemas relacionados con el acuerdo sobre la compra por parte de los Estados Unidos de uranio procedente de armas nucleares rusas (conocido como acuerdo



sobre el uranio muy enriquecido, o UME).

El informe conjunto sobre el UME proporciona el marco para eliminar posibles obstáculos interpuestos a la ejecución de un acuerdo firmado en 1993. En

virtud de ese acuerdo, Rusia convierte el uranio muy enriquecido, extraído de armamentos nucleares desmantelados, en uranio poco enriquecido que se envía a los Estados Unidos para utilizarlo en reactores nucleares comerciales.

SE ADHIEREN MAS ESTADOS A CONVENCIONES INTERNACIONALES

Durante el pasado año, un mayor número de Estados dieron pasos para adherirse a convenciones internacionales en materia de seguridad y esferas conexas, aprobadas bajo los auspicios del OIEA.

■ **Convención sobre Seguridad Nuclear.** En 1998, otros siete países aceptaron contraer obligaciones con arreglo a la Convención: Italia (15 de abril de 1998, ratificación), Portugal (20 de mayo de 1998, ratificación), República de Moldova (7 de mayo de 1998, adhesión), Ucrania (8 de abril de 1998, ratificación), Armenia (21 de septiembre de 1998, ratificación), Belarús (29 de octubre de 1998, adhesión) y Dinamarca (13 de noviembre de 1998, aceptación).

Hasta diciembre de 1998, sesenta y cinco Estados habían firmado la Convención y cuarenta y nueve países habían pasado a ser Estados Partes.

■ **Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos.** En 1998, otro grupo de Estados firmó o ratificó la Convención: Canadá (7 de mayo de 1998, firma y ratificación), Croacia (9 de abril de 1998, firma), Dinamarca (9 de febrero de 1998, firma), Grecia (9 de febrero de 1998, firma), Hungría (2 de junio de 1998, ratificación), Italia (26 de enero de 1998, firma), Noruega (12 de enero de 1998, ratificación), Perú (4 de junio de 1998, firma), Filipinas (10 de marzo de 1998, firma), España (30 de junio de 1998, firma), Austria (17 de septiembre de 1998, firma), Bulgaria (22 de septiembre de 1998, firma), Eslovaquia (6 de octubre de 1998, ratificación),

Alemania (13 de octubre de 1998, ratificación) y Australia (13 de noviembre de 1998, firma).

Hasta diciembre de 1998, treinta y siete Estados habían firmado la Convención y cinco Estados habían pasado a ser Estados Partes.

■ **Convención sobre la protección física de los materiales nucleares.** En 1998, Uzbekistán y Moldova depositaron instrumentos de adhesión (9 de febrero de 1998 y 7 de mayo de 1998, respectivamente) y Bosnia y Herzegovina, un instrumento de sucesión (30 de junio de 1998, con efecto a partir del 1º de marzo de 1992).

Hasta diciembre de 1998, el número total de Estados Partes en la Convención era de sesenta y tres países.

■ **Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares.** En 1998, Belarús depositó un instrumento de ratificación (9 de febrero de 1998), Moldova, un instrumento de adhesión (7 de mayo de 1998) y Bosnia y Herzegovina, un instrumento de sucesión (30 de junio de 1998, con efecto a partir del 1º de marzo de 1992).

Hasta diciembre de 1998, el número total de Estados Partes en la Convención era de treinta y un Estados.

■ **Protocolo de enmienda de la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares.** Hasta diciembre de 1998, catorce Estados habían firmado el Protocolo: Argentina, Belarús, Filipinas, Hungría, Indonesia, Italia, Líbano, Lituania, Marruecos, Perú, Polonia,

República Checa, Rumania y Ucrania.

■ **Convención sobre indemnización suplementaria por Daños Nucleares.** Hasta diciembre de 1998, trece Estados habían firmado la Convención: Argentina, Australia, Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, Italia, Líbano, Lituania, Marruecos, Perú, República Checa, Rumania y Ucrania.

■ **Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica.** En 1998, Moldova se adhirió a la Convención (7 de mayo de 1998) y Bosnia y Herzegovina, depositaron un instrumento de sucesión (30 de junio de 1998, con efecto a partir del 1º de marzo de 1992).

Hasta diciembre de 1998, el total de Estados Partes era de setenta y siete países.

■ **Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares.** En 1998, Moldova se adhirió a la Convención (7 de mayo de 1998) y Bosnia y Herzegovina, depositaron un instrumento de sucesión (30 de junio de 1998, con efecto a partir del 1º de marzo de 1992).

Hasta diciembre de 1998, el total de Estados Partes era de ochenta y dos países.

Para los informes actualizados de situación y los textos de las Convenciones, consulte los servicios WorldAtom del OIEA en Internet en <http://www.iaea.org>. En la primera página, para fácil acceso a las páginas, seleccione la opción "Nuclear Law" en el

SIMPOSIO SOBRE EL MEDIO OCEANICO MUNDIAL

El Simposio Internacional sobre contaminación marina, celebrado en Mónaco, puso recientemente de relieve los problemas clave que el mundo enfrenta y definió, en el programa mundial, las direcciones futuras en materia de cooperación. El Simposio —celebrado del 5 al 9 de octubre de 1998— fue copatrocinado por el OIEA, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Al Simposio asistieron destacados científicos de la esfera de la contaminación marina y representantes de los órganos pertinentes de las Naciones Unidas y otras organizaciones.

Al dirigirse al Simposio, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, subrayó la importancia de las investigaciones sobre contaminación marina, en las cuales los métodos nucleares e isotópicos desempeñan una importante función. En la reunión participaron más de 400

expertos internacionales de 61 Estados y ocho organizaciones internacionales. Se presentó un informe sobre los nuevos logros obtenidos en la determinación de las fuentes de contaminación; el comportamiento y destino final de los contaminantes presentes en el agua de mar, la biota y los sedimentos; el empleo de trazadores radiactivos y de otro tipo en estudios sobre los procesos de transporte y circulación oceánicas; los estudios de los lugares de vertimiento de desechos radiactivos y de ensayos nucleares; y la elaboración de modelos computarizados sobre el transporte de contaminantes. Se expusieron, además, los progresos alcanzados en las mediciones analíticas de alta sensibilidad de los contaminantes, y se hizo hincapié en los métodos nucleares e isotópicos. *El Journal of the Science of the Total Environment* ha previsto divulgar en detalle los documentos del Simposio. El OIEA publica las actas del Simposio.

Declaración del Mar Negro. Durante esa semana, los ministros de Medio Ambiente de países de la región del Mar Negro firmaron una Declaración en la

que se definen las actividades de cooperación futuras. Entre otros aspectos, la Declaración destaca la importancia de un proyecto de cooperación técnica del OIEA, dirigido a prestar ayuda a los países del Mar Negro en el perfeccionamiento de sus capacidades para realizar evaluaciones científicas del medio ambiente marino.

Para más información sobre el Simposio y el Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino, consulte los servicios *World Atom* del OIEA en Internet en <http://www.iaea.org/monaco>.

Foto: Los nuevos locales del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino (MEL), en Mónaco, quedaron oficialmente inaugurados en el contexto del Simposio del OIEA y en presencia del Príncipe Rainiero III (segundo de izquierda a derecha) y del Príncipe Alberto (a la izquierda). A la ceremonia de inauguración también asistieron el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei (a la derecha) y el Sr. Hugh Livingston, Director del MEL (tercero de izquierda a derecha).



OIEA: PROGRESOS EN LA VERIFICACION DE MATERIALES PROVENIENTES DE ARMAMENTOS DESMANTELADOS

Los Estados Unidos, Rusia y el OIEA proyectan adoptar nuevas medidas en el contexto de su "Iniciativa Trilateral" para investigar aspectos relacionados con la verificación por parte del OIEA de materiales fisionables provenientes de armamentos desmantelados que ya no se necesitan para los fines de la defensa. En septiembre de 1998, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, el Secretario de Energía de los Estados Unidos, Bill Richardson y el Ministro de Energía Atómica de la Federación de Rusia, Yevgeny Adamov, examinaron los progresos alcanzados en esta esfera en reunión celebrada durante la Conferencia General del OIEA.

La reunión tuvo lugar después de la Cumbre Estados Unidos-Rusia en la que los presidentes Yeltsin y Clinton firmaron, el 2 de septiembre de 1998, una Declaración Conjunta de principios sobre la gestión y evacuación del plutonio que ya no se necesita para los fines de la defensa, en la que figura el compromiso de los Estados Unidos y Rusia de desarrollar métodos y tecnología aceptables para la adopción de medidas relacionadas con la transparencia, incluidas las relativas a la verificación internacional pertinentes.

Rusia y los Estados Unidos han determinado, cada uno, alrededor de 50 toneladas de plutonio respecto de las cuales se adoptarán medidas mediante un futuro acuerdo bilateral que emanará de esta Declaración Conjunta. La gestión y evacuación de ese plutonio entrañará su almacenamiento durante un período prolongado. En los próximos años, se tomarán medidas para transformar ese plutonio en material no apto para armas nucleares.

Durante el pasado año, se celebraron talleres técnicos en los Estados Unidos, Rusia y en la sede el Organismo. En el próxi-

mo año, se proyecta realizar otros talleres en la medida en que los trabajos técnicos pasen de la teoría a la práctica.

Las Partes también tratan de elaborar un acuerdo modelo de verificación. Se prevé que otros Estados poseedores de armas nucleares puedan concertar acuerdos similares en consonancia con las futuras reducciones de armas, y será una de las vías mediante las cuales se llevaría a cabo la verificación internacional del desarme nuclear. Además, las Partes examinan diferentes modalidades de acuer-

dos financieros. Una de ellas es un Fondo para la Verificación del Control de Armas Nucleares, propuesto recientemente por el Dr. ElBaradei.

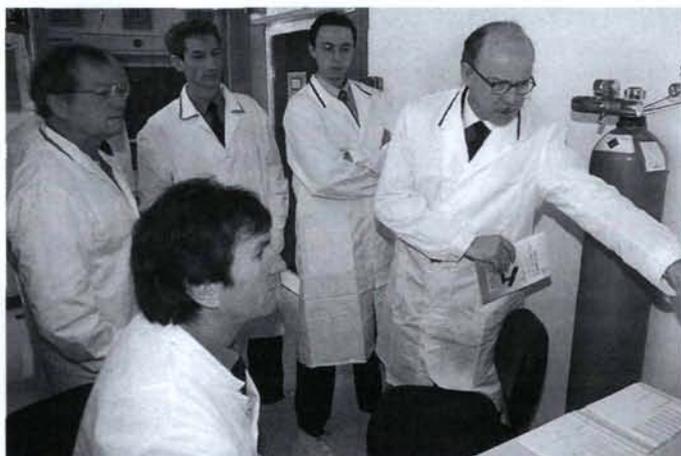
El Secretario Richardson, el Ministro Adamov y el Dr. ElBaradei acordaron que, en el próximo año, se llevarían adelante los trabajos para que las actividades de verificación comiencen cuando sea necesario. Acordaron que la Partes volverían a reunirse en septiembre de 1999 para examinar los progresos realizados y los planes.

NUEVO SISTEMA DE INSTRUMENTACION EN EL LAS

Especialistas del Laboratorio Analítico de Salvaguardias (LAS) del OIEA, en Seibersdorf, Austria, emplean un instrumento novedoso y eficaz para el análisis de los materiales nucleares. El nuevo instrumento analítico es resultado del apoyo conjunto prestado por Francia y el Reino Unido mediante sus respectivos programas de apoyo a las salvaguardias. El instrumento —un espectrómetro de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP/MS)— fue donado por el Reino Unido, y Francia proporcionó todo lo correspondiente: las cajas de guantes, la instalación, los ensayos de la unidad y la capacitación de los científicos de Seibersdorf.

El pasado año, como parte de las pruebas del sistema, los analistas del LAS utilizaron el nuevo instrumento para analizar las muestras recogidas durante las inspecciones de salvaguardias del Organismo. Estas mediciones se realizaron con pericia y precisión. En la actualidad, el LAS se propone utilizar el instrumento de manera más generalizada, a medida que se desarrollen otras nuevas tecnologías para la preparación de muestras.

En la foto de abajo aparecen analistas del LAS y funcionarios de Francia y el Reino Unido durante una demostración de la unidad.



Simposio sobre combustible gastado. Expertos de 35 países y cuatro organizaciones internacionales se reunieron recientemente en el Simposio Internacional del OIEA sobre almacenamiento de combustible gastado procedente de reactores nucleares, celebrado en Viena. En la reunión se examinaron la situación mundial y las políticas y prácticas nacionales. En *WorldAtom* del OIEA en www.iaea.org/worldatom/updates/spentfuel.html figura un resumen.

Cuarta Conferencia de las Partes en Buenos Aires. El OIEA participó como observador oficial en la Cuarta Reunión de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,

celebrada del 2 al 13 de noviembre de 1998, en Buenos Aires, Argentina. En estos momentos, el Organismo analiza las consecuencias para las perspectivas de la energía nucleoelectrica de los diferentes mecanismos aprobados durante la reunión como parte de un plan de acción adoptado por las Partes para ultimar los detalles pendientes del Protocolo de Kyoto de 1997.

Medicina nuclear en Internet. En todo el mundo podrá obtenerse, en Internet información actualizada y precisa sobre los más eficaces métodos de prevención, diagnóstico y tratamiento de problemas de salud, que emplean tecnologías nucleares. La iniciativa de la medicina nuclear en Internet es un esfuerzo conjunto del

OIEA, la Federación Mundial de Medicina y Biología Nucleares y la Cochrane Collaboration, organización no lucrativa, fundada en 1993. Para más información, consúltense las páginas "Human Health" en los servicios *WorldAtom* del OIEA en Internet.

Living with Radiation. La Junta Nacional Británica de Protección Radiológica publicó una nueva edición de su popular libro *Living with Radiation*. El libro de 70 páginas con ilustraciones ofrece información básica sobre las características, usos y riesgos de la radiación. Para obtener más información, diríjase a NRPB, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, o a su espacio en la Web en www.nrpb.org.uk.

Cooperación interinstitucional. La labor del Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiación de Alimentos —organismo interinstitucional compuesto por 47 países miembros— ha sido prorrogada por otros tres años. Su actual mandato debe concluir en mayo de 1999. El grupo es un órgano conjunto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Mundial de la Salud y el OIEA. Para obtener más información, diríjase a la División Mixta FAO/OIEA, que actúa de secretaria del grupo, en la sede del Organismo en Viena.

Corrección. En la página 25 del Vol. 40, No. 3, del *Boletín del OIEA*, apareció un error involuntario en un pie de foto. El texto del pie de foto debe ser: "Labor analítica que se realiza en el laboratorio químico de la Universidad de Malaya, en Malasia. La universidad fue sede de una reunión de los participantes en un programa coordinado de investigación (PCI), en junio de 1995." El editor lamenta el error y cualquier inconveniente que pueda haber causado a los lectores.

PTP

Professional Training Programs

Fifty Years of Creating Solutions for Your Training Needs

1998-1999 Courses

Introduction to Radiation Safety
Radiological Surveys in Support of Decommissioning
Environmental Monitoring
Applied Health Physics
MARSSIM
Gamma Spectroscopy
X-Ray Physics for Inspectors
Health Physics for the Industrial Hygienist
Air Sampling for Radioactive Materials

- Experienced Certified Health Physics instructors
- Hands-on exercises and laboratory activities
- Dedicated state-of-the-art nuclear instrumentation
- 13,000 square feet of classrooms and laboratories

Registrar, Professional Training Programs
Oak Ridge Associated Universities
P.O. Box 117, Oak Ridge, TN 37831-0117
Phone: 423-576-3576 • E-mail: Registrar@orau.gov
Please visit our Web site at <http://www.orau.gov/ptp/ptp.htm>

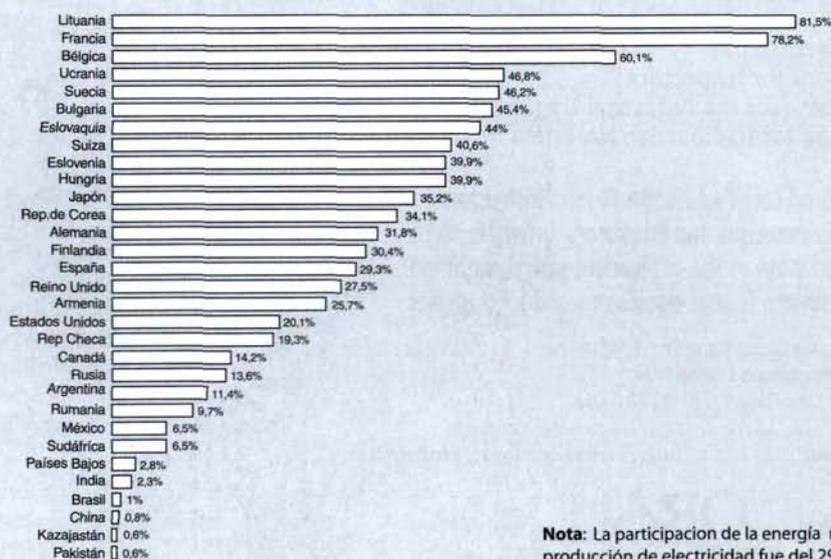
ORAU
OAK RIDGE ASSOCIATED UNIVERSITIES

REACTORES DE ENERGIA NUCLEOELECTRICA EN EL MUNDO

	En funcionamiento		En construcción	
	N° de unidades	MW(e) totales netos	N° de unidades	MW(e) totales netos
ALEMANIA	20	22 282		
ARGENTINA	2	935	1	692
ARMENIA	1	376		
BÉLGICA	7	5 712		
BRASIL	1	626	1	1 245
BULGARIA	6	3 538		
CANADÁ	16	11 994		
CHINA	3	2 167	4	3 090
COREA, REPÚBLICA DE	12	9 770	6	5 120
ESLOVAQUIA	4	1 632	4	1 552
ESLOVENIA	1	632		
ESPAÑA	9	7 320		
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	107	99 188		
FINLANDIA	4	2 455		
FRANCIA	59	62 853	1	1 450
HUNGRÍA	4	1 729		
INDIA	10	1 695	4	808
IRÁN, REP. ISLÁMICA DE			2	2 111
JAPÓN	54	43 850	1	796
KAZAJSTÁN	1	70		
LITUANIA	2	2 370		
MÉXICO	2	1 308		
PAÍSES BAJOS	1	499		
PAKISTÁN	1	125	1	300
REINO UNIDO	35	12 928		
REPÚBLICA CHECA	4	1 648	2	1 824
RUMANIA	1	650	1	650
RUSSIA, FEDERACIÓN DE	29	19 843	4	3 375
SUDÁFRICA	2	1 842		
SUECIA	12	10 040		
SUIZA	5	3 079		
UCRANIA	16	13 765	4	3 800
TOTAL MUNDIAL*	437	351 795	36	26 813

*El total incluye a Taiwán, China, donde hay seis reactores en funcionamiento con una capacidad total de 4884 MW(e). Situación hasta finales de marzo de 1998. Los datos que figuran en el cuadro y el gráfico infra son preliminares, se basan en los informes del OIEA y están sujetos a cambio. En 1997 se pararon ocho unidades, incluidas cinco en el Canadá que pueden volver a ponerse en funcionamiento en un futuro.

PARTICIPACIÓN DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA EN LA GENERACION DE ELECTRICIDAD EN PAISES SELECCIONADOS a marzo de 1998



Nota: La participación de la energía nucleoelectrónica en la producción de electricidad fue del 29,07% en Taiwán, China.

Nutrition Specialist, Nutritional and Health-Related, Environmental Studies Section, Division of Human Health, Department of Nuclear Sciences and Applications (98/082). This P-5 position assists and advises the Section Head of the Nutritional and Health-Related Environmental Studies Section in all matters relating to the promotion and use of nuclear and isotopic techniques in applications pertaining to human nutrition. The position requires an advanced university degree in a field of science related to the duties of the post; at least 15 years of recent relevant experience in the use of nuclear and isotopic techniques - in particular, in vivo isotope tracer techniques and mass spectrometry; close association with nutrition research in developing countries substantiated by a good publications record.; experience at the international level, including familiarity with relevant programmes of some of the other international organizations that are active in this area; proven scientific knowledge and administrative abilities suitable for leading a team engaged in using nuclear and isotopic techniques to help improve human health through better nutrition; ability to work with other scientists in collaborative ventures; good knowledge of nutritional physiology and biochemistry; good English report-writing and editorial capability; and the ability to use standard office PC software. Fluency in written and spoken English essential. Knowledge of French and/or Spanish is desirable, but not essential.
Closing Date: 8 April 1999

Systems Analyst, Systems Development Section, Division of Scientific and Technical Information, Department of Nuclear Energy (99/002). This P-3 position develops computerized systems to meet the overall needs of the Agency. The position requires an advanced university degree in software engineering or related field; a minimum of 6 years relevant experience in the development of software systems in accordance with formal methods and standards covering the full software development life-

cycle, and using modern tools and techniques; experience with a relational database management system (e.g. MS SQL Server), Visual Basic, SQL, Internet-based software development; experience in software project management; and experience in software process improvement, user interface design methods, as well as document management systems. Fluency in English essential. Managerial abilities to supervise small project teams are also required.
Closing Date: 19 April 1999

Translator, Chinese Translation, Division of Languages, Department of Administration (99/005). This P-3 post will translate scientific, technical, administrative and legal texts into Chinese from English and at least one other language; edit texts written in the language of the Section by persons of another mother-tongue; undertake any of the other duties normally carried out by translators in a Language Division of an international organization. The post requires an advanced university degree or equivalent; at least 3 years' relevant experience, a demonstrated aptitude for translation work, and the ability to handle difficult technical material; Chinese as mother-tongue or principal language of education, and the ability to write in a clear style; a very comprehensive knowledge of English and at least one other language from among Arabic, French, Russian and Spanish; a good command of German would also be an advantage.
Closing Date: 17 May 1999

Nuclear/Chemical Engineer, Waste Technology Section, Division of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology, Department of Nuclear Energy (99/004). This P-4 position advises and assists the Director of the Division on matters related to the management and disposal of radioactive waste with special reference to near-surface disposal of low- and intermediate-level radioactive waste resulting from nuclear power and nuclear energy

applications. The position requires an advanced university degree or equivalent in a field of science or engineering related to the duties of the post; experience in the field of radioactive waste management, especially in near-surface disposal of radioactive waste, of at least 10 years, of which some time should have been spent working at the international level; fluency in English is essential; knowledge of French, Spanish or Russian is desirable.
Closing Date: 17 May 1999

READER'S NOTE

The IAEA Bulletin publishes short summaries of vacancy notices as a service to readers interested in the types of professional positions required by the IAEA. They are not the official notices and remain subject to change. On a frequent basis, the IAEA sends vacancy notices to governmental bodies and organizations in the Agency's Member States (typically the foreign ministry and atomic energy authority), as well as to United Nations offices and information centres. Prospective applicants are advised to maintain contact with them. Applications are invited from suitably qualified women as well as men. *More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing to the Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.*

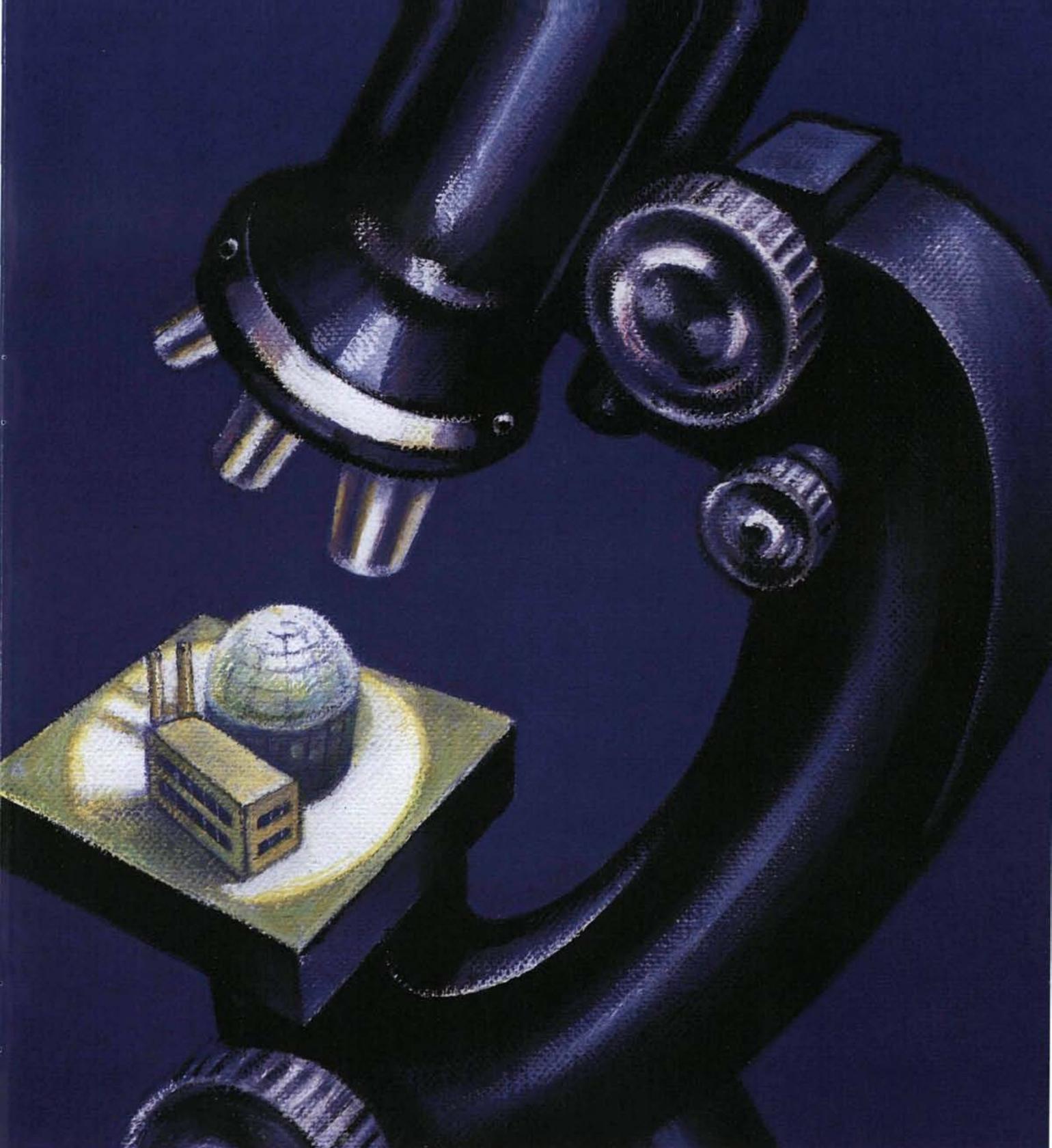
POST ANNOUNCEMENTS ON THE INTERNET

The IAEA's vacancy notices for professional positions, as well as sample application forms, are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet. *They can be accessed through the IAEA's World Atom services on the World Wide Web at the following address: <http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies>.* Also accessible is selected background information about employment at the IAEA and a sample application form. Please note that applications for posts cannot be forwarded through the computerized network, since they must be received in writing by the IAEA Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">  <p>PRIS</p> </div> <p>SISTEMA DE INFORMACION SOBRE REACTORES DE POTENCIA (PRIS)</p> <p>TIPO DE BASE DE DATOS Fáctica</p> <p>PRODUCTOR Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con 29 Estados Miembros del OIEA</p> <p>CONTACTO CON EL OIEA OIEA, Sección de Ingeniería Nucleoeléctrica P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria) Teléfono: (43-1) 2060 Télex: (1)-12645 Facsímil: (43-1) 20607 Correo electrónico: r.spiegelberg-planer@iaea.org <i>Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en: http://www.iaea.org/programmes/a2/</i></p> <p>AMBITO Información del mundo entero sobre reactores de potencia en explotación, en construcción, programados o parados, y datos sobre experiencia operacional de las centrales nucleares en los Estados Miembros del OIEA.</p> <p>MATERIAS ABARCADAS Situación, nombre, ubicación, tipo y proveedor de los reactores; proveedor del generador de turbina; propietario y explotador de la central; potencia térmica; energía eléctrica bruta y neta; fecha de inicio de la construcción, primera criticidad, primera sincronización con la red, explotación comercial, parada y datos sobre las características del núcleo del reactor y sistemas de la central; energía producida; pérdidas previstas e imprevistas de energía; factores de disponibilidad y de no disponibilidad energética; factor de explotación y factor de carga.</p>	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">  <p>AGRIS</p> </div> <p>SISTEMA INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGRICOLAS (AGRIS)</p> <p>TIPO DE BASE DE DATOS Bibliográfica</p> <p>PRODUCTOR Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en cooperación con 186 centros nacionales, regionales e internacionales del AGRIS.</p> <p>CONTACTO CON EL OIEA Dependencia de Tratamiento del AGRIS a/c OIEA, P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria) Teléfono: (43-1) 2060 Télex: (1)-12645 Facsímil: (43-1) 20607 Correo electrónico: heiga.schmid@iaea.org <i>Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en: http://www.iaea.org/worldatom/info/resource/agris/</i></p> <p>NUMERO DE REGISTROS EN LINEA DESDE ENERO DE 1996 HASTA LA FECHA más de 210 000</p> <p>AMBITO Información del mundo entero sobre ciencias y tecnología agrícolas, incluidos bosques, pesca y nutrición.</p> <p>MATERIAS ABARCADAS Agricultura en general; geografía e historia; educación, divulgación e información; administración y legislación; economía agrícola; desarrollo y sociología rural; ciencia y producción vegetal y animal; protección de las plantas; tecnología posterior a la cosecha; pesca y agricultura; maquinaria e ingeniería agrícolas; recursos naturales; procesamiento de productos agrícolas; nutrición humana; contaminación; metodología.</p>	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">  <p>NDIS</p> </div> <p>SISTEMA DE INFORMACION SOBRE DATOS NUCLEARES (NDIS)</p> <p>TIPO DE BASE DE DATOS Numérica y bibliográfica</p> <p>PRODUCTOR Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con el Centro Nacional de Datos Nucleares de los Estados Unidos, el Laboratorio Nacional de Brookhaven, el Banco de Datos Nucleares de la Agencia para la Energía Nuclear, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos en París (Francia) y una red de otros 22 centros de datos nucleares de todo el mundo.</p> <p>CONTACTO CON EL OIEA OIEA, Sección de Datos Nucleares P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria) Teléfono: (43-1) 2060 Télex: (1)-12645 Facsímil: (43-1) 20607 Correo electrónico: o.schewerer@iaea.org <i>Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en: http://www-nds.iaea.org/</i></p> <p>AMBITO Ficheros de datos numéricos sobre física nuclear que describen la interacción de las radiaciones con la materia, y datos bibliográficos conexos.</p> <p>TIPOS DE DATOS Datos evaluados de reacciones neutrónicas en el formato ENDF; datos de reacciones nucleares experimentales en el formato EXFOR, para reacciones inducidas por neutrones, partículas cargadas o fotones; períodos de semidesintegración nuclear y datos de desintegración radiactiva en los sistemas NUDAT y ENSDF; información bibliográfica conexa de las bases de datos CINDA y NSR del OIEA; otros tipos de datos diversos.</p> <p><i>Nota: Las recuperaciones de datos fuera de línea del NDIS pueden obtenerse también del productor en cinta magnética.</i></p>	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">  <p>AMDIS</p> </div> <p>SISTEMA DE INFORMACION SOBRE DATOS ATOMICOS Y MOLECULARES (AMDIS)</p> <p>TIPO DE BASE DE DATOS Numérica y bibliográfica</p> <p>PRODUCTOR Organismo Internacional de Energía Atómica en cooperación con la red del Centro de Datos Atómicos y Moleculares, un grupo de 16 centros nacionales de datos de varios países.</p> <p>CONTACTO CON EL OIEA OIEA, Dependencia de Datos Atómicos y Moleculares, Sección de Datos Nucleares Correo electrónico: j.a.stephens@iaea.org <i>Más información a través de los servicios de Internet del OIEA en: http://www.iaea.org/programs/ri/nds/amdisintro.htm</i></p> <p>AMBITO Datos sobre la interacción de los átomos, las moléculas y el plasma con la superficie, y las propiedades de los materiales de interés para la investigación y tecnología de la fusión.</p> <p>MATERIAS ABARCADAS Incluye datos formateados ALADDIN sobre la estructura y los espectros atómicos (niveles energéticos, longitudes de onda, y probabilidades de transición); choques de los electrones y las partículas pesadas con los átomos, iones y moléculas (secciones eficaces y/o coeficientes de velocidad, incluida, en la mayoría de los casos, el ajuste analítico de los datos); extracción de las superficies por la acción de los componentes básicos del plasma y la autoextracción: reflexión de las partículas en las superficies; propiedades termofísicas y termomecánicas del berilio y los grafitos pirolíticos.</p> <p><i>Nota: Las recuperaciones de datos fuera de línea y de datos bibliográficos, así como el soporte lógico y el manual de ALADDIN podrán obtenerse también del productor en disquetes, cinta magnética o copia impresa.</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para acceder a estas bases de datos, sírvase establecer contacto con los productores. Las informaciones de estas bases de datos también pueden adquirirse en forma impresa dirigiéndose al productor. Las de INIS y AGRIS se pueden obtener además en CD-ROM.

Para la amplia gama de bases de datos del OIEA, véanse los servicios **WorldAtom** Internet del Organismo en <http://www.iaea.org/database/dbdir/>.



NO-ONE KNOWS MORE ABOUT THE NUCLEAR INDUSTRY.

Wherever you look, you won't find anyone with a greater magnitude of nuclear experience than BNFL. Our know-how goes back over 45 years.

With our depth of knowledge and breadth of activity, no-one has a greater ability to provide an integrated nuclear solution. Nor will you see anyone more focused on customer needs.

Firstly, we've the expertise to manufacture fuel. Then, when it has been used, the technology to transport and recycle it back into new fuel.

And when it's time to decommission and clean up redundant plant, we are equally in demand - to the scale of £2.5 billion worldwide.

In fact, we're very visible in no less

than 11 key nuclear areas, including actual power generation.

If you want to see for yourself, you can find us in Belgium, China, France, Germany, Japan, Russia, Republic of Korea, UK, Ukraine and the USA.

To find out more about what we can do for you, contact The Commercial Department, BNFL, Risley, Warrington,

Cheshire WA3 6AS, UK. Tel +44 1925 832055, Fax +44 1925 834018, E-mail sales @BNFL.com or visit our website at www.BNFL.com



LUGARES DE VENTA DE LAS PUBLICACIONES DEL OIEA

En los países que se enumeran a continuación, las publicaciones del OIEA se pueden adquirir en los lugares que se señalan seguidamente o en las principales librerías del país. El pago se puede efectuar en moneda nacional o con cupones de la UNESCO.

ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn
Teléfono: +49 228 94 90 20
Facsimil: +49 228 21 74 92
Web site: <http://www.uno-verlag.de>
Correo electrónico: unoverlag@aol.com

AUSTRALIA

Hunter Publications, 58A Gipps Street Collingwood, Victoria 3066
Teléfono: +61 3 9417 5361
Facsimil: +61 3 9419 7154
Correo electrónico: jpdavies@ozemail.com.au

BELGICA

Jean de Lannoy, avenue du Roi 202
B-1190 Bruselas
Teléfono: +32 2 538 43 08
Facsimil: +32 2 538 08 41
Correo electrónico: jean.de.lannoy@infoboard.be
Web site: <http://www.jean-de-lannoy.be>

CHINA

Publicaciones del OIEA en chino: China Nuclear Energy Industry Corporation, Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing

DINAMARCA

Munksgaard Subscription Service, Nørre Søgade 35 P.O. Box 2148, DK-1016 Copenhagen K
Teléfono: +45 33 12 85 70; Facsimil: +45 33 12 93 87
Correo electrónico: subscription.service@mail.munksgaard.dk
Web site: <http://www.munksgaard.dk>

EGIPTO

The Middle East Observer
41 Sherif Street, Cairo
Teléfonos: +20 2 3939 732, 3926 919
Facsimiles: +20 2 3939 732, 3606 804
Correo electrónico: fouda@soficom.com.eg

ESLOVAQUIA

Alfa Press, s.r.o., Raianska 20
SQ-832 10 Bratislava
Teléfono/Facsimil: +42 1 7 5660489

ESPAÑA

Diaz de Santos, Lagasca 95, E-28006 Madrid
Teléfono: +34 91 431 24 82
Facsimil: +34 91 575 55 63
Correo electrónico: madrid@diazdesantos.es
Diaz de Santos, Balmes 417-419
E-08022 Barcelona
Teléfono: +34 93 212 86 47; Facsimil: +34 93 211 49 91
Correo electrónico: balmes@diazdesantos.com
Correo electrónico general: librerias@diazdesantos.es
Web site: <http://www.diazdesantos.es>

FRANCIA

Nucléon, Immeuble Platon, Parc les Algorithmes, Saint Aubin, P.O. Box 53, F-91192 Gif-sur-Yvette, Cedex
Teléfono: +33 1 69 353636; Facsimil: +33 1 69 350099
Correo electrónico: nucleon@wanadoo.fr

HUNGRÍA

Librottrade Ltd., Book Import
P.O. Box 126, H-1656 Budapest
Teléfono: +36 1 257 7777; Facsimil: +36 1 257 7472
Correo electrónico: books@librottrade.hu

INDIA

Viva Books Private Limited, 4325/3, Ansari Road, Darya Ganj, Nueva Delhi-110002
Teléfonos: +91 11 327 9280, 328 3121, 328 5874
Facsimil: +91 11 326 7224
Correo electrónico: vinod.viva@gndel.globalnet.ems.vsnl.net.in

ISRAEL

YOZMOT Ltd., 3 Yohanan Hasandlar St.
P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv
Teléfono: +972 3 5284851
Facsimil: +972 3 5285397

ITALIA

Libreria Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU", Via Coronelli 6, I-20146 Milán
Teléfono: +39 2 48 95 45 52, 48 95 45 62
Facsimil: +39 2 48 95 45 48

JAPON

Maruzen Company, Ltd., P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo Internacional
Teléfono: +81 3 3272 7211
Facsimil: +81 3 3278 1937
Correo electrónico: yabe@maruzen.co.jp
Web site: <http://www.maruzen.co.jp>

MALASIA

Parry's Book Center Sdn. Bhd.
60 Jalan Negara, Taman Melawati
53100 Kuala Lumpur,
Teléfonos: +60 3 4079176, 4079179, 4087235
Facsimil: +60 3 407 9180
Correo electrónico: hajja@pop3.jaring.my
Web site: <http://www.mol.net.my/~parrybook/parrys.htm>

PAISES BAJOS

Martinus Nijhoff International
P.O. Box 269, NL-2501 AX La Haya
Teléfono: +31 793 684 400
Facsimil: +31 793 615 698
Correo electrónico: info@nijhoff.nl
Web site: <http://www.nijhoff.nl>
Swets and Zeitlinger b.v.,
P.O. Box 830, NL-2160 SZ Lisse
Teléfono: +31 252 435 111
Facsimil: +31 252 415 888
Correo electrónico: info@swets.nl
Web site: <http://www.swets.nl>

POLONIA

Foreign Trade Enterprise
Ars Polona, Book Import Dept., 7 Krakowskie Przedmiescie Street, PL-00-950 Varsovia
Teléfono: +48 22 826 1201 ext. 147, 151, 159 Facsimil: +48 22 826 6240
Correo electrónico: ars_pol@bevy.hsn.com.pl
Web site: <http://www.arspolona.com.pl>

REINO UNIDO

The Stationary Office Ltd
International Sales Agency
51 Nine Elms Lane, Londres SW8 5DR
Teléfono: +44 171 873 9090
Facsimil: +44 171 873 8463
Correo electrónico:
Pedidos: book.orders@theso.co.uk
Informaciones: ipa.enquiries@theso.co.uk
Web site: <http://www.the-stationery-office.co.uk>

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA Y CANADA

Bernan Associates, 4611-F Assembly Drive, Lanham, MD 20706-4391, EE UU
Teléfono: 1-800-274-4447 (llamada sin cargo)
Facsimil: (301) 459-0056 / 1-800-865-3450 (llamada sin cargo)
Correo electrónico: query@bernan.com
Web site: <http://www.bernan.com>

SINGAPUR

Parry's Book Center Pte. Ltd
528 A Macpherson Road, Singapur 1336
Teléfono: +65 744 8673
Facsimil: +65 744 8676
Correo electrónico: hajja@pop3.jaring.my
Web site: <http://www.mol.net.my/~parrybook/parrys.htm>

FUERA DE LOS ESTADOS UNIDOS Y CANADA

Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones, Organismo Internacional de Energía Atómica, Wagramerstrasse 5
Apartado 100, A-1400 Viena, Austria
Teléfono: +43 1 2600 22529 (o 22530)
Facsimil: +43 1 26007 29302
Correo electrónico: sales.publications@iaea.org Web site: <http://www.iaea.org/worldatom/publications>

PROCEEDINGS SERIES

FUSION ENERGY 1996, VOLUME 3
Proceedings of an International Conference, Montreal, 7-12 October 1996)
ISBN 92-0-103997-2, ATS2200*

HARMONIZATION OF HEALTH-RELATED ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS USING NUCLEAR ANALYTICAL TECHNIQUES
Proceedings of an International Symposium Hyderabad, 4-7 November 1996
ISBN 92-0-103697-0, ATS1960

NUCLEAR DESALINATION OF SEAWATER
Proceedings of an International Symposium Taejon, Republic of Korea, 14-18 April 1997
ISBN 92-0-104097-0, ATS1680

EVALUATION OF GENETICALLY ALTERED MEDFLIES FOR USE IN STERILE INSECT TECHNIQUE PROGRAMMES
Proceedings of a Research Co-ordination Meeting
Clearwater, USA, 11-13 June 1994
ISBN 92-0-103897-6, ATS400

PANEL PROCEEDINGS SERIES
EXAMPLES OF SAFETY CULTURE PRACTICES
ISBN 92-0-302398-2, ATS320

SAFETY REPORT SERIES
PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN CENTRALES NUCLEARES
S ISBN 92-0-104996-X, ATS360

REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE SEGURO DE MATERIALES RADIATIVOS
(Edición de 1996)
S ISBN 92-0-302398-4, ATS320

TECHNICAL REPORTS SERIES (TRS)
DESIGN AND CONSTRUCTION OF NUCLEAR POWER PLANTS TO FACILITATE DECOMMISSIONING,
TRS No. 382, ISBN 92-0-100697-7, ATS440

CHARACTERIZATION OF RADIOACTIVE WASTE FORMS AND PACKAGES,
TRS No. 383, ISBN 92-0-100497-4, ATS480

GUIDEBOOK ON DESTRUCTIVE EXAMINATION OF WATER REACTOR FUEL,
TRS No. 385, ISBN 92-0-100897-X, ATS280

Con respecto a estos libros y otras publicaciones del OIEA para la venta se puede solicitar información a la División de Publicaciones del Organismo (correo electrónico: sales.publications@iaea.org). La lista completa de las publicaciones del Organismo puede consultarse por conducto de los servicios de Internet del Organismo WorldAtom en: <http://www.iaea.org>

*ATS (Chelines austriacos)

Canberra Safeguards Systems...



A World of Support

Safeguards requires experience, reliability, reproducibility, worldwide support and, above all, an understanding of the requirements of the various international and domestic agencies that share a common mission to control the spread of nuclear weapons. Safeguards is an application that requires a company like Canberra – a company that offers, not only the technical expertise, but also the experience and resources necessary to meet our customers' need for integrated and remote safeguards solutions.

The recent addition of the Aquila safeguards product lines of asset tracking devices, seals, and surveillance systems has increased our ability to meet the total needs of our safeguards customers.

Our commitment to nuclear safeguards is total – from portable instruments used to conduct independent verification measurements, to complex unattended safeguards measurement systems used to monitor nuclear material in the world's largest reprocessing plants – from surveillance cameras used to continuously record activities in safeguarded facilities to electronic tags and seals used to prevent undetected tampering of equipment or containers.

For the total solution to your safeguards requirements, contact Canberra to see how...

Real People tackle Real Challenges and offer Real Solutions.



Canberra Industries
800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 Toll Free 1-800-243-4422
FAX: (203) 235-1347 <http://www.canberra.com>

With Offices In: Australia, Austria, Belgium, Canada,
Central Europe, Denmark, France, Germany, Italy,
Netherlands, Russia, United Kingdom.

OIEA
PROYECTOS COORDINADOS DE INVESTIGACION

Utilización de técnicas nucleares con el fin de desarrollar prácticas de gestión integrada de nutrientes y agua para sistemas de agrosilvicultura

La agrosilvicultura es un sistema de utilización de la tierra en que los árboles se combinan de diversas formas con cultivos, pastos y animales con objeto de maximizar el ciclo de nutrientes y promover la conservación de suelos y aguas. Este proyecto se centrará en los beneficios en materia de recursos hídricos y nutrientes que proporcionan los árboles en sistemas combinados con la producción de cultivos. En las investigaciones se evaluará mediante técnicas nucleares la contribución de los árboles a la economía del carbono y del nitrógeno de los suelos a lo largo del tiempo. Se obtendrá un conjunto de datos mínimos sobre el agua del suelo para evaluar el efecto de los árboles en el agua disponible y los efectos ulteriores del agua en la disponibilidad y el ciclo de los nutrientes. Esta información se empleará para modificar las prácticas de gestión y mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos y los nutrientes en los sistemas de agrosilvicultura.

Biodosimetría por resonancia paramagnética de electrones (EPR)

El objetivo es elaborar métodos normalizados de biodosimetría por EPR con el fin de establecer procedimientos semejantes y poder comparar los resultados. En el año 2000 se prevé publicar la metodología unificada aprobada como informe de seguridad del OIEA.

Ensayos de parámetros de modelos nucleares para la evaluación de datos nucleares

El PCI está organizado con el fin de crear una biblioteca fiable y validada de parámetros de entrada para el cálculo de modelos nucleares de datos sobre reacciones nucleares. La biblioteca contendrá todos los parámetros de entrada necesarios para la evaluación teórica de secciones eficaces de reacciones nucleares respecto de aplicaciones de baja energía y se complementará con interfaces de programas informáticos normalizados con códigos de reacciones nucleares empleados normalmente para facilitar su uso en cálculos prácticos.

Actualización de patrones de datos de desintegración de rayos X y rayos gamma para la calibración de detectores

El objetivo del PCI es crear una base de datos de alta precisión e internacionalmente reconocida sobre patrones para mejorar la exactitud de calibración de los detectores en materia de salvaguardias, análisis de materiales, vigilancia ambiental, medicina, gestión de desechos, dosimetría y espectroscopia básica.

Dinámica del transporte de radionucleidos en recursos de agua dulce

El PCI tiene por objeto evaluar los factores de control de la migración de radionucleidos en el suelo y aguas subterráneas. Reviste particular interés la evaluación de los parámetros y pautas de migración de los radionucleidos en diversos medios geoquímicos durante un período relativamente largo (10-50 años). Se prevé que los resultados de este proyecto de investigación suministrarán datos para la validación de modelos matemáticos y ayudarán a elaborar medidas apropiadas para prevenir la contaminación de los recursos de agua dulce. El programa se ejecutará a lo largo de 1999 con la participación de investigadores en hidrogeología nuclear, autoridades encargadas de la calidad del agua, laboratorios de investigaciones básicas y universidades.

Degradación inducida por hidrógeno e hidruros de las propiedades físicas y mecánicas de las aleaciones basadas en circonio

El objetivo de la investigación es proporcionar datos y validar los modelos de predicción de la redistribución y precipitación del hidrógeno y la fisuración retardada de hidruros, transferir conocimientos especializados, particularmente en las esferas en que se necesitan interpretaciones cualitativas y subjetivas de los resultados.

Información preliminar sujeta a cambios. Para obtener información más completa acerca de las reuniones del OIEA se ruega dirigirse a la Sección de Servicios de Conferencia del OIEA en la Sede del Organismo en Viena, o consultar la publicación trimestral del OIEA *Meetings on Atomic Energy*, preparada por la División de Información Pública del Organismo, o a través de los servicios de Internet *WorldAtom* del OIEA en <http://www.iaea.org>. Para obtener más detalles sobre los programas coordinados de investigaciones del OIEA, dirigirse a la Sección de Administración de Contratos de Investigación en la Sede del OIEA. Los programas están encaminados a facilitar la cooperación a escala global en temas científicos y técnicos en diversas esferas, que van desde las aplicaciones de las radiaciones en la medicina, la agricultura y la industria hasta la tecnología nucleoelectrónica y la seguridad nuclear.



OIEA
SIMPOSIOS Y SEMINARIOS
1999

MAYO

Simposio Internacional sobre técnicas isotópicas para el aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos
Viena (Austria), 10 a 14 de mayo

Simposio Internacional sobre tecnologías del ciclo del combustible de MOX para su despliegue a mediano y largo plazos: Experiencias, progresos, tendencias
Viena (Austria), 17 a 21 de mayo

JUNIO

Conferencia Internacional sobre el fortalecimiento de la seguridad nuclear en Europa oriental
Viena (Austria), 14 a 18 de junio

AGOSTO

Simposio Internacional sobre tecnologías para la gestión de desechos radiactivos provenientes de centrales nucleares y las actividades de la parte final del ciclo del combustible nuclear
Taejon (República de Corea), 30 de agosto a 3 de septiembre

SEPTIEMBRE

Simposio Internacional sobre la utilización, seguridad y gestión de los reactores de investigación
Lisboa (Portugal), 6 a 10 de septiembre

Conferencia General del OIEA
Viena (Austria), 27 de septiembre a 4 de octubre

OCTUBRE

Seminario Internacional sobre técnicas de mutaciones y genética molecular para el mejoramiento de cultivos tropicales y subtropicales en la región de Asia y el Pacífico
Filipinas, 11 a 15 de octubre

Seminario Internacional sobre las salvaguardias internacionales fortalecidas: realizaciones hasta la fecha
Viena (Austria), 18 a 22 de octubre

Conferencia Internacional sobre irradiación para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos
Marraquech (Marruecos), 18 a 22 de octubre

Simposio Internacional sobre limpieza y restauración de emplazamientos con radiactividad residual
Estados Unidos, información preliminar

OTRAS REUNIONES EN 1999

Primera reunión de examen de las Partes Contratantes en la Convención sobre Seguridad Nuclear
Viena (Austria), 12 a 30 de abril de 1999

BOLETIN OIEA

REVISTA TRIMESTRAL DEL
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Publicado por la División de Información
Pública del Organismo Internacional de Energía
Atómica, Apartado de Correos 100
A-1400 Viena (Austria).
Tel.: (43-1) 2600-21270
Facsímil: (43-1) 26007
Correo electrónico: official.mail@iaea.org

DIRECTOR GENERAL: Dr. Mohamed ElBaradei
DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS:
Sr. David Waller, Sr. Bruno Pellaud,
Sr. Victor Mourogov, Sr. Sueo Machi,
Sr. Jihui Qian, Sr. Zygmund Domaratzki
**DIRECTOR DE LA DIVISION DE INFORMATION
PUBLICA:** Mr David Kyd

REDACTOR JEFE: Sr. Lothar H. Wedekind
AYUDANTES DE REDACCION:
Sra. Ritu Kenn
COMPOSICION/DISEÑO:
Sra. Ritu Kenn
COLABORADORES:
Sra. B. Amaizo, Sra. R. Spiegelberg
APOYO PARA LA PRODUCCION:
Sr. P. Witzig, Sr. R. Kelleher, Sr. D. Schroder,
Sr. R. Breiteneker, Sra. P. Murray,
Sra. M. Liakhova, Sr. A. Adler,
Sr. R. Luttenfeldner, Sr. L. Nimetzki

Ediciones en diversos idiomas

APOYO PARA LA TRADUCCION:

División de Idiomas del OIEA

EDICION EN FRANCÉS:

Sección de Traducción al Francés del OIEA;
Sra. V. Laugier-Yamashita, auxiliar de edición

EDICION EN ESPAÑOL: Equipo de Servicios de
Traductores e Intérpretes (ESTI), La Habana,
Cuba, traducción; Sr. L. Herrero, edición

EDICION EN CHINO: Servicio de Traducciones
de la Corporación de la Industria de la Energía
Nuclear de China, Beijing; traducción, impresión,
distribución

EDICION EN RUSO: JSC Interdiaklekt+, Moscú;
traducción, impresión, distribución

Publicidad

La correspondencia relativa a la publicidad debe
dirigirse a la División de Publicaciones del OIEA,
Dependencia de Promoción y Venta de
Publicaciones, Apartado de Correos 100, A-1400,
Viena (Austria). Para establecer contacto, véanse
más arriba los números de teléfono, facsímil y
correo electrónico

*El Boletín del OIEA se distribuye gratuitamente a
un número limitado de lectores interesados en el
OIEA y en la utilización de la energía nuclear con
fines pacíficos. Las solicitudes por escrito deben
dirigirse al Redactor jefe. Pueden citarse
libremente extractos de los textos del OIEA
contenidos en este Boletín del OIEA, siempre que se
mencione su origen. Cuando en un artículo se
indique que su autor no es funcionario del OIEA,
deberá solicitarse a ese autor o a la organización a
que pertenece permiso para la reimpresión del
material, a menos que se trate de reseñas. Las
opiniones expresadas en los artículos firmados o
en los anuncios de este Boletín no representan
necesariamente las del Organismo Internacional
de Energía Atómica y el OIEA declina toda
responsabilidad por las mismas.*

ESTADOS MIEMBROS DEL OIEA

1957 Afganistán Albania Alemania Argentina Australia Austria Belarus Brasil Bulgaria Canadá Cuba Dinamarca Egipto El Salvador El Salvador España Estados Unidos de América Etiopía Federación de Rusia Francia Grecia Guatemala Haití Hungría India Indonesia Israel Italia Japón Marruecos Mónaco Myanmar Noruega Nueva Zelandia Países Bajos Pakistán Paraguay Perú Polonia Portugal Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte República de Corea República Dominicana Rumania	Santa Sede Sri Lanka Sudáfrica Suecia Suiza Tailandia Túnez Turquía Ucrania Venezuela Viet Nam Yugoslavia 1958 Bélgica Camboya Ecuador Filipinas Finlandia Irán, Rep. Islámica del Luxemburgo México Sudán 1959 Iraq 1960 Colombia Chile Ghana Senegal 1961 Libania Mali República democrática del Congo 1962 Liberia Arabia Saudita 1963 Algeria Bolivia Côte d'Ivoire	Jamahiriya Arabe Libia República Arabe Siria Uruguay 1964 Camerún Gabón Kuwait Nigeria 1965 Costa Rica Chipre Jamaica Kenya Madagascar 1966 Jordania Panamá 1967 Sierra Leona Singapur Uganda 1968 Lichtenstein 1969 Malasia Niger Zambia 1970 Irlanda 1972 Bangladesh 1973 Mongolia 1974 Mauricio 1976 Emiratos Arabes Unidos	Qatar República Unida de Tanzania 1977 Nicaragua 1983 Namibia 1984 China 1986 Zimbabwe 1992 Eslovenia Estonia 1993 Armenia Croacia Eslovaquia Lituania República Checa 1994 Ex República Yugoslava de Macedonia Islas Marshall Kazajstán Uzbekistán Yemen 1995 Bosnia y Herzegovina 1996 Georgia 1997 Letonia Malta República de Moldova 1998 <i>Benin</i> Burkina Faso
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para la entrada en vigor del Estatuto del OIEA se requería la ratificación de dieciocho Estados. Al 29 de julio de 1957, los Estados que figuran en negrilla (incluida la antigua Checoslovaquia) habían ratificado el Estatuto. El año indica el de ingreso como Estado Miembro. Los nombres de los Estados no corresponden necesariamente a su designación histórica. El ingreso de los países que figuran en cursivas ha sido aprobado por la Conferencia General del OIEA y entrará en vigor una vez depositados los instrumentos jurídicos pertinentes.



El Organismo Internacional de Energía Atómica, creado el 29 de julio de 1957, es una organización intergubernamental independiente dentro del sistema de las Naciones Unidas. El Organismo, que tiene su Sede en Viena (Austria), cuenta actualmente con 128 Estados Miembros que mancomunadamente sus esfuerzos para realizar los objetivos principales del Estatuto del OIEA: acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero, y asegurar en la medida que le sea posible que la asistencia que preste, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares.

La sede del OIEA, en el Centro Internacional de Viena.

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50-90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY
ALOKA

ALOKA CO., LTD.
6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan
Telephone: (0422) 45-5111
Facsimile: (0422) 45-4058
Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102