

# Informes nacionales:

## SUECIA

### Vigilancia de la precipitación radiactiva

por Mikael Jensen y John-Christer Lindhé

La precipitación radiactiva procedente del reactor soviético de Chernobyl se detectó en Suecia por primera vez el 28 de abril, cuando en el turno matutino de la estación energética de Forsmark se observó un aumento progresivo de la radiactividad en el personal que pasaba por el monitor situado a la entrada de la estación. Una verificación de la contaminación superficial en la tierra realizada en la estación también arrojó valores elevados.

El emplazamiento del reactor se evacuó parcialmente, pero muy pronto se hizo evidente que en toda la costa oriental de Suecia habían aumentado los niveles de radiactividad. Las primeras mediciones que efectuó el Instituto de Investigaciones para la Defensa Nacional de Suecia (FOA) demostraron que la fuente de las emisiones no era una bomba nuclear atmosférica sino un accidente en un reactor nuclear. En el Instituto Sueco de Meteorología e Hidrología se calculan automáticamente las trayectorias inversas de las masas de aire y se transmiten diariamente al FOA. Esa mañana informaron que la fuente se encontraba en la dirección de Lituania, Bielorrusia y Ucrania. Las primeras sospechas recayeron sobre la gran central nucleoelectrónica de Ignalino, en Lituania, que está mucho más próxima a Suecia que Chernobyl.

De acuerdo con las mediciones de la radiactividad efectuadas en Suecia (en microrengeunio por hora a nivel del suelo) entre el 1º y el 8 de mayo de 1986, los niveles más elevados se registraron cerca de la ciudad de Gävle (400 microrengeunios por hora y más como valor medio en extensas zonas). Localmente los valores excedieron los 1000 microrengeunios por hora en zonas más pequeñas. En esa región llovió el lunes 28 de abril y en la mañana del martes 29 de abril.

#### Contramedidas adoptadas

Inicialmente el Instituto Nacional de Protección Radiológica de Suecia (SSI) recomendó no beber agua de lluvia recogida de lugares a la intemperie, y algunas otras restricciones secundarias. Sin embargo, muy pronto se hizo evidente que la única restricción necesaria en aquellos momentos era mantener a las vacas dentro de los establos en las regiones donde el contenido de cesio en los pastos sobrepasaba el kilobequerelio por metro cuadrado, que corresponde aproximadamente a una concentración total en la tierra de tres kilobequerelios por metro cuadrado. Las mediciones realizadas a la leche procedente de granjas sometidas a estudio en las que las vacas pastaron en zonas con altas concentraciones de cesio, arrojaron que la estimación había sido muy conservadora y dieron un margen sobradamente amplio para llegar al límite de 300 bequerelios

Los Sres. Jensen y Lindhé trabajan en el Instituto Nacional de Protección Radiológica de Suecia (SSI) en Estocolmo.

#### Depósito superficial en cuatro emplazamientos suecos (kilobequerelios por metro cuadrado)

Radionucleido	Estocolmo	Hallsåhammar	Tärnsjö	Hudiksvall
Circonio 95	1,5	0,7	1,0	0,2
Niobio 95	1,4	0,8	1,4	0,2
Molibdeno 99	0,8	1,3	4,4	1,2
Rutenio 103	1,0	2,1	7,7	2,2
Yodo 131	6,7	50	170	27
Telurio 132	1,6	22	210	13
Cesio 134	0,2	6,5	24	6,5
Cesio 137	0,3	8,2	32	5,7
Bario 140	2,0	10	36	9,0
Lantano 140	1,8	7,8	23	6,6
Neptunio 239	5,0	2,0	—	2,0
<b>Tasa de dosis (microsievert por hora)</b>	0,1	1	5	0,8

Notas: El cuadro muestra los resultados preliminares en algunas regiones con intensidad relativamente alta.

En Estocolmo las lecturas se hicieron en un césped fuera del laboratorio (depósito seco); en Hallsåhammar, en un espacio al aire libre al borde de un bosque; en Tärnsjö en suelo roturado de una región de altas precipitaciones; y en Hudiksvall, en una pista aérea mojada.

#### Sobre este artículo ...

Este informe es el primer intento de presentar un panorama de las recomendaciones hechas por el Instituto Nacional de Protección Radiológica de Suecia (SSI) y de las mediciones realizadas por muchas autoridades y organizaciones suecas después del accidente de Chernobyl.

Hubo dos factores que resultaron esenciales para la rapidez con que se efectuaron la localización geográfica de la precipitación radiactiva y el análisis detallado de su composición: la red de estaciones de muestreo del aire a nivel del suelo a cargo del Instituto de Investigaciones para la Defensa Nacional de Suecia (FOA) y la alta capacidad de análisis que mantuvo su Laboratorio de Detección Nuclear. Este Laboratorio también llevó a cabo el muestreo a grandes alturas con la ayuda de la Fuerza Aérea. Asimismo, su Grupo de Mediciones Gamma In Situ fue trasladado por todo el país en helicópteros de la marina para realizar mediciones confiables y detalladas del depósito en la etapa inicial.

Otros factores de especial utilidad fueron las estaciones de vigilancia del SSI ubicadas en toda Suecia con el fin de medir el depósito en el suelo y el gran sistema de detección por centelleo que la Compañía de Geología Sueca (SGAB) transportó en avión por todo el país. Ambos recursos dieron una visión general muy acertada de la distribución de la radiación.

Además, varios organismos externos efectuaron mediciones, incluidos los laboratorios de estaciones nucleoelectrónicas y universidades de Suecia.

La falta de tiempo no ha permitido que el SSI analice minuciosamente todos los datos, ni podemos garantizar que las organizaciones responsabilizadas con las distintas mediciones informadas al SSI hayan tenido el tiempo suficiente para evaluar y verificar sus datos. Posteriormente tendrán que obtenerse resultados y descripciones detalladas de las condiciones en que se efectuaron las mediciones.

por litro de cesio en la leche y los productos alimenticios. También se observó que el contenido de cesio disminuía al crecer la hierba nueva. Las restricciones se retiraron gradualmente, y el 25 de junio las vacas pudieron volver a pastar libremente en toda Suecia. Aún quedan pendientes de seguimiento muchas actividades. Además, es posible que la carne de renos y animales salvajes (sacrificados principalmente en el otoño) sobrepase el límite señalado.

Se observó que las medidas habituales de higiene del trabajo cumplían frecuentemente los requisitos de la protección radiológica. Ejemplo de ello son las medidas de protección contra el polvo que se suelen tomar al cambiar los grandes filtros de aire en las industrias.

### Vigilancia de la radiactividad en el aire

El FOA mide constantemente los radionucleidos presentes en el aire en las estaciones terrenas utilizando la ventilación forzada a través de filtros de fibras de vidrio y mediante aviones equipados con filtros de aire\*.

Tras el accidente de Chernobil, los filtros a nivel de la tierra se cambiaban cada tres horas, es decir, con una frecuencia mucho mayor que en situaciones normales. El FOA y la Fuerza Aérea analizaban diariamente la concentración de radionucleidos a alturas que oscilaban entre 100 y 800 metros en una ruta escogida sobre la base de las trayectorias previstas de las nubes.

Se encontró yodo 131 y otros radionucleidos en el aire a nivel del suelo. El yodo recogido en el filtro corresponde a una concentración máxima de alrededor de 10 bequerelios por metro cúbico para la zona de Estocolmo\*\*.

Se realizaron autoradiografías de partes de los filtros para hallar partículas calientes. Los estudios de espectroscopía gamma de estas partículas arrojaron un aumento previsto de elementos refractarios como el cerio, el rutenio, el circonio y otros. Resultó que las partículas calientes individuales que se detectaron en la tierra utilizando solamente un instrumento de detección de emisores gamma, emiten radiación a partir de radionucleidos casi puros de rutenio y molibdeno.

### Estudios realizados desde aviones

La Compañía de Geología de Suecia también realizó mediciones desde aviones que volaban a 150 metros de altura. Esas mediciones se utilizaron para dar un panorama inicial que fue complementado posteriormente con muestras de pastos y mediciones efectuadas por patrullas móviles (espectrometría gamma). (Estos estudios se consideran también útiles para la planificación de emergencia en caso de accidente en reactores de Suecia. Se prevé efectuarlos en un período intermedio, unos días después de ocurrido un accidente.) Los aviones llevan espectrómetros gamma que pueden utilizarse para describir la distribución de nucleidos individuales emisores de rayos gamma.

### Mediciones en el emplazamiento

El FOA hizo mediciones continuas en el lugar (utilizando un detector de germanio de alta resolución sostenido a un metro del suelo) en el Laboratorio de Estocolmo, y con su sistema móvil en varios lugares entre Malmö y Rudiksvall (véase cuadro adjunto).

El sistema móvil de espectroscopía también realizó mediciones de la nube localizada sobre el mar Báltico durante la

\* Para una descripción del método véase "The Swedish Air Monitoring Network for Particulate Radioactivity". (Véase *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. NS-29, N° 1 (febrero de 1982) Extracto.

\*\* Para calcular las dosis a partir de estas mediciones debe aplicarse un factor adecuado que tenga en cuenta el yodo que pasa por el filtro. En comparación con otras mediciones, el valor de este factor podría ser 3, nunca más de 5. (Esto correspondería, para la zona de Estocolmo, a una concentración máxima en el aire de  $3 \times 10 = 30$  bequerelios por metro cúbico para el yodo 131.)



Estaciones suecas para la vigilancia de la radiación

A fines de los años cincuenta Suecia creó un sistema integrado por cerca de 25 estaciones para vigilar constantemente la radiación gamma en el suelo ocasionada por la precipitación radiactiva procedente de los ensayos de armas nucleares en la atmósfera. A medida que disminuyó la precipitación radiactiva provocada por dichos ensayos, las estaciones se dedicaron a seguir las variaciones en la radiación natural de fondo. Ahora, en 1986, han demostrado ser muy útiles como medio para seguir los niveles de radiación gamma en todo el país tras un accidente nuclear de envergadura. Las estaciones están patrocinadas por el Instituto Nacional de Protección Radiológica de Suecia (SSI).

Estas estaciones utilizan una cámara ionizante ubicada a 2,5 metros del suelo, y registran la radiación gamma proveniente de la tierra así como la contribución constante de la radiación cósmica. El detector no puede discernir entre la radiación gamma de la tierra y la que procede del aire. En el caso de la baja actividad en el aire luego del paso de la nube procedente de Chernobil, la lectura del detector reflejaba principalmente el depósito en la tierra.

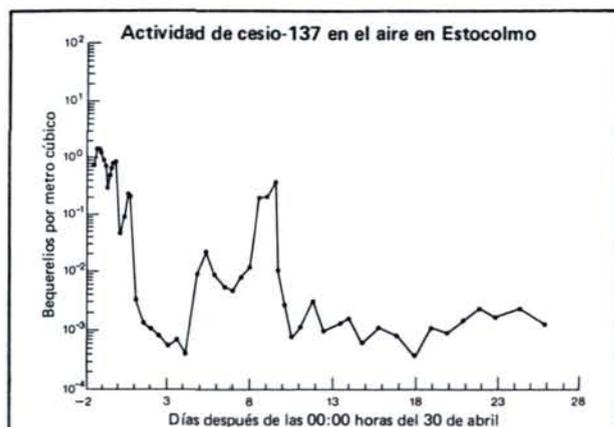
La información brindada por estas estaciones ha servido de valioso indicador de la tendencia general en todo el país. Todas las mañanas se contaba con la información de por lo menos algunas estaciones, lo que permitía a las autoridades informar sobre la tendencia que había existido la noche anterior.

noche del 28 de abril. Al avanzar la noche, la nube fue desintegrada por la lluvia, lo que ocasionó zonas de abundante depósito al sur de Gävle\*.

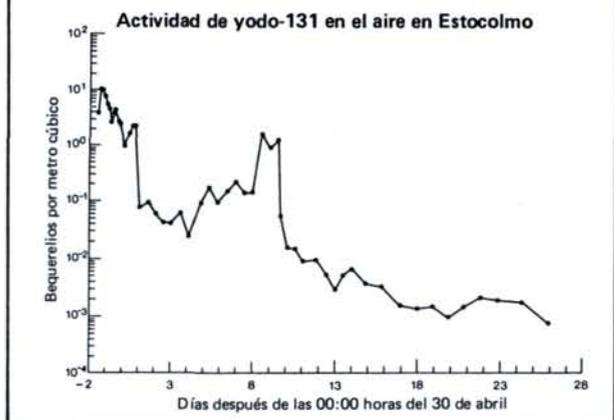
### Mediciones en la hierba

La importancia de efectuar mediciones en muestras de hierba surgió de la decisión de recomendar que el ganado se mantuviera en los establos hasta que las lecturas arrojaron un nivel aceptable, el cual se fijó en 10 kilobequerelios de yodo 131 por metro cuadrado (que corresponde a una concentración prevista en la leche de alrededor de 2 kilobequerelios por litro). Las muestras de hierba fueron

\* La nube y el depósito húmedo que ocasionó tenían una composición de nucleidos diferente a la del depósito seco. De mayor importancia resultó el aumento en 5 veces de la proporción de telurio 132 y yodo 131 en el depósito húmedo. Dado que el período de desintegración del telurio es más bien corto (3,25 días), los campos de precipitación radiactiva de alta densidad y depósito húmedo inicialmente se debilitarán con una rapidez un poco mayor que los campos de menor densidad y depósito seco.



Estos gráficos muestran la variación en las mediciones de los filtros (sin aplicar factores de corrección relativos a la eficiencia de los filtros) en las primeras dos semanas siguientes a la llegada de la nube radiactiva a Suecia.



tomadas y evaluadas por laboratorios de centrales nucleoelectricas de Suecia, por las universidades de Lund y Uppsala y por Studsvik Energiteknik AB.

### El agua y los alimentos

Las medidas de vigilancia relativas al agua y los alimentos se centran por lo general en el yodo 131, de período relativamente corto, y en el cesio 137 y el estroncio 90, de período largo.

El SSI controla el contenido de radiactividad en la leche de las centrales lecheras desde 1962. Después del accidente de Chernobil, el programa de muestreo se amplió para que abarcara once regiones principales donde se recogieron muestras diarias a partir del 29 de abril. Pocos días después (el 2 de mayo) el programa llegó a abarcar diariamente 42 centrales productoras de leche para el consumo en Suecia. Este control extensivo se reducirá cuando se haya estabilizado la situación, pero se seguirá verificando por más tiempo el contenido de actividad de período largo en la leche. Entre el 28 de abril y el 7 de mayo, la concentración de yodo 131 en la leche proveniente de centrales en Suecia fue de alrededor de 20 bequerelios por litro y el valor más elevado, que se registró en un distrito, fue de 200 bequerelios por litro.

Además de este programa nacional, se realizó una vigilancia detallada de la leche en una región (Gotland) donde se habían notificado altos valores de radiación gamma.

La mayoría de las vacas lecheras fueron estabuladas a fines de abril, pero el 2 de mayo se inició un programa limitado de muestreo en todo el país que incluía granjas donde no se habían estabulado las vacas. Ese mismo día, se alertó al personal de control de emergencia de las grandes centrales lecheras.

También se realizaron mediciones con la leche materna. En la zona de Estocolmo las muestras tomadas entre el 27 de abril y el 4 de mayo arrojaron las concentraciones bajas previstas de yodo 131 (de 8 a 25 bequerelios por litro).

El contenido de yodo 131 en la tiroides del personal del SSI y de otras personas en Estocolmo se calculó a partir de mediciones efectuadas en el Instituto. El contenido osciló entre algunos y hasta 100 a 200 bequerelios. Posteriormente se efectuaron mediciones en hospitales de diversos lugares del país que arrojaron valores igualmente bajos.

### Buques y vehículos

El SSI y otras instituciones efectuaron algunas mediciones en buques procedentes de países extranjeros. En algunos buques que habían atravesado el sur del mar Báltico durante los primeros días posteriores al accidente, se detectaron niveles de contaminación radiactiva de hasta 1000 kilobequerelios por metro cuadrado. Después de lavarse las cubiertas de los buques, la contaminación disminuyó considerablemente.

También se efectuaron mediciones de filtros de aire y de otras partes de equipos automotores y aviones donde cabía esperar que existieran concentraciones elevadas. En ninguno de los casos se obtuvieron tasas de dosis alarmantes.

El FOA hizo estudios en helicópteros de la marina que habían atravesado la nube radiactiva el 28 de abril. No se detectaron valores cercanos al nivel de actuación de 20 microsievert (2 milirem por hora) a una distancia de un metro.

### Autoridades suecas participantes

El Instituto Nacional de Protección Radiológica de Suecia (SSI) es la autoridad coordinadora en casos de precipitación radiactiva generalizada en tiempos de paz. Antes de Chernobil, el SSI había coordinado medidas de preparación en dos casos en que satélites nucleares penetraron nuevamente en la atmósfera terrestre.

El tipo de cooperación que sostiene con otras autoridades depende de la magnitud de los peligros de que se trate. Si existe un peligro muy grande e inminente, se da a los consejos de los 25 condados de Suecia amplias responsabilidades para coordinar las medidas de protección a sus niveles regionales. No se consideró necesario recurrir a este procedimiento tras el accidente de Chernobil, pero se mantuvo de reserva. Los consejos de condado recibieron una información regular sobre los acontecimientos.

Además del SSI, participó un gran número de autoridades centrales:

- FOA — Instituto de Investigaciones para la Defensa Nacional de Suecia (medidas de planificación, evaluación de los resultados y mediciones).
- SKI — Cuerpo de Inspectores de Energía Nuclear (situación existente en el reactor).
- SMHI — Instituto de Meteorología e Hidrología de Suecia (pronóstico meteorológico).
- LBS — Junta de Agricultura de Suecia (medidas agrícolas).
- SLV — Administración Nacional de Alimentos de Suecia (regulaciones alimentarias).
- SOS — Junta Nacional de Salud y Bienestar (tabletas de yodo, información al personal médico, información a las autoridades de salud de la comunidad).
- RPS — Junta Nacional de la Policía de Suecia.
- Autoridades a cargo del transporte vial, ferroviario, marítimo y aéreo.
- Autoridades de Defensa de Suecia para las fuerzas terrestres, navales y aéreas.

Además, participaron en la vigilancia gran cantidad de instituciones de investigación y compañías comerciales.

La información se hizo llegar a muchas embajadas de Suecia en el exterior. Se mantuvieron contactos con organizaciones internacionales como el OIEA, la Organización Mundial de la Salud, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, la Agencia para la Energía Nuclear y la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Se mantuvieron contactos bilaterales con autoridades de aproximadamente 20 países.