

## Perspectivas científicas después de Chernobil:

*Informes sobre temas tratados en las reuniones técnicas de la Conferencia Internacional celebrada en Viena 10 años después del accidente de Chernobil*

### CONSECUENCIAS PARA EL MEDIO AMBIENTE

*Informe presentado por la Sra. Mona Dreicer, de los Estados Unidos, quien actuó de Relatora, y el Académico Rudolf Alexakhin, del Instituto de Radiología Agrícola y Agroecología de Obninsk, Federación de Rusia, quien actuó de Vicepresidente de la Sesión monográfica 5: "Consecuencias para el medio ambiente".*

Una pregunta que a menudo hacen el público y las autoridades es: "¿Cuál es la opinión de los expertos sobre los daños que el accidente de Chernobil causó al medio ambiente, y qué puede esperarse en el futuro?"

Es difícil contestar con una sola respuesta, atendiendo a las grandes variaciones de los niveles de contaminación ambiental, la carencia de una unidad de medida común con la cual exponer las diversas consecuencias para el medio ambiente, y la amplia gama de posibles interpretaciones de las consecuencias. Tradicionalmente, en materia de protección radiológica se considera que el medio ambiente natural está protegido si la población humana está protegida. Por eso, en la mayoría de los casos, las consecuencias se analizan únicamente desde el punto de vista de su impacto sobre las personas. Esa es la razón por la que en los últimos diez años se han estudiado con perseverancia los métodos más eficaces para limitar el curso natural de la transferencia de radionucleidos en el medio ambiente (mediante las llamadas contramedidas). Al mismo tiempo que se ha proporcionado información importante para la formulación de una política de protección radiológica para las zonas afectadas por el accidente, se han hecho progresos en investigaciones radioecológicas fundamentales.

En este informe se presenta un breve resumen de estimaciones recientes de las primeras liberaciones al medio ambiente debidas al accidente de Chernobil, los efectos del aumento de los niveles de radiación observados en las plantas y los animales en zonas aledañas al emplazamiento, y el transporte de radionucleidos en el medio ambiente.

**Estimaciones recientes de las liberaciones radiactivas.** Diversas estimaciones coinciden ampliamente en cuanto a la liberación inicial al medio ambiente provocada por el accidente. La mayor parte del material liberado consistió en radionucleidos de período corto. Las liberaciones al medio ambiente de algunos radionucleidos importantes desde el punto de vista radiológico (yodo 131, cesio 134 y cesio 137) se calculan ahora en un factor de dos a tres mayor que en 1986, a saber, 2 exabequerelios (EBq), 50 petabequerelios (PBq) y 90 PBq, respectivamente. No obstante, la reevaluación del término fuente no ha repercutido en la evaluación de las dosis individuales, que se basaron en las mediciones medioambientales o las mediciones corporales totales realizadas en las zonas afectadas. El total de material radiactivo todavía presente en el medio ambiente al cabo de 10 años se ha desintegrado en unos 80 PBq de radionucleidos de período largo, principalmente el cesio 137 y el estroncio 90, o sea, un 1% de la cantidad total liberada. (Véase el cuadro de la página siguiente.)

Las pautas generales de contaminación debida a estos radionucleidos de período largo no han variado en lo fundamental en el último decenio, al registrarse un transporte secundario de material relativamente pequeño. Las partículas de combustible radiactivas liberadas por el reactor son uno de los factores de este accidente que lo diferencian del material de la precipitación radiactiva provocada por los armamentos. Cerca del reactor, estas partículas están empezando a desintegrarse y es necesario realizar nuevos estudios para comprender su distribución definitiva en el medio ambiente.

**Efectos directos en las plantas y los animales.** Inmediatamente después del accidente, las dosis más altas fueron recibidas por las plantas y los animales dentro de un radio de 30 kilómetros del reactor. Los niveles de contaminación alcanzaron en general varias decenas de megabequerelios (MBq) por m<sup>2</sup> (miles de Ci/km<sup>2</sup>) en algunas localidades y las dosis externas procedentes de los radionucleidos de período corto recibidas por la vegetación y los animales pequeños en el primer mes habrían sido por lo tanto del orden de varias decenas de gray (Gy). En el otoño de 1986, la tasa de dosis en la superficie del suelo se redujo en un factor de 100 del valor inicial.

## Efectos sociales, sanitarios y ecológicos



**Arriba:** Un castaño florecido dentro de la zona prohibida de 30 km. **Derecha:** Allí donde se talaron los bosques después del accidente, se están regenerando nuevos árboles cerca de la central de Chernobí, que se perfila en el horizonte. (Cortesía: Eric Voice)

Las radiolesiones directamente recibidas por plantas y animales fueron notificadas sólo en zonas locales dentro de la zona prohibida de 30 km. Distintos organismos del medio natural estuvieron expuestos a altas dosis, y algunos ecosistemas radiosensibles recibieron dosis letales. Estos efectos letales se observaron en los bosques de coníferas de las zonas más cercanas y en algunos mamíferos pequeños.

En algunos animales se observaron efectos directos graves de las altas dosis de radiación, pero no siempre influyeron significativamente en la modificación de la salud general de la población. Por ejemplo, las vacas que se alimentaron de pastos contaminados cercanos al reactor en la etapa inicial después del accidente, recibieron dosis en el tiroides del orden de cientos de Gy, lo que provocó la atrofia y total necrosis del tiroides. En el caso de otros ecosistemas, algunas plantas y animales, no se observaron efectos letales.

En la mayoría de los casos, las poblaciones de plantas y animales afectadas por las radiaciones volvieron a la normalidad algunos años después. Como ejemplo de ello puede citarse una extensión de 3000 hectáreas alrededor de la central: en 1988-1989, las coníferas dañadas habían recuperado sus funciones reproductivas, y hoy día parece probable que se recu-

**Material radiactivo residual en el medio ambiente mundial como resultado del accidente de Chernobí en abril de 1986**

Radionucleido significativo	Liberado en 1986 (PBq)	Restante en 1996 (PBq)	Restante en 2056 (PBq)
I-131	1200-1700	0	0
Sr-90	8	6	1,5
Cs-134	44-48	1,6	0
Cs-137	74-85	68	17
Pu-238	0,03	0,03	0,03
Pu-239	0,03	0,03	0,03
Pu-240	0,044	0,044	0,2
Pu-241	5,9	3,6	0,2
Am-241**	0,005	0,08	0,2

\*1PBq =  $10^{15}$  Bq. Estimación de la desintegración de las liberaciones ajustadas al 26 de abril de 1986, día del accidente.

\*\*La actividad del americio 241 en 1996 ha aumentado en relación con 1986, ya que es un nucleido descendiente del plutonio 241 (período de semidesintegración de 14 años). Este aumento ha de tenerse en cuenta en cualquier pronóstico radiológico; sin embargo, las dosis de americio 241 no excederán de las dosis actuales de otros radionucleidos.



perarán plenamente. Las tasas de dosis crónica de algunas zonas dentro de la zona prohibida de 30 km quizás hayan reducido la fecundidad de los animales de algunas especies, pero parece que otras poblaciones de animales ya se han recuperado. La importancia de los cambios observados en la salud a largo plazo de las poblaciones específicas es difícil de determinar en este momento.

En 1988-1989 los medios de comunicación informaron graves defectos congénitos en animales de labranza fuera de la zona de 30 km; sin embargo, se demostró que la frecuencia de estos defectos notificados era similar en regiones muy contaminadas y regiones no contaminadas de Ucrania, lo que llevó a

la conclusión de que los defectos no se debían al aumento de la dosis de radiación. No se ha vuelto a informar sobre efectos graves observados en animales de granja.

Ha habido algunos informes del daño causado a cromosomas del mitocondrio que han sido transmitidos a los descendientes en zonas con elevadas tasas de dosis, pero otras pruebas corroboran la recuperación general del daño radioinducido. Hoy día, no existe consenso en cuanto a las posibles consecuencias hereditarias a largo plazo para las plantas y animales de lugares donde las dosis fueron muy altas.

Diez años después, las principales fuentes de radiación crónica de dosis baja son los radionucleidos de cesio que aún quedan. La dosis externa en algunos lugares aislados todavía puede ser del orden de 1 mGy diario; no obstante, incluso en la zona de 30 km, el medio natural parece estar recuperándose. A resultas de la reubicación de las personas de esta zona, se han producido algunos cambios en las cantidades y en la variedad de las comunidades de animales y plantas, pero estos cambios han sido provocados por el desuso de la tierra, y no por los efectos de las radiaciones. Algunas poblaciones naturales han medrado como resultado de la falta de interferencia humana. No se han encontrado pruebas de que alguna especie de plantas o animales haya desaparecido de manera permanente de las zonas más contaminadas, salvo en los lugares donde las actividades de descontaminación incluyeron la eliminación de los suelos y alteraron de manera radical el ecosistema.

**Contaminación en el medio ambiente.** En el medio seminatural, los factores clave que limitan la migración de los radionucleidos de la capa vegetal a las plantas en los ecosistemas de las praderas son la arcilla, el contenido orgánico del suelo y la humedad del suelo. En general, la actual tasa de migración es lenta y sostenida, y se prevé que continuará así en los decenios venideros, incluso cuando el nivel de material radiactivo del suelo disminuya. Aunque la transferencia de estroncio 90 es más rápida que la de cesio 137, la influencia de los distintos tipos de suelo es similar. Esta tasa de transferencia es un factor importante que se ha de tener en cuenta al adoptar las decisiones relativas al uso a largo plazo de las praderas como fuente de pastos para las reses.

Hoy día, prácticamente toda la contaminación de los ecosistemas forestales se encuentra en la capa vegetal. En los árboles, el cesio radiactivo se concentra en los nuevos anillos de crecimiento debido a la transferencia desde el suelo a través de las raíces. Ello no constituye un problema importante, pero aumentará la concentración de cesio 137 en la madera. No se ha encontrado ninguna contramedida eficaz en función de los costos que reduzca esta transferencia.

Los animales de caza que pastan en prados seminaturales, bosques o zonas montañosas y los alimentos silvestres que consumen las personas, como las bayas y las setas, seguirán mostrando niveles elevados de cesio 137 en los próximos decenios. Estos alimentos pueden estar todavía contaminados por encima de los estrictos límites establecidos nacionalmente en zonas

de Belarús, Ucrania y Rusia, así como en los países nórdicos y el Reino Unido. El cesio 137 de estas zonas se seguirá transfiriendo a los productos alimentarios por más tiempo que a los medios agrícolas.

Desde 1986, en el medio agrícola se ha demostrado la aplicación eficaz de contramedidas que han dado por resultado importantes reducciones de cesio y estroncio en los alimentos. El nivel de contaminación, el tipo de suelo, la humedad del suelo y el tipo de cultivo son importantes factores influyentes. Por ejemplo, en dependencia del tipo de suelo, el factor de transferencia pasto-leche varía en varios cientos, lo que ilustra claramente que la aplicación adecuada de estas medidas depende mucho del lugar. Entre las contramedidas agrícolas relativamente sencillas, baratas y acertadas figuran el arado profundo de los suelos de superficie contaminados; la adición de fertilizantes u otros productos químicos a las tierras agrícolas; el cambio de cultivo; el cambio de regímenes de alimentación y los tiempos de sacrificio del ganado; el uso de salegares y bolos impregnados de "Azul de Prusia" para reducir la transferencia de cesio al ganado; y la reubicación de animales en pastizales no contaminados. (*Véase el artículo conexo en la página 38 del presente número.*)

Los ecosistemas acuáticos han demostrado ser tolerantes a la contaminación radiactiva que se concentra gradualmente en los sedimentos. Incluso en la piscina de desactivación de la central nuclear de Chernobyl, sólo determinadas poblaciones fueron afectadas, y no se han documentado efectos directos a largo plazo producidos por las radiaciones. La cantidad de material radiactivo que llegó a los sistemas acuáticos de agua dulce fue pequeña en comparación con la cantidad total que se depositó. Los niveles de actividad en las aguas de superficie disminuyeron drásticamente un mes después del accidente. A pesar de la opinión que tiene el público, los niveles de contaminación actuales de los embalses están muy por debajo de los criterios que indican la degradación de la calidad del agua. Sin embargo, los peces pueden acumular radionucleidos y tal vez sea necesario adoptar contramedidas en algunos lugares (incluso en países lejanos como Suecia).

**Conclusiones.** Cabe concluir que, en presencia de altos niveles de radiación, el medio ambiente natural mostró efectos a corto plazo en algunas zonas con altas tasas de dosis, pero queda por ver si existen repercusiones a largo plazo importantes; y que pueden adoptarse contramedidas eficaces para reducir la transferencia de contaminación del medio ambiente a la población humana, pero estas han de ajustarse bien a las condiciones específicas de cada lugar y ser evaluadas desde el punto de vista de su utilidad práctica. Si las contramedidas agrícolas se aplican de manera conveniente, la principal fuente de dosis futuras será la recolección de alimentos y las actividades recreativas en ecosistemas naturales y seminaturales.