

Radiación y medio ambiente: Evaluación de los efectos en las plantas y los animales

Reseña de un informe reciente publicado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes

por Gordon Linsley

El órgano internacional conocido como Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR) examina periódicamente los efectos de las radiaciones ionizantes en el medio ambiente. El año pasado, el Comité publicó por primera vez un informe que presentaba un estudio centrado específicamente en los efectos de las radiaciones ionizantes en las plantas y los animales*. Si bien el estudio no generó resultados extraordinarios, sí contribuye a que se preste especial atención a los cambios que experimenta la evaluación de los efectos ambientales potenciales de la radiación por la comunidad científica.

Anteriormente, las evaluaciones científicas habían considerado que las plantas, los animales y otros organismos vivos eran parte del entorno en que se dispersaban los radionucleidos. Más tarde se consideró que eran recursos que al contaminarse podían propiciar la exposición del hombre a las radiaciones, puesto que algunas plantas y animales son eslabones de las cadenas alimentarias y representan vías para la transferencia de radionucleidos a los seres humanos. En resumen, las evaluaciones reflejaban la posición generalmente aceptada de que se debería dar prioridad a la evaluación de las consecuencias para el ser humano, una de las especies mamíferas más radiosensibles; así como a la creación de una base sólida para la protección de la sanidad humana.

No obstante, en tiempos recientes se ha puesto en duda esta posición. Se ha demostrado que al menos existe un caso, a saber, los sedimentos marinos pelágicos, que se hallan en un medio de difícil acceso para el hombre, donde la prioridad antes citada podría ser incorrecta.** También se han observado efectos perjudiciales para el medio ambiente en zonas localizadas, a causa de las excesivas dosis de radiación de corta duración que las plantas y los ani-

males habían recibido después de grandes liberaciones accidentales de radionucleidos. Ese es el caso, por ejemplo, de las zonas afectadas por el accidente en los Urales sudorientales en 1957 y el de Chernobil en 1986.

El estudio más reciente del UNSCEAR se llevó a cabo en respuesta a tales preocupaciones y para demostrar de manera explícita que se puede tomar, y de hecho se está tomando plena conciencia, de los efectos potenciales de las radiaciones en el medio ambiente. En él se reconoce que las plantas, los animales y otros organismos del planeta están expuestos a la radiación interna generada por la acumulación de radionucleidos y a la exposición externa debida a la contaminación de sus respectivos entornos. En este artículo se destacan las principales conclusiones del estudio que realizó el UNSCEAR.

Contexto de las evaluaciones de las repercusiones ambientales

La existencia de radiación cósmica y radionucleidos naturales y artificiales en nuestro entorno entraña la consiguiente exposición de las poblaciones autóctonas de todos los organismos a las radiaciones. Se supone que la probabilidad de efectos nocivos para los seres humanos es mayor cuando las exposiciones exceden del intervalo de las tasas de dosis de la radiación de fondo. Cabe esperar lo mismo para otros organismos.

Sin embargo, existe una diferencia fundamental en el enfoque que se aplica para evaluar el riesgo.

*Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, UNSCEAR 1996 Report to the General Assembly, with Scientific Annex, United Nations sales publication E.96.IX.3 (1996).

***Assessing the impact of deep-sea disposal of low-level radioactive waste on living marine resources*, Technical Reports Series No. 288, OIEA, Viena (1988).

El Sr. Linsley es Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos, de la División de Seguridad Radiológica y Desechos

En los seres humanos, las consideraciones éticas sitúan al *individuo* como el principal objeto de protección. De hecho, esto significa que el riesgo adicional para una persona a causa de una mayor exposición a las radiaciones debe mantenerse por debajo de algún nivel que la sociedad considere aceptable. Aunque pequeño, este nivel de riesgo no es cero.

En el caso de otros organismos, la situación está menos definida. Los seres humanos exhiben una enorme gama de actitudes hacia las otras especies que habitan este planeta; pensemos, por ejemplo, en una población de mosquitos en un extremo y un panda gigante en el otro. Consideramos que en la inmensa mayoría de los organismos la *población* es importante y establecemos como un objetivo adecuado la protección de cada población contra cualquier riesgo adicional atribuido a las radiaciones. Las excepciones podrían ser las poblaciones pequeñas (especies raras) o las de lenta reproducción (prolongados intervalos entre generaciones, o baja fertilidad, o ambos), para las cuales podría ser más apropiado dirigir las medidas de protección al organismo individual.

Es probable que las respuestas sobre si estamos interesados en la protección de uno o muchos organismos difieran mucho cuando se trate de la evaluación de las repercusiones ambientales. Con toda certeza, no puede haber efectos a nivel de población (o a los niveles superiores de comunidad y ecosistema) si no los hay a nivel de cada uno de los organismos que integran las diferentes poblaciones. Sin embargo, esto no significa que los efectos radioinducidos localizables en algunos miembros de una población tendrían inevitablemente consecuencias significativas para la población en su conjunto.

Hay otros factores que también deben tenerse en cuenta al examinar la evaluación de las repercusiones ambientales. Por ejemplo, existen poblaciones naturales de organismos en un estado de equilibrio dinámico dentro de sus comunidades y entornos y las radiaciones ionizantes son solo una de las fuentes de tensión que pueden alterar ese equilibrio. Por ende, la exposición adicional debida a las actividades humanas no puede analizarse al margen de otras fuentes de tensión, como las de origen natural (o sea, el clima, la altitud, la actividad volcánica) o las creadas por el hombre (por ejemplo, las toxinas químicas sintéticas, las descargas de petróleo, la explotación para fines alimentarios o deportivos y la destrucción del hábitat). Cuando las radiaciones ionizantes y los productos químicos, ambos provenientes de actividades humanas, inciden a la vez en una población, lo que ocurre con frecuencia, resulta difícil atribuir con exactitud cualquier respuesta observada a una causa específica.

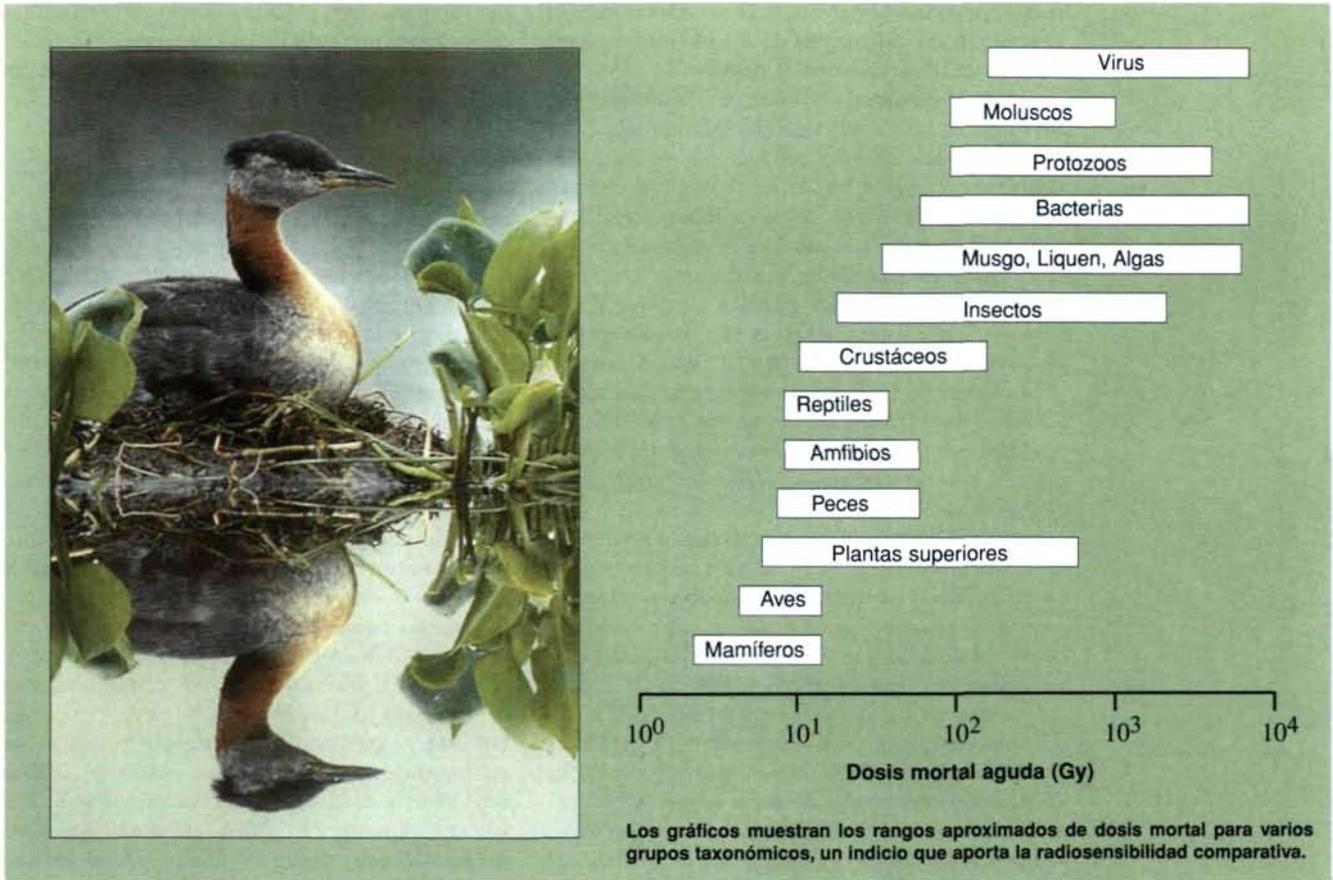
Conclusiones del estudio del UNSCEAR

Todos los organismos vivos existen y sobreviven en entornos donde están sujetos, en mayor o menor

grado, a radiaciones debidas a fuentes naturales y antropógenas, incluida la contaminación por la precipitación radiactiva mundial que generaban los ensayos nucleares atmosféricos. En ocasiones, y por lo general en zonas limitadas, se producen aumentos adicionales de exposiciones a las radiaciones, ya sea a causa de descargas autorizadas (controladas) de desechos radiactivos al aire, la tierra o los sistemas acuáticos, o de liberaciones accidentales. En la mayoría de los casos, estas radiaciones adicionales no han tenido ningún efecto aparente en las plantas y animales silvestres. Sin embargo, a raíz de accidentes graves, se han observado daños tanto en organismos individuales como en poblaciones, y podrían producirse efectos prolongados en comunidades y ecosistemas a causa del continuo aumento de la irradiación crónica.

La información existente sobre la exposición de los organismos silvestres a la radiación natural de fondo y de los radionucleidos contaminantes es relativamente escasa, pues se refiere a una variedad muy limitada de organismos, aunque en el caso del medio marino, sí ofrece un panorama suficientemente representativo del rango de los regímenes de tasa de dosis que pueden experimentarse. Dado que la mayoría de las estimaciones se derivan de mediciones localizadas de las concentraciones de radionucleidos dentro del organismo y en su entorno externo inmediato, o de modelos que presuponen un estado de equilibrio, existe muy poca información acerca de la variación temporal en las tasas de dosis que cabría esperar de las fluctuaciones de corta duración en las tasas de descarga, las diferentes etapas del ciclo biológico, los cambios de comportamiento y los factores ecológicos a corto plazo como la estacionalidad. De ahí que resulte muy difícil estimar a partir de la información existente las dosis totales que pueden acumularse en determinadas etapas del ciclo biológico, es decir, durante el desarrollo embrionario o hasta la edad reproductiva.

En cuanto a los medios terrestre y acuático, la radiación alfa parece contribuir notablemente a la tasa de dosis de radiación natural de fondo. El radón 222 y sus productos de desintegración de período corto parecen ser la principal fuente en el caso del primero; y el polonio 210, en el caso del segundo. Debido al corto rango de acción de las partículas alfa, las tasas de dosis absorbida se concentran en los tejidos, y los resultados subrayan la necesidad vital de disponer de información más pormenorizada sobre la distribución de los radionucleidos con relación a los objetivos biológicos que podrían considerarse importantes (por ejemplo, el embrión en desarrollo o las gónadas) a fin de obtener estimaciones precisas de la exposición a la radiación de fondo. El rango usual de la exposición a la radiación de fondo llega hasta unos cuantos microgray por hora, pero en casos excepcionales (por ejemplo, el hepatopáncreas de un pequeño camarón marino pelágico) la tasa de dosis absorbida puede llegar a los 150 microgray por hora.



Desechos radiactivos. Se ha reconocido que la liberación de desechos radiactivos al medio ambiente tiende a aumentar la exposición de los organismos silvestres a las radiaciones. El estudio de las evaluaciones publicadas indica que, en lo que concierne a las descargas a la atmósfera, los vertederos o las aguas superficiales, las exposiciones de algunos pero no todos los individuos a las radiaciones en poblaciones silvestres endémicas, podrían llegar a unos 100 microgray por hora en general; en casos excepcionales, en dependencia de las cantidades de radionucleidos específicos en los desechos, las tasas de dosis absorbida pudieran alcanzar varios miles de microgray por hora. Sólo en muy pocos casos las tasas de dosis estimadas a partir de la medición de las concentraciones de radionucleidos en el entorno contaminado han quedado confirmadas ampliamente por mediciones *in situ* utilizando dosímetros colocados en los animales.

Escapes. Las tasas de dosis en el medio ambiente a raíz de un escape dependen, claro está, de las cantidades de radionucleidos específicos de que se trate, la escala de tiempo de la liberación, las modalidades de dispersión y deposición iniciales, y su redistribución posterior debida a los procesos ambientales con el decursar del tiempo. También es obvio que estos escapes pueden generar tasas de dosis mucho más altas y dosis totales más altas en el medio ambiente que las operaciones normales. Así sucedió después de los accidentes en los Urales sudorientales

y Chernobil, donde diversos estudios han indicado que los árboles (y, por extensión dentro de límites razonables, otros organismos) cercanos al lugar del escape, podrían haber acumulado dosis de hasta 2000 y 100 gray en los lugares de ambos accidentes, respectivamente, en plazos relativamente breves. En ambos lugares, las exposiciones crónicas a más largo plazo debidas al depósito de radionucleidos de período más largo siguen siendo mucho mayores que las exposiciones debidas a la evacuación controlada de desechos.

A partir de esta información, cabe concluir que las respuestas de las plantas y los animales a las exposiciones crónicas a las radiaciones de hasta una dosis absorbida máxima de 1000 microgray por hora revisten interés ya que sirven de base para evaluar las repercusiones ambientales de las liberaciones controladas de desechos radiactivos; en la práctica, por ahora probablemente bastaría en la inmensa mayoría de los casos, con la información a tasas de dosis más bajas de hasta 100 microgray.

En situaciones de accidentes, la experiencia ha demostrado claramente que las tasas de dosis iniciales pueden llegar a ser tan altas que permitan la acumulación de dosis mortales en plazos relativamente cortos (días). Teniendo esto en cuenta, es preciso disponer de información que permita pronosticar el avance de la recuperación ambiental a tasas de dosis, crónicas a largo plazo generalmente

Radiosensibilidad comparativa entre organismos

más bajas, hasta el extremo superior (1000 microgray por hora) del margen de interés para evaluar las prácticas de evacuación de desechos.

Radio sensibilidad. El nivel de sensibilidad de los organismos ante los efectos mortales de las radiaciones es muy variado. Se elaboró una clasificación general basada en el volumen cromosómico de interfase de las células sensibles. Según estos y otros resultados de irradiaciones experimentales, los mamíferos son los más sensibles, seguidos de las aves, los peces, los reptiles y los insectos. Las plantas muestran un amplio rango de sensibilidad que por lo general coincide con el de los animales. Los musgos, los líquenes, las algas y los microorganismos, como las bacterias y los virus, son los menos sensibles a las exposiciones agudas a las radiaciones. (Véase el gráfico de la página anterior.)

La sensibilidad de los organismos a las radiaciones depende de la etapa de vida en que ocurre la exposición. Los embriones y las formas jóvenes son más sensibles que las adultas. Por ejemplo, se ha demostrado que los embriones de peces son muy sensibles. Las diferentes etapas de desarrollo de los insectos son muy importantes debido al nivel de sensibilidad que ellos presentan. En general, la información existente indica que la producción de descendientes viables mediante la gametogénesis y la reproducción es un atributo poblacional más radiosensible que la inducción de la mortalidad individual.

En las especies de plantas más sensibles, los efectos de la irradiación crónica se observaron a tasas de dosis de 1000 a 3000 microgray por hora. Se sugirió que las tasas de dosis crónica inferiores a 400 microgray por hora (10 miligray diarios) tendrían efectos, aunque moderados, en las plantas sensibles. No obstante, sería muy poco probable que tuvieran efectos nocivos en la mayor diversidad de plantas existentes en las comunidades vegetales naturales.

En el caso de la especie animal más sensible, los mamíferos, existen pocos indicios de que las tasas de dosis de 400 microgray por hora para los individuos más expuestos afectarían gravemente la mortalidad en la población. En cuanto a las tasas de dosis de hasta un orden de magnitud inferior (40 a 100 microgray por hora), podría afirmarse lo mismo con relación a los efectos en la reproducción. Con respecto a los organismos acuáticos, la conclusión general fue de que las tasas de dosis máximas de 400 microgray por hora para una pequeña proporción de los individuos y, por tanto, una tasa media inferior para el resto de los organismos, no tendrían efectos nocivos a nivel de población. Resulta muy difícil estimar las dosis de radiación necesarias para provocar un efecto nocivo considerable debido a la recuperación a largo plazo (con inclusión de la regeneración natural y la migración de individuos procedentes de las zonas aledañas menos afectadas), el comportamiento

de compensación y los múltiples otros factores de confusión presentes en las comunidades naturales de plantas y animales tanto en el medio terrestre como en el acuático.

Actividades y planes del OIEA en materia de protección ambiental

Los resultados del estudio del UNSCEAR sobre los efectos de las radiaciones en el medio ambiente confirman en términos generales las conclusiones de un estudio del OIEA publicado en 1992*. Asimismo, respaldan el consenso de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) en el sentido de que la norma de control ambiental requerida para proteger al hombre hasta el nivel que se considera conveniente en la actualidad garantizará que no se pongan en peligro otras especies.**

Sin embargo, tanto en el estudio del UNSCEAR como en el del OIEA se reconoce que hay circunstancias en que tal vez esta conclusión general no sea válida. Además, podría malinterpretarse la declaración hecha por la CIPR como reveladora de una falta de interés por el medio ambiente. Por esta y otras razones, en algunos países existe un movimiento encaminado a establecer normas específicas para la protección del medio ambiente. En un simposio del OIEA celebrado en 1996 se debatió este tema.*** Como reconocimiento al actual debate, el Organismo celebrará una serie de consultas especializadas durante 1997 y 1998 con el objetivo de determinar cuál es el criterio que prevalece entre los Estados Miembros a este respecto. En dependencia del resultado de tales debates, un objetivo puede ser la elaboración de una norma de seguridad que incorpore el consenso internacional sobre este importante asunto.

* *Effects of ionizing radiation on plants and animals at levels implied by current radiation protection standards*, Technical Reports Series No. 332, OIEA, Viena (1992).

** Comisión Internacional de Protección Radiológica, 1990. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60, Annals of the ICRP 21 (1-3) Pergamon Press, Oxford (1991).

*** Véase "Repercusiones ambientales de las liberaciones radiactivas: Estudio de problemas mundiales" *Boletín del OIEA*, Vol. 38 No. 1 (1996).