

## CONTRAMEDIDAS AGRICOLAS

*Informe presentado por John I. Richards, Jefe del Laboratorio FAO/OIEA de Agricultura y Biotecnología de los Laboratorios del Organismo en Seibersdorf, quien fue designado por la FAO para participar en la Conferencia Internacional sobre Chernobil, y Raymond J. Hance, Jefe de la Sección de Residuos y Productos Agroquímicos de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación.*

Una de las enseñanzas de Chernobil es que la agricultura es vulnerable a los efectos de un accidente nuclear que ocurra a cientos, e incluso a miles de millas del lugar. Es por ello que se hace necesario aplicar planes de contramedidas que puedan reducir la contaminación de los productos agrícolas, tenga o no el país su propio programa nuclear. Los objetivos primordiales de tales planes deben ser: reducir al mínimo la contaminación radiactiva de las cosechas y los productos pecuarios, y restablecer el uso productivo de la tierra en la medida y con la rapidez que resulten posibles. Estos objetivos deberán establecer un equilibrio entre los costos que se deriven para los gobiernos y los beneficios para la salud humana, así como entre los trastornos en la vida cotidiana y el bienestar de las comunidades. Es necesario que en los planes se especifiquen los niveles de radiación para los alimentos y piensos que requieren y se incluya una serie de contramedidas para proteger la agricultura en distintas posibles situaciones posteriores a un accidente.

Ya se han establecido criterios a nivel internacional para determinar los niveles de intervención. En general, la legislación en materia de alimentos prohíbe los niveles peligrosos de contaminación y no hace distinción entre los contaminantes, ya sean residuos de plaguicidas, metales pesados, micotoxinas, microorganismos patógenos o radionucleidos. En los niveles bajos de contaminación, donde el riesgo para la salud es bajo o difícil de eliminar totalmente, se fijan niveles de contaminantes que permiten vender, comprar y consumir los alimentos. Los límites deben ser inequívocos para facilitar su comprensión por parte de todos los encargados de controlarlos.

La Comisión Mixta FAO/OMS del Codex Alimentarius ha elaborado normas internacionales para la contaminación por radionucleidos que se deben aplicar a los alimentos que son objeto de comercio internacional. (Véase el cuadro.) Muchos países las han incluido en su legislación nacional debido, en gran parte, a que los niveles de intervención reconocidos internacionalmente contribuyen a mantener la credibilidad, la confianza y la fe en las autoridades nacionales, y a evitar

anomalías que de lo contrario podrían ocurrir en las fronteras de países vecinos. Además, la Organización Mundial de Comercio aplicará las normas del Codex.

Los niveles se basan en una serie de supuestos conservadores, para que exista la confianza de que en lo esencial no habrá efecto alguno durante la exposición de por vida. De ahí que, en caso de no disponer de alimentos alternativos, podrían aceptarse a corto plazo niveles más elevados. Por otra parte, podrían resultar convenientes niveles más bajos cuando, por ejemplo, la radiación externa represente un alto por ciento de la dosis total.

A la luz de todo lo anterior se puede apreciar que un propósito importante de las contramedidas agrícolas es aumentar al máximo la cantidad de alimentos producidos que cumplan los requisitos de intervención.

### Contramedidas agrícolas

El Programa conjunto FAO/OIEA sobre técnicas nucleares en la agricultura y la alimentación ha abordado las contramedidas agrícolas siguiendo tres vertientes. La primera fue recopilar toda la información y experiencia posibles obtenidas después del accidente de Chernobil, a fin de elaborar directrices para las contramedidas agrícolas. La segunda consistió en ayudar a los Estados Miembros afectados en la elaboración y puesta en práctica de contramedidas específicas. La tercera fue apoyar los trabajos de obtención de los datos que se pudieran utilizar para perfeccionar las contramedidas existentes o elaborar otras nuevas.

*Guidelines for Agricultural countermeasures Following an Accidental Release of Radionuclides (IAEA Technical Reports Series No. 363, 1994).* El accidente de Chernobil fomentó un número considerable de investigaciones científicas y los que hicieron frente a sus consecuencias adquirieron una vasta experiencia práctica. Este documento, elaborado por casi 40 científicos de 19 países, resume la información obtenida y tiene el propósito de brindar consejos generales sobre la elaboración de los planes de respuesta a las emergencias. Sus elementos principales son una estrategia general para aplicar contramedidas agrícolas, un examen de las contramedidas existentes con miras a la toma de decisiones, así como una orientación para elaborar directrices nacionales concretas. (La traducción al ruso del documento puede obtenerse como IAEA TECDOC-745.)

La eficacia de las medidas que se adopten para proteger al sector agrícola (las personas, la tierra, los cultivos y el ganado) contra los efectos de un accidente nuclear depende de los planes que se elaboren de antemano. En el documento se esboza una estrategia para la elaboración de planes de emergencia que no sólo deberían precisar crite-



En el sur de Belarús, donde hubo zonas afectadas por la precipitación radiactiva del accidente de Chernobil, los pequeños agricultores aplican contramedidas para reducir los niveles de contaminación en la leche, la carne y otros productos. Reciben asistencia en el marco de proyectos apoyados por el gobierno noruego y el programa FAO/OIEA. Las fotos muestran una pequeña granja típica de la región; equipo para la mezcla de los compuestos de "Azul de Prusia" y la elaboración de los bolos que se utilizan para reducir los niveles de radiocésio en las vacas; y científicos vigilando la radiactividad corporal gamma del ganado al que se le suministró Azul de Prusia.

*(Crédito: Richards/OIEA)*



**Niveles indicativos de radionucleidos en los alimentos tras una contaminación nuclear accidental, para su aplicación en el comercio internacional**

Dosis por unidad Factor de ingestión	Radionucleidos representativos	Nivel (Bq/kg)
<b>Alimentos destinados al consumo general</b>		
10 <sup>-6</sup>	Americio 241, Plutonio 239	10
10 <sup>-7</sup>	Estroncio 90	100
10 <sup>-8</sup>	Yodo 131, Cesio 134, Cesio 137	1000
<b>Leche y alimentos para niños</b>		
10 <sup>-5</sup>	Americio 241, Plutonio 239	1
10 <sup>-7</sup>	Yodo 131, Estroncio 90	100
10 <sup>-8</sup>	Cesio 134, Cesio 137	1000

*Notas:* Estos niveles deben aplicarse solamente a los radionucleidos que contaminan los alimentos que son objeto de comercio internacional después de un accidente y no a los radionucleidos naturales que siempre han estado presentes en el régimen alimentario. Las directrices del Codex Alimentarius rigen durante un año tras un accidente nuclear. Por accidente se entiende una situación en que la liberación no controlada de radionucleidos al medio ambiente da por resultado la contaminación de los alimentos que se ofrecen en el comercio internacional.

rios para adoptar medidas rápidas a corto plazo, sino también para aplicar otras a más largo plazo, que ayudarán mucho a mantener la confianza pública en la competencia e integridad de las autoridades.

El documento define dos fases distintas para el análisis de las contramedidas. Durante la planificación y preparación de las respuestas a un accidente, se deberían evaluar de manera general las posibles medidas de protección frente a una serie de accidentes hipotéticos verosímiles. A partir de aquí se pueden elaborar los primeros criterios de acción que deberán aplicarse inmediatamente por un corto plazo después de un accidente. Estos planes requieren una base de datos con información sobre la transferencia de los radisótopos de cesio y estroncio entre el suelo, el agua, las plantas, los animales y los peces de la localidad. Dichos isótopos son los más propensos a causar problemas más que transitorios a la agricultura. Además, debería incluir datos sobre los suelos, los patrones climáticos, las preferencias dietéticas locales, así como algunas contramedidas viables y sus costos estimados. Asimismo, se debe establecer una red de laboratorios para el análisis de radionucleidos.

La segunda fase comienza un tiempo después de ocurrido un accidente real, cuando se dispone de información concreta sobre su naturaleza y posibles consecuencias. Entonces es posible analizar la adopción de medidas protectoras específicas. No obstante, en muchos casos la gama de contramedidas estará limitada por factores sociales y la infraestructura de la región, por lo que resulta impor-

tante que la base de datos que se utilice en la adopción de decisiones incluya también esta información.

Más adelante en *Guidelines* se pasa a analizar algunas contramedidas agrícolas en particular y se hace una breve evaluación de su eficacia. Esas contramedidas se refieren a los efectos a largo plazo en la salud de la población humana; no se considera directamente el efecto más inmediato de la exposición a las radiaciones sobre la flora y la fauna.

Algunas medidas se podrán tomar antes y durante la deposición de la precipitación radiactiva, como cobijar a los animales y cubrir los almacenes de piensos y alimentos. Si se emite el aviso adecuado, tal vez se pueda cosechar un cultivo (pastos, granos, cultivos comerciales) antes de que ocurra la deposición.

Las contramedidas que se aplican durante las primeras semanas después de la deposición están relacionadas particularmente con la reducción de la exposición a los radionucleidos de período corto, como el yodo 131. Por tanto, las cosechas pueden recogerse y almacenarse, o se puede aplazar la recolección, para dar tiempo a que ocurra la desintegración radiactiva antes del consumo. De igual forma, la leche contaminada con yodo 131 se puede procesar en productos almacenables (como leche en polvo y queso).

Una vez que la contaminación radiactiva se ha distribuido por la biosfera, es necesario poner en práctica una gama más amplia de contramedidas que tengan en cuenta la transferencia de los radionucleidos correspondientes de los suelos a la cadena alimentaria. Por ejemplo, como la absorción de minerales por las plantas está relacionada con la abundancia disponible y relativa total de sus diferentes iones, la aplicación de altos niveles de fertilizante potásico puede reducir la absorción de radiocesio; y el abono con cal, puede reducir la absorción de radioestroncio al aumentar los niveles de calcio. En ocasiones es posible utilizar cultivos o variedades alternativos que acumulan niveles más bajos de radionucleidos que aquellos que normalmente se cultivan en una región, por ejemplo, cereales en lugar de verduras y pastos. Otra posibilidad es sembrar cultivos como la remolacha o la colza de semilla oleaginosa en los que se elabora el producto comestible y la contaminación disminuye. Con vistas a mantener alguna forma de agricultura siempre que sea posible, se debe tener en cuenta la posibilidad de producir cultivos no alimentarios como el lino y el algodón para fibras, las semillas oleaginosas para lubricantes o biocombustibles y las plantas ornamentales. Por último, el enterramiento del suelo superficial contaminado mediante la aradura profunda puede ser un procedimiento eficaz para las grandes granjas, siempre que dispongan de los arados apropiados.

La manera más eficaz de reducir la contaminación de los productos pecuarios es limitando la ingestión de radionucleidos o disminuyendo la

Nivel de contaminación de los pastos (Bq/kg)	*Ingestión/día (kBq)	Carne		Leche	
		Equilibrio del nivel de cesio 137 (Bq/kg)	Nivel de cesio 137 tras la ingestión de bolos (Bq/kg)	Equilibrio del nivel de cesio 137 (Bq/kg)	Nivel de cesio 137 tras la ingestión de bolos (Bq/kg)
250	17,5	280	90	112	34
500	36	700	234	280	94
1 000	70	1 400	450	550	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1 120	374
3 000	210	4 200	1 400	1 680	560
5 000	350	7 000	3 000	2 800	920
10 000	700	14 000	4 600	5 600	1 860

El cuadro muestra la relación entre los niveles de contaminación de los pastos y los niveles de cesio 137 en la carne y la leche, así como el efecto de la administración de bolos en los niveles de la carne y la leche.

\* Supone un consumo diario de 70 kg de hierba fresca por animal.

absorción de éstos en los animales. La alimentación con piensos almacenados y no contaminados es un ejemplo de la primera vía, mientras que el uso del Azul de Prusia (que posteriormente se analiza en más detalle) es un ejemplo de la segunda. En el caso de los animales productores de carne, quizás no sea necesario alimentarlos con pienso no contaminado hasta poco antes de su sacrificio ya que, por ejemplo, el período biológico del radiocesio es de dos a cuatro semanas en dependencia de la especie. Lo ideal sería complementar esta medida con la vigilancia de los animales vivos en el matadero o en la granja, a fin de determinar cuáles necesitan una alimentación más prolongada con pienso no contaminado. En cuanto a los animales de caza, pudiera resultar eficaz cambiar la temporada de caza cuando los animales tienen hábitos de alimentación estacionales. Por ejemplo, las setas y los líquenes, que pueden estar altamente contaminados, tienden a proliferar en otoño, por lo que no se debe cazar a los animales durante esa estación.

Estos son solamente ejemplos de contramedidas, pero existen muchas otras posibilidades. No obstante, las decisiones sobre cuándo aplicar contramedidas y cuáles son las adecuadas requieren información sobre el tipo y la magnitud de la contaminación radiactiva. Dado que para dar una respuesta eficaz se necesita una infraestructura considerable, una extensa sección de *Guidelines* se refiere a las estructuras de organización. Por último, el documento examina brevemente las respuestas de países seleccionados al accidente de Chernobil.

### Asistencia en la aplicación de contramedidas en zonas contaminadas

Las numerosas y diferentes contramedidas aplicadas en Belarús, Ucrania y Rusia occidental tras el

accidente de Chernobil redujeron significativamente la contaminación por radiocesio de la leche y la carne producidas en granjas estatales y colectivas. Sin embargo, por razones económicas, a los pequeños agricultores les resultó difícil aplicar muchas de las contramedidas. En 1990, 50000 vacas lecheras seguían produciendo leche que excedía de los niveles tolerables temporales o TPL, (111 Bq/L en Belarús; 370 Bq/L en Ucrania y Rusia). Por tanto, era necesario aplicar un método alternativo que fuera sencillo, eficaz y barato.

Un proyecto auspiciado por el Gobierno de Noruega ideó una contramedida para disminuir los niveles de radiocesio en los rumiantes domesticados y salvajes utilizando una mezcla de compostos conocida como "Azul de Prusia" (AP). En el proyecto, ejecutado por conducto de las Naciones Unidas, participaron la Universidad Agrícola y el Instituto de Higiene Radiológica de Noruega, el Instituto Ucrainiano de Investigaciones de Radiología Agrícola de Kiev, la Filial belarusa del Instituto Nacional de Radiología Agrícola de Obninsk, y la Queen's University de Belfast. Los Laboratorios del Organismo en Seibersdorf, la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura y la Alimentación y la División de Seguridad Nuclear del OIEA tuvieron a su cargo la coordinación y el suministro de servicios especializados, equipo y materiales a los principales institutos homólogos de tres países con miras a realizar pruebas en los pueblos más afectados.

En 1990 y 1992 se realizaron pruebas satisfactorias con más de 3000 vacas en 21 asentamientos de Belarús, 10 000 vacas en 54 asentamientos de Ucrania y una cantidad no especificada de ganado bovino en pueblos de Rusia. Posteriormente, el Ministro de Agricultura de cada Estado autorizó la difusión del uso del AP en la ganadería para disminuir el contenido de cesio 137 en la leche y la carne.

### Efectos de las contramedidas en los niveles de cesio137 en la leche y la carne

Beneficio	Comentario
Reducción de la dosis individual	Reducción general de un 60% (probablemente sea más del 80% en las zonas donde el factor de absorción del suelo a la hierba es particularmente alto)
Dosis colectiva	Quizás unos cientos de Sv-hombre; relativamente baja por la cantidad sumamente baja de los TPL que se utilizan en la CEI. De todas maneras es eficaz en función de los costos.
Producción adicional de leche	Unos 50 millones de litros de leche adicionales al año satisfarían los TPL sin necesidad de distribuir alimentos y leche no contaminados.
Pienso no contaminado necesario para la producción de leche	El tiempo necesario de "alimentación no contaminada" se podría reducir en 40-50 días, lo que reduciría en un factor de cinco la zona de pasto "no contaminado" necesario.
Social/psicológico	Unos 50 000 agricultores pudieron reanudar sus prácticas agrícolas tradicionales, con el consiguiente aumento del sentido de bienestar y de mejoramiento de la calidad de sus vidas. Muchos agricultores que debían ser desplazados ya no tendrían que mudarse.
Indemnización	Se podría reducir en un 50% la cantidad de personas que reciben indemnización por exceder de una norma anual.

**Resumen de los beneficios que brindan los compuestos de Azul de Prusia**

El término "Azul de Prusia" se refiere a cierto número de ferratos hexacianos férricos; quizás el cianoferrato férrico de amonio (o AFCF) sea el compuesto aglutinante de cesio más comúnmente utilizado. Cuando llega al rumen en forma de bolo, como parte del pienso concentrado compuesto, salegar, o simplemente espolvoreado en el alimento, el AFCF reacciona en el intestino con el radiocesio ingerido y forma un complejo que se elimina en el excremento en lugar de pasar al torrente sanguíneo del animal. El radiocesio aglutinado por el AP en el estiércol sólo llega muy lentamente a las plantas. En dependencia de la dosis y el tipo de compuesto de AP que se administre, es posible llegar a reducir de dos a ocho veces el contenido de radiocesio en la leche y la carne del ganado vacuno que se alimenta de pasto contaminado. Esto reduce considerablemente la dosis interna al consumidor humano y a menudo basta para permitir que las comunidades rurales permanezcan en zonas contaminadas. Gracias a ello, ha disminuido la necesidad de desplazar a comunidades enteras con los consiguientes traumas, y evitando enormes costos. Así, no es extraño que los beneficios que reporta el uso de los compuestos de AP hayan sido tan bien recibidos por los agricultores y el gobierno.

A pesar de los resultados satisfactorios de las contramedidas aplicadas en las granjas estatales y colectivas y de que ahora se producen alimentos con un contenido de radionucleidos aceptablemente bajo en antiguas tierras contaminadas, la aceptación por parte del público de alimentos no contaminados

procedentes de estas áreas sigue siendo un problema. Es por ello que las autoridades de Belarús y Ucrania están ansiosas por utilizar esta tierra con otros fines. El Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, mediante su programa conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, está apoyando un proyecto en Belarús destinado a investigar las posibilidades de semillas oleaginosas (principalmente la semilla de colza) como cultivo alternativo. Las investigaciones iniciales indican que el aceite producido a partir de ciertas variedades de colza en tierras con niveles de radiocesio de entre 15 y 40 Ci/km<sup>2</sup> no contiene ese radionucleido (ni radioestroncio), y que la contaminación queda limitada a la paja y a la harina de colza residual. En 1995 las autoridades belarusas sembraron semillas de colza en unas 20 000 hectáreas de tierra contaminada y tienen planes de refinar el aceite para obtener lubricantes que actualmente tienen que importar. Si el proyecto triunfa, la extensión del área de tierra sembrada se duplicará o triplicará con miras a producir lubricantes.

El OIEA también está brindando asistencia a Ucrania para mejorar los conocimientos prácticos y las instalaciones para la medición, el control y posterior reducción de radionucleidos en los alimentos. El programa tiene su centro en la Planta Integrada de Elaboración de Leche en Conserva de Ovruch, que procesa diariamente de 200 a 500 toneladas de leche en gran parte procedente de granjas de la zona contaminada de Chernobil. El gobierno de los Estados Unidos está facilitando recursos adicionales para evaluar un sistema comercial de separación magnética para descontaminar leche líquida.

**Obtención de datos.** El programa de Cooperación Técnica del Organismo está brindando asistencia a Belarús en la obtención de nuevos datos sobre la presencia y migración de radionucleidos en suelos, bosques y masas de agua. Dichos datos se utilizarán para pronosticar las probabilidades de éxito y el tiempo que se necesita para normalizar la actividad económica de las regiones contaminadas.

**Aplicación de las enseñanzas extraídas**

Los valores de la transferencia de radionucleidos entre diferentes componentes de la biosfera y la experiencia en la respuesta a las consecuencias de un accidente nuclear están limitados en gran medida a regiones templadas, sobre todo en Europa. Sin embargo, existen centrales nucleares en algunas partes del mundo que posiblemente afectarían a países tropicales en caso de un accidente. Por tanto, se está llevando a cabo un Programa Coordinado de Investigación (PCI) en el que participan la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos



del OIEA y la División Mixta FAO/OIEA con el objetivo de medir los factores de transferencia del radiocesio y el radioestroncio de los suelos a los principales cultivos tropicales, así como del agua a los peces tropicales. Estos datos serán útiles para la planificación de contramedidas y la determinación de niveles permisibles de radionucleidos en los desechos industriales en los países tropicales. Asimismo, está previsto establecer otro PCI que examinará la eficacia en condiciones tropicales de las contramedidas que han demostrado su efectividad en Europa.

En el diseño y aplicación de contramedidas agrícolas, se debería prestar más atención a la gestión de todo el medio ambiente contaminado, sobre todo bosques y masas de agua, debido a la interacción que existe entre éstos y las tierras agrícolas. Es necesario establecer niveles de referencia secundarios (los llamados "niveles de intervención operacionales") para los piensos y pastos animales. A tal fin se precisan más datos sobre los factores de transferencia o, al menos, una reevaluación de los conocimientos que ya se tienen.

Actualmente existe una serie de contramedidas agrícolas para reducir los efectos de la contaminación por radiocesio en la cadena alimentaria. No podemos decir lo mismo acerca de la

contaminación por radioestroncio. Será necesario realizar una considerable labor de investigación y desarrollo en laboratorios y sobre el terreno para mejorar la situación. Por ejemplo, se han propuesto varios materiales para absorber/adsorber de manera selectiva el estroncio en los alimentos, pero aún ninguno se puede recomendar con absoluta seguridad porque los datos no son suficientes. En el mercado existen métodos alternativos, como filtros y separadores magnéticos para productos alimenticios líquidos, aunque no han sido evaluados críticamente en las condiciones imperantes en las regiones contaminadas.

Para concluir, el accidente de Chernobil destacó la necesidad de que cada país formule un conjunto de contramedidas agrícolas listas para su aplicación inmediata en caso de accidente nuclear. Se han extraído enseñanzas sobre la utilidad de muchas contramedidas y las infraestructuras necesarias para aplicarlas. Todavía hay que trabajar para lograr que se apliquen estas enseñanzas. Esto reviste especial importancia para los medios tropicales, dado que la mayor parte de nuestra experiencia fue adquirida en climas templados.

**En Belarús, un proyecto de cooperación técnica apoyado por el Organismo investiga el uso de la semilla de colza (al fondo) como cultivo de rotación alternativo en algunas tierras contaminadas.**  
(Crédito: Richards/OIEA)