Reducción de los niveles de contaminación de los alimentos con cesio en la zona de Chernobil

En virtud de un proyecto de colaboración en que participan el OIEA, la FAO y otras organizaciones, se están utilizando compuestos de azul de Prusia en Belarús, Rusia y Ucrania para reducir los niveles de cesio en los productos lácteos y cárnicos

Los materiales radiactivos dispersados por el accidente de la central nuclear de Chernobil en abril de 1986 provocaron problemas en muchos países de Europa. Algunos fueron problemas de breve duración relacionados con la contaminación con yodo, y otros con el depósito de cesio 137, radionucleido de período largo que migra a través de la cadena alimentaria y se acumula en la leche y la carne.

Actualmente varios países están tratando de resolver esos problemas. Por ejemplo, en 1992 se descubrió que los renos y los carneros de algunas zonas montañosas del sur de Noruega presentaban elevados niveles de contaminación con radiocesio. En los renos se midieron niveles de hasta 20 000 bequerelios por kilogramo (Bq/kg), y en los carneros hasta 10 000 Bq/kg. A raíz de este descubrimiento se adoptó una contramedida a fin de disminuir los niveles de radiocesio en dichos animales, que consistió en la aplicación de compuestos conocidos como "azul de Prusia" (AP). Hoy el AP se administra habitualmente en Noruega, en forma de bolos, terrones de sal o en concentrados a unos 100 000 ó 150 000 carneros, 5000 renos y 10 000 a 20 000 reses bovinas.

En las tres ex repúblicas soviéticas con niveles de contaminación más elevados —Belarús, Rusia y Ucrania— las autoridades aprobaron recientemente el empleo del AP en gran escala en el ganado para reducir el contenido de cesio 137 en la leche y la carne. Los Ministros de Agricultura de esos tres Estados aplicaron la medida en el verano de 1992, tras realizarse con éxito experimentos en 1990 y 1991, pruebas sobre el terreno en gran escala y sesiones de entrenamiento. En las pruebas se incluyeron 3000 cabezas de ganado en 21 asentamientos de la región de Leltchitsy, Belarús; 10 000 cabezas de ganado en 54 asentamientos de las regiones ucranianas de Rovno y Volyn; y el ganado de siete distritos de Rusia sudoccidental.

A principios de la estación de apacentamiento de 1993 el uso del AP abarcará a la totalidad del ganado en todas las granjas privadas de los territorios afectados por la lluvia radiactiva de Chernobil. Su aplicación hará posible que los pequeños agricultores y sus familias, así como las comunidades rurales de los tres Estados, dispongan de cantidades muy superiores de leche y carne "limpias".

Este trabajo se realiza en el marco de un proyecto de colaboración en el que participan el OIEA, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Universidad Agrícola y el Instituto de Higiene de las Radiaciones de Noruega, el Instituto de Investigaciones sobre Radiología Agrícola de Ucrania en Kiev, la Sección Bielorrusa del Instituto de Radiología Agrícola de la Unión, situada en Gomel, y el Instituto de Radiología Agrícola de la Unión en Obninsk. Actualmente la ejecución del proyecto está a cargo de la FAO y el OIEA presta asistencia técnica. La División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura, la División de Seguridad Nuclear del OIEA y los Laboratorios del OIEA de Seibersdorf han facilitado servicios de expertos, equipo y materiales a los principales institutos de contraparte de esos Estados para la fabricación de bolos.

En el presente artículo se destacan algunos aspectos del proyecto, uno de los muchos que se ejecutan en coordinación con las Naciones Unidas como parte de las actividades internacionales que se realizan en respuesta al accidente de Chernobil. *(Véase el recuadro.)*

El presente artículo se basa en un proyecto de documento técnico titulado *Empleo de ligantes de cesio para disminuir la contaminación de la leche y la carne con radiocesio en los territorios de Ucrania, Belarús y la Federación de Rusia.* Puede obtenerse más información en el Laboratorio Agrícola del OIEA en Seibersdorf.

Respuesta internacional sostenida al accidente de Chernobil

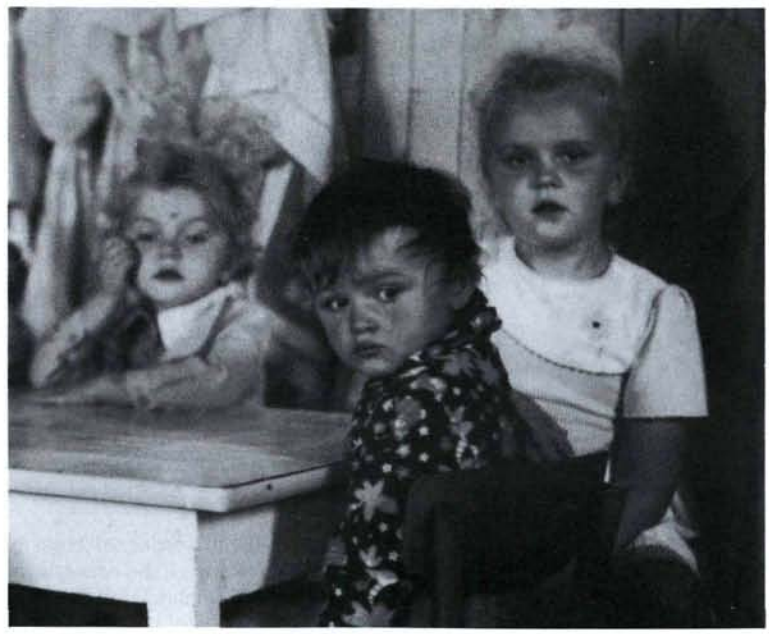
Casi siete años después del accidente ocurrido en Chernobil en 1986, científicos, físicos, ingenieros y otros especialistas de todo el mundo participan activamente en más de 50 proyectos destinados a prestar asistencia a la población de las zonas afectadas. Estas actividades abarcan desde proyectos sanitarios y agrícolas hasta exámenes de la seguridad de las instalaciones nucleares y programas de desarrollo económico e industrial. Algunos de ellos son ejecutados por organizaciones internacionales y coordinados por el Grupo de Trabajo de las Naciones Unidas sobre la cooperación internacional para Chernobil. Otros están a cargo de organizaciones no gubernamentales e institutos gubernamentales nacionales de Belarús, Rusia, Ucrania y otros Estados de la otrora Unión Soviética.

En la lista de proyectos figuran los siguientes:

- Un programa internacional relativo a los efectos del accidente de Chernobil sobre la salud, iniciado en 1990 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y financiado principalmente por los gobiernos del Japón y Finlandia. Algunos otros proyectos relacionados con la salud se llevan a cabo en la zona de Chernobil, entre ellos los financiados por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, el Consejo de Europa, la Fundación Sasakawa del Japón y los gobiernos de Alemania, los Países Bajos y Francia;
- un programa que abarca alrededor de 30 proyectos, emprendido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). También se encuentra en la fase de preparación un proyecto encaminado a crear una zona de desarrollo económico y social en Rusia;
- un programa de desarrollo industrial para Belarús, Rusia y Ucrania, propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y que aún carece de fondos;
- un programa de rehabilitación y asistencia humanitaria para las víctimas de Chernobil, iniciado en 1990 por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, con el apoyo financiero de los gobiernos de Alemania, el Reino Unido y Finlandia;
- un programa de investigaciones sobre los efectos de la radiación en unas 80 000 personas de las zonas afectadas que emigraron a Israel, realizado por la Universidad Ben Gurion, Beeersheba, Israel;
- un programa que abarca proyectos de investigación en materia de protección radiológica, seguridad nuclear y consecuencias sobre la salud, ejecutado por la Comisión de las Comunidades Europeas;
- estudios relacionados con la leucemia, la epidemiología y las consecuencias sanitarias a largo plazo, efectuados por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de Lyon, Francia;
- un programa de asistencia bilateral para el estudio de la relación entre la exposición a las radiaciones y el cáncer de tiroides y la leucemia, ejecutado por el Ministerio de Salud y Prestaciones Sociales de los Estados Unidos. En Suecia se están realizando estudios análogos a cargo del Registro de casos de Cáncer del Ministerio de Salud.

Por su parte, el OIEA ejecuta varios proyectos con objeto de mejorar la seguridad de las centrales nucleares de la antigua Unión Soviética y de Europa oriental. En otras esferas, se espera ejecutar totalmente en 1993 un proyecto de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Agricultura relativo al empleo de compuestos de azul de Prusia para reducir los niveles de cesio en los productos lácteos y cárnicos en Belarús, Rusia y Ucrania. También para ese año se proyecta publicar una guía internacional sobre contramedidas agrícolas tras la liberación accidental de materiales radiactivos en el medio ambiente. Gran parte de esta labor es complementaria de la concluida en 1991, en el marco del Proyecto Internacional de Chernobil dedicado a evaluar las consecuencias radiológicas del accidente; 25 países y siete organizaciones internacionales emprendieron este proyecto bajo los auspicios del OIEA.

Imágenes de algunas familias que viven en las antiguas repúblicas soviéticas y que fueron visitadas por grupos de científicos en virtud del Proyecto Internacional de Chernobil, ejecutado en 1990 y 1991 bajo los auspicios del OIEA. (Cortesía: Pavlicek, OIEA)



Producción de ganado lechero y de leche

	Número total de animales en las zonas contaminadas	Producción media de leche/animal (litros/año)	Nivel tolerable temporal, TPL (Bq/litro)	Número de animales con nivel superior al TPL
Belarús				
Sector colectivo	393 000	3 000	185	3 000
Sector privado	84 000	3 600	185	26 000
Ukrania				
Sector colectivo	120 000	3 000	370	1 000
Sector privado	120 000	3 000	370	20 000
Fédéracion de Rusia				
Sector colectivo	200 000	2 700	370	500–1 000
Sector privado	25 000	3 000	370	

Ganado destinado a la producción de carne

	Número total de animales en las zonas contaminadas	Peso del animal sacrificado (kg)	Nivel tolerable temporal, TPL, (Bq/litro)	Número de animales con nivel superior al TPL
Belarús	700 000	420	600	4 400
Ucrania	500 000	400–420	740	3 000
Rusia	300 000	400–450	740	5 000

Nota: Los datos se registraron durante los estudios sobre el terreno realizados en 1991.

Panorama del ganado en las zonas contaminadas de Belarús, Rusia y Ucrania

El contexto de los problemas

En Belarús, Rusia y Ucrania existen dos importantes sistemas de producción de ganado lechero y de carne, y ambos se aplican en las granjas colectivas y privadas. *(Véanse los cuadros.)* Después del accidente de Chernobil se adoptaron muchas contramedidas diferentes con objeto de asegurar que el nivel de radiocesio de los alimentos producidos para el consumo general se mantuviera por debajo de los niveles permitidos en los tres Estados (denominados "niveles tolerables temporales" o TPL).

Por ejemplo, en las granjas estatales y colectivas se han mejorado los pastos mediante la aradura profunda y la resiembra de la tierra, y se han aplicado fertilizantes para reducir la contaminación de los prados, mejoras que han dado como resultado que los niveles de radiocesio en la leche y la carne producidas en esas granjas se mantengan generalmente por debajo de los TPL.

Sin embargo, en Belarús y Ucrania los niveles de contaminación de la leche que producen unas 50 000 vacas lecheras (en su mayor parte propiedad de pequeños agricultores privados que las emplean para abastecer de leche a sus familias) exceden los TPL establecidos de 185 Bq/L en Belarús y 370 Bq/L en Ucrania. En Rusia sólo 3000 animales producen leche con niveles por encima del TPL oficial de 370 Bq/L.

En los tres Estados es ilícito vender, elaborar o consumir leche que exceda ese nivel. En consecuencia, la mayor parte de la leche contaminada (aunque no toda) se utiliza directamente para la alimentación animal, o las autoridades estatales y locales la sustituyen por leche limpia y luego se utiliza con ese mismo fin. Actualmente no existe diferencia de precio entre la leche limpia y la contaminada.

Los sistemas de comercialización de animales para carne son análogos en todas las zonas afectadas. Las autoridades estatales y locales compran los animales en las granjas colectivas y privadas y los concentran en mataderos locales para su sacrificio o en centros de ceba. Por lo general, no se hace distinciones entre los dos tipos de sistemas de producción. En las zonas contaminadas la producción y comercialización de carne bovina está mucho menos afectada que la de leche. Ello se debe a que habitualmente los animales son alimentados con forrajes y granos limpios durante 2 ó 3 meses antes del sacrificio, período que permite reducir los niveles de contaminación a valores más bajos que los TPL. No obstante, incluso con este sistema, unos 12 000 animales al año sobrepasan los TPL para la carne (600 Bq/kg en Belarús y 740 Bq/kg en Ucrania y Rusia), por lo que hay que mantenerlos comiendo forrajes limpios durante períodos mucho más prolongados y no sacrificarlos hasta que alcancen los niveles tolerables. Tampoco existe diferencia de precio entre los animales sanos y los contaminados a la hora de comercializarlos, aunque en Belarús toda carne que exceda los TLP antes de su distribución se vende a una fracción del precio normal.

En los tres Estados, e independientemente del sistema de producción utilizado, el estiércol de los animales que se mantienen en las zonas contaminadas se utiliza como fertilizante.

A la par con los cambios introducidos en la producción y la comercialización de productos de origen animal después del accidente de Chernobil, los tres Estados han establecido sistemas de vigilancia de los niveles de radiación en los animales, la leche y la carne. Se supervisa la leche a su llegada a las lecherías, y cuando no cumple las normas adecuadas se envía a las granjas colectivas para alimentar a los animales. Además, las autoridades locales a cargo de la higiene de los alimentos (que están subordinadas a los respectivos ministerios de salud) supervisan la leche proveniente de animales de las granjas privadas. Dos veces al mes se toman por lo menos diez muestras del 10% de los animales de cada poblado. Se informa a los campesinos de los resultados obtenidos y se les entrega una indemnización del Estado cuando el nivel de contaminación de la leche está por encima del TPL.

También se ha sistematizado el control de la contaminación de la carne. Cuando un agricultor privado desea vender un animal para su sacrificio lo envía a un centro donde las autoridades locales lo someten a un proceso de selección. Posteriormente se alimenta con forraje limpio durante 2 ó 3 meses o hasta que el contenido corporal de cesio sea inferior a una norma previamente establecida (lo que puede exigir más meses de alimentación).

Si bien esas prácticas alimentarias garantizan una producción de carne que cumple con los TPL de radiocesio, no son infalibles. Hay una extrema escasez de forrajes concentrados (calculada en 4 millones de toneladas en Belarús solamente). Además, la acelerada privatización de la tierra provocará rápidos cambios en las modalidades de producción agrícola y de carne, lo que disminuirá la

Relación entre los niveles de contaminación del pasto y los niveles del cesio 137 presentes en la leche y la carne, y resultados de la administración de bolos de AP

Niveles de concentración de cesio 137 en las zonas contaminadas de Belarús, Rusia y Ucrania

Nivel de contaminación del pasto (Bq/kg)	Ingestión diaria* (kBq)	Carne		Leche	
		Equilibrio del nivel de cesio 137 (Bq/kg)	Nivel de cesio 137 tras el tratamiento con bolos (Bq/kg)	Equilibrio del nivel de cesio 137 (Bq/L)	Nivel de cesio 137 tras el tratamiento con bolos (Bq/L)
250	17,5	280	90	112	34
500	35	700	234	280	94
1 000	70	1 400	460	560	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1120	374
3 000	210	4 200	1400	1680	560
5 000	350	7 000	3000	2800	920
10 000	700	14 000	4600	5600	1860

Nota: Los niveles se midieron en 1991 durante las pruebas sobre el terreno.
* Se supone que la ingestión diaria de hierbas frescas es de 70 kg por animal.

capacidad para producir alimentos en los tres Estados.

Interés en los compuestos de azul de Prusia

Después del accidente de Chernobil se utilizaron compuestos de azul de Prusia (AP) para reducir el contenido de radiocesio en los productos de origen animal, sobre todo en Escandinavia. Tras el accidente radiológico ocurrido en Goiânia, Brasil, en 1987, también se emplearon con efectividad en seres humanos para reducir la carga corporal de radiocesio. En Noruega, Suecia, Alemania y Austria, se ha autorizado su uso como aditivo del forraje para animales. Investigadores de otros países, entre ellos Francia, Alemania, Hungría y el Reino Unido, han estudiado el empleo de los compuestos de AP. En Belarús, Rusia y Ucrania, los primeros experimentos se hicieron en 1990 y el uso generalizado se aprobó en 1992.

El término "azul de Prusia" se refiere a varios hexacianos ferratos férricos que tienen propiedades peculiares. El cianoferrato férrico de amonio, o AFCF, es quizás el compuesto ligante de cesio más estudiado. En soluciones como las que se encuentran en el tracto gastrointestinal, el AFCF aparece en una forma coloidal soluble y reacciona con el cesio iónico formando un complejo que no atraviesa las membranas biológicas.

En los animales, los compuestos del AP fundamentalmente reducen el ritmo de absorción gastrointestinal de radiocesio y, por lo tanto, tienen en esencia el mismo efecto que la alimentación con forrajes limpios. El cesio que se elimina en el estiércol se mantiene ligado al AP por un largo período durante el cual las raíces de las plantas lo absorben lentamente.

Los compuestos de AP se pueden administrar de las tres maneras siguientes:

Adición a concentrados. El método de alimentación más sencillo y barato es la incorporación directa de AP a un concentrado durante su fabricación. De esta manera no es necesario dar instrucciones especiales a los granjeros sobre cómo utilizar el AP. Este procedimiento se utiliza actualmente en Noruega, donde se suministra al ganado caprino y bovino productor de leche un concentrado especial que contiene un gramo de AP por kilogramo. Es preciso que los animales reciban el concentrado diariamente, de ahí que el procedimiento sólo resulte conveniente en los sistemas de producción intensiva.

Saladares. Si no se dispone de un concentrado o si éste no se puede aplicar porque los animales pastan libremente durante períodos prolongados, se pueden utilizar saladares. En Noruega se han venido utilizando anualmente unas 100 toneladas de terrones de sal con un contenido del 2,5% de AP en más de 300 000 carneros. El saladar tiene suficiente consistencia física para resistir las variables condiciones atmosféricas de las montañas durante una temporada de apacentamiento completa. En las zonas interiores, donde el contenido de sodio de la vegetación es bajo, el ganado ovino y bovino está acostumbrado a desplazarse a los lugares en que se le ofrece sal. En los pastizales de las montañas de Noruega, donde dicha contramedida se ha venido aplicando durante tres temporadas de apacentamiento consecutivas, se ha logrado reducir el contenido de radiocesio a un índice dos veces inferior. La eficacia del método depende de que el ganado acuda frecuentemente al terrón de sal. En un rebaño que pasta siempre habrá algunos animales a los que no les interesará la sal, por lo que el uso de terrones de sal debe llevar aparejado cierta vigilancia de la leche y la carne.

Bolos de descarga continua. En virtud de las bajas dosis diarias de AP que se requieren, los ligantes de cesio son muy convenientes para la administración mediante bolos de descarga lenta en el rumen. En los estudios de esta práctica se mantienen en el rumen bolos con 15% ó 20% de AFCF durante dos meses por lo menos. La liberación de AFCF en ese período redujo la acumulación de radiocesio en la carne entre el 50% y el 80% en un lapso de seis a ocho semanas en los experimentos sobre el terreno

realizados en Noruega, y hasta en el 90% en los experimentos realizados en Irlanda del Norte. En los experimentos en gran escala realizados en Noruega, el tratamiento con bolos de descarga continua redujo los niveles en todo el rebaño y la frecuencia de fallos fue inferior al 1% al realizarse una vigilancia directa seis semanas después del tratamiento. Ya se autorizó en Noruega el uso corriente de un tipo de bolos destinado a las reses, los carneros y los renos. Los bolos para el ganado bovino pesan 200 gramos y se han ensayado en animales productores de leche y de carne.

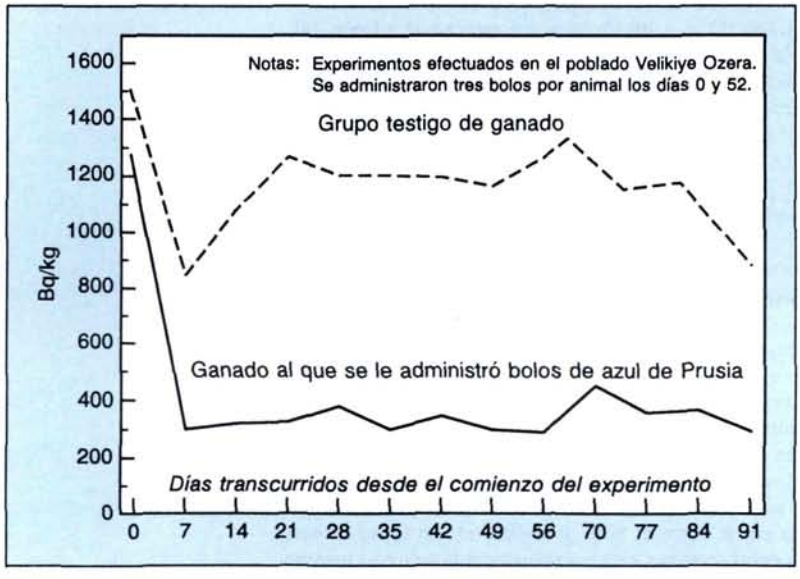
En cuanto a los efectos del AP sobre la salud, los estudios acerca de sus repercusiones metabólicas y posibles repercusiones toxicológicas datan de principios del decenio de 1960. Se emprendieron estudios con miras a emplear el AP para reducir el contenido de radiocesio en los productos agrícolas, así como la carga de radiocesio en individuos que pudieron haberse contaminado accidentalmente. Se realizaron experimentos con roedores de laboratorio, animales domésticos y personas.

En resumen, a partir de estos estudios se puede llegar a la conclusión de que los compuestos de AP no tienen efectos nocivos sobre la salud y la producción animales ni efectos tóxicos sobre las personas cuando se utilizan con fines experimentales o terapéuticos (el AP se recomienda como antídoto terapéutico en caso de envenenamiento con talio), y que no se prevé que el consumo de leche y carne de animales tratados con AP tenga efecto alguno sobre la salud del hombre.

Experimentos en Belarús, Rusia y Ucrania

Concentración de cesio 137 en la leche de vaca: Resultados de pruebas sobre el terreno realizadas en Ucrania

En los primeros estudios sobre el AP realizados en Belarús, Rusia y Ucrania en virtud de un proyecto internacional de colaboración se evaluó el empleo de bolos de descarga continua a base de AFCF y ferrocino para reducir el contenido de radiocesio en la leche y la carne. También se realizaron investigaciones en otras esferas: la transferencia de radiocesio del suelo a las plantas por medio del estiércol de los animales tratados con dichos bolos; la vigilancia de las posibles repercusiones de la técnica en la composición de la leche y la carne; el bienestar fisiológico del ganado bovino; y los posibles efectos toxicológicos, que se estudiaron alimentando a ratas con leche y carne de animales tratados con los bolos. Los bolos utilizados para el tratamiento de las vacas contenían AP sintetizado en Ucrania y su producción tuvo lugar en la Universidad Agrícola de Noruega.



Los estudios confirmaron que los ligantes de cesio reducen los niveles de contaminación en la carne, la leche y las cosechas fertilizadas con el estiércol obtenido. Los resultados entrañan varios beneficios prácticos:

Reducción de la dosis. En teoría, si la concentración de radiocesio en la carne y la leche se reduce en un factor de tres, igual reducción experimentará la dosis que llega a los consumidores de dichos alimentos. Si se parte del supuesto de que el 50% de la dosis anual actual se debe a la irradiación externa y que el otro 50% se debe a la irradiación interna, y de que el 90% de la dosis interna se debe a la leche, cabe estimar que la reducción del contenido de radiocesio de la leche y la carne en un factor de tres significaría una reducción general de la dosis del 30% aproximadamente. En aquellos territorios donde los pastos absorben cesio del suelo a una tasa elevada, la reducción general de la dosis sería mayor (probablemente más del 50%).

Economía de otros recursos. La técnica del uso de bolos puede economizar importantes recursos que ahora se invierten para reducir la contaminación de la leche y la carne con cesio. La eficacia en función de los costos que reporta el empleo de ligantes de cesio depende de los niveles de contaminación que presente el pienso, los costos de producción y distribución de los ligantes, y del costo de estrategias sustitutivas. Sin embargo, teniendo en cuenta las dificultades económicas de los tres Estados, resulta sumamente difícil cuantificar los beneficios en moneda local. En los países de Europa occidental el AP cuesta unos 50 dólares de los Estados Unidos por kilogramo. Como cada bolo contiene cerca de 40 gramos de AP y para una temporada de apacentamiento de seis meses, se requieren hasta nueve bolos (o alrededor de 400 gramos de AP), el costo aproximado del AP por animal es de 20 dólares. El costo estimado de otros materiales y procesos de elaboración es también de unos 20 dólares, mientras que el costo adicional de la producción de unos 1800 litros de leche adecuada para el consumo humano es de 40 dólares. Como en Europa occidental, esa leche tiene actualmente un valor de mercado de 1800 dólares más o menos, el empleo de bolos de AP representaría una relación beneficio-costo de 45:1.

Habida cuenta del número de animales que producen leche con índices de contaminación superiores a los TPL en Belarús Rusia y Ucrania, cabría esperar considerables beneficios. El suministro de bolos de AP a los agricultores privados permitiría contar con 50 millones de litros de leche más al año para la comercialización local y el consumo humano a un precio sumamente bajo en los tres Estados, los cuales no tendrían que seguir comprando esa leche a los agricultores incurriendo en enormes gastos.

Con respecto a la comercialización de animales productores de carne, la técnica del AP podrá aplicarse de manera efectiva en el 10% al 20% de las tierras pertenecientes a agricultores pequeños. En las demás, los tres Estados ya han hecho enormes inversiones para proporcionar hierba relativamente limpia mediante la aradura, el drenaje, la fertilización y la resiembra de pastos naturales. Gracias a estos esfuerzos se ha reducido la contaminación de la hierba y, por tanto, la de la leche y la carne hasta situarla dentro de los TPL, además de que a la larga también se mejorará la productividad animal.

La técnica del uso de bolos permitirá dedicar una parte considerable de dichos territorios a la producción de carne, ya que los animales tratados podrán pasar directamente del pastoreo a los mataderos con niveles de radiocesio acordes con los TPL. En las zonas donde los niveles de cesio siguen siendo elevados pese el tratamiento con bolos, el período de alimentación con forrajes limpios se reducirá en unos 40 ó 50 días, por lo que se ahorrarán enormes cantidades de forrajes recolectados.

Resulta difícil cuantificar exactamente el costo del suministro y el transporte de forraje limpio para los animales en el sector privado. Sin embargo, se puede calcular que en Belarús y Ucrania esas contramedidas abarcan de 100 000 a 200 000 animales que necesitan de 200 000 a 400 000 hectáreas de pastos limpios adicionales, o sea, una cantidad de tierra casi cinco veces mayor que la que se requeriría si se emplearan los bolos de AP. Teniendo en cuenta lo que cuesta en Occidente el acondicionamiento y mantenimiento de la tierra en un período de diez años, se puede calcular que la producción de carne que satisfaga los TPL aplicando el método actual costará 1 dólar más por kilogramo en cada uno de los tres Estados. La otra solución sería administrar bolos de AP hasta los tres meses previos al sacrificio y costaría 10 centavos de dólar más, es decir, aproximadamente diez veces menos.

Consideraciones sociológicas y sicológicas. En las zonas contaminadas existe una evidente preocupación por los niveles de contaminación ambiental con cesio y temor por la posible presencia de otros radionucleidos de menos divulgación pública, en particular el estroncio y el plutonio. Hay incertidumbre con respecto a las consecuencias para la salud que pueda tener a la larga el elevado nivel de exposición de las primeras semanas posteriores al accidente. Algunas de las contramedidas que se aplican actualmente, como la prohibición de que los agricultores se autoabastezcan de leche y carne, han tenido consecuencias sicológicas, sociales y financieras muy negativas.

Durante las pruebas sobre el terreno realizadas en virtud del proyecto de aplicación de compuestos del AP, quedó claro para los científicos participantes la satisfacción de la comunidad agrícola por tener la oportunidad de emplear los ligantes de cesio. De hecho reinaba un gran descontento entre los propietarios de los animales que integraban los "grupos testigos" porque no se les permitió utilizar los ligantes. Si bien cabe la posibilidad de que el empleo de compuestos químicos provoque inquietud, durante las pruebas sobre el terreno se observó que eran más importantes el "miedo" a la radiación y perturbación que pueden causar otras contramedidas en la vida de las personas.

En tales circunstancias, es importante dar a conocer al público información sobre la técnica de los ligantes de cesio, la base científico técnica de su eficacia, su carácter no tóxico, su método de aplicación y los procedimientos de administración locales. También deberían divulgarse los niveles de actividad en la leche y la carne por sí solos y compararlos con las normas nacionales, regionales e internacionales.

Mediante la aplicación de la técnica del AP, unos 50 000 agricultores podrían reanudar sus prácticas agrícolas tradicionales, con la correspondiente mejoría de su bienestar y de la calidad de la vida.

Estudios permanentes

Teniendo en cuenta el trabajo desplegado en el marco del proyecto, la tecnología de los bolos resulta muy conveniente para la infraestructura presente y futura de la producción de leche y carne en los tres Estados. Al mismo tiempo podrían derivarse beneficios adicionales de la utilización de bolos para administrar otros compuestos que aumentarían la productividad agrícola en los tres Estados.

- La tecnología de los bolos podría aplicarse para administrar a los animales de pastoreo ligantes de estroncio 90 combinados con AP.
- Algunos microminerales son escasos en las zonas contaminadas, y las contramedidas agrícolas han reducido la disponibilidad de microelementos en el suelo. La tecnología del los bolos podría emplearse para suministrar al ganado las pequeñas dosis diarias requeridas.

Podrían realizarse estudios con el fin de investigar los efectos de la contaminación con radionucleidos y del contenido de minerales mejorado de la carne y la leche. Además, deberían proseguir las investigaciones sobre la ligazón a largo plazo del radiocesio y el AP en el suelo.