

Investigación piloto de la contaminación de productos alimenticios por Cesio-137 en zonas seleccionadas de Ucrania afectadas por la catástrofe de Chernóbil en 1986

Iryna Labunska, Laboratorios de investigación de Greenpeace, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido

Stan Vincent, Greenpeace Internacional, Amsterdam, Holanda

Nikki Westwood, Greenpeace Internacional, Amsterdam, Holanda

Paul Johnston, Laboratorios de investigación de Greenpeace, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido

Abril de 2011

Introducción

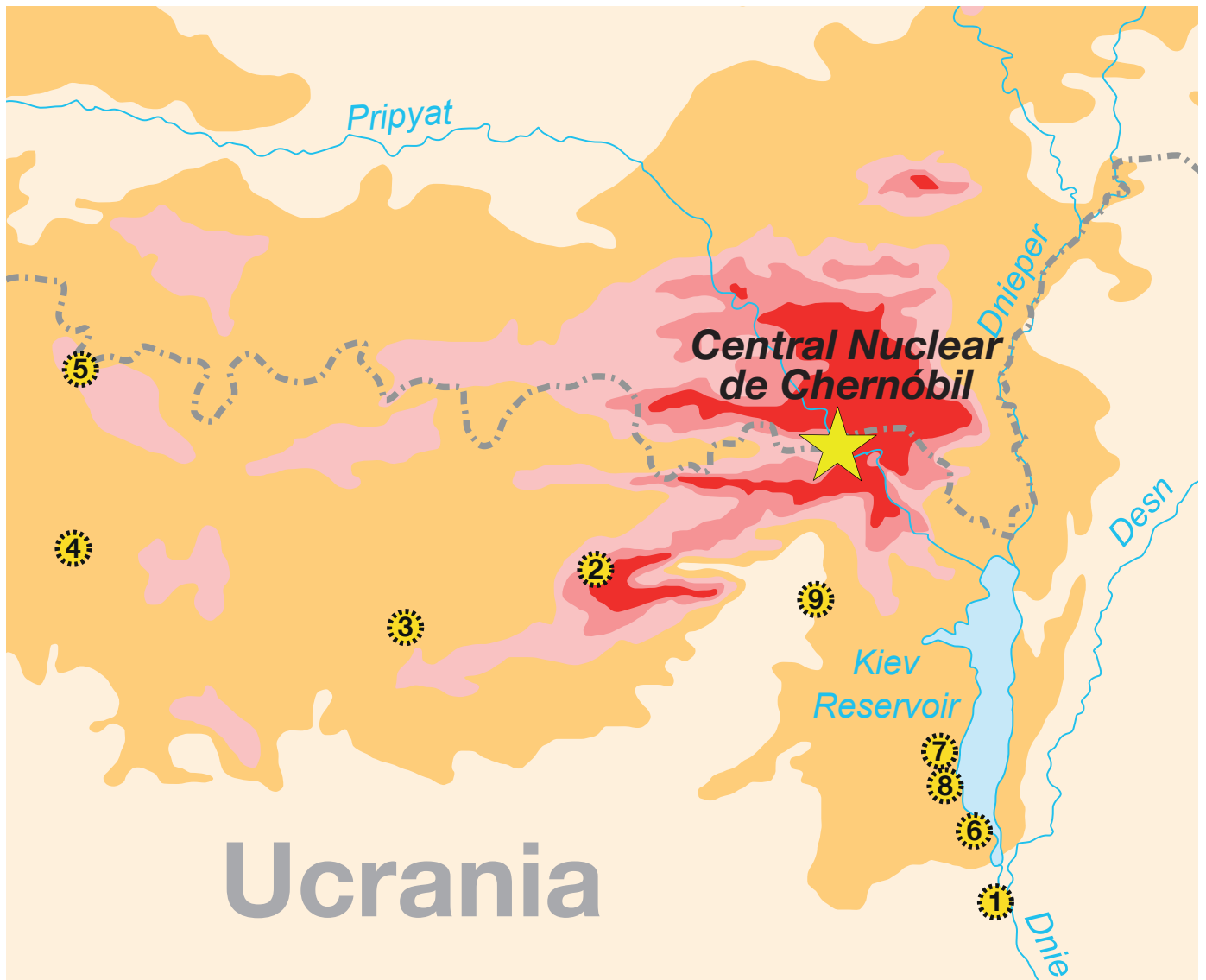
La radiactividad liberada como consecuencia de la explosión del reactor nº 4 de la central nuclear de Chernóbil en 1986 provocó una serie de problemas graves que afectan a muchos países del mundo. Una de las mayores preocupaciones fue la liberación, dispersión y posterior deposición de cesio-137 (Cs-137), un radionucleido de vida larga (un periodo de desintegración de $T_{1/2} = 30,1$ años), capaz de pasar a través de la cadena alimentaria y acumularse en la leche, el pescado y otros productos alimenticios (Travnikova y otros 2004, Schwaiger y otros 2004, Forberg y otros 1994, Voors & Weers 1989). En los años siguientes al accidente, el gobierno ucraniano realizó análisis periódicos de los productos alimenticios producidos en las zonas contaminadas y los datos fueron publicados en los informes del MESU, Ministerio de Emergencias y Asuntos de Protección a la Población de las Consecuencias de la Catástrofe de Chernóbil (véase: Mesu 2008). Durante los últimos dos años no se ha realizado este seguimiento, lo que significa que una información de tanta importancia a largo plazo ha dejado de ser recogida.

Por lo tanto, fue Greenpeace Internacional quien diseñó y realizó el presente estudio como una pequeña investigación piloto acerca de la situación actual con respecto a la contaminación por radionucleidos de los productos alimenticios de la región. El estudio se centró en determinadas zonas de Ucrania donde se ha encontrado este tipo de contaminación en los últimos programas de control y vigilancia (Kashparov y otros 2009). Dichos estudios mostraron que Rivnenska Oblast contenía los índices de cesio radiactivo en la leche más altos de toda Ucrania y también los más altos niveles de Cs-137 en seres humanos (Bondarenko 2010). Los niveles de contaminación del suelo por Cs-137 en Rivnenska Oblast no son los más altos encontrados en Ucrania. No obstante, un tipo único de suelo de turba de la región, que a menudo está anegado, se caracteriza por su alto coeficiente de transferencia de cesio-137 del suelo a la planta, lo que ha conducido a un nivel mucho más alto de radiocesio en las plantas y, por consiguiente, en los animales que pastan esas plantas (Prister y otros 1993).

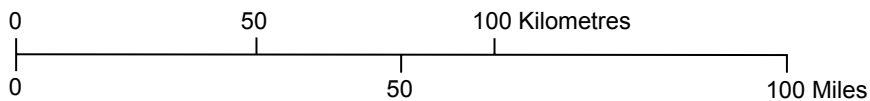
El presente estudio no representa, ni era su objetivo, una descripción integral ni del alcance de la contaminación por radionucleidos en los alimentos en toda Ucrania ni en ninguna región específica de este país. Sin embargo, permite comprender los problemas que actualmente existen en varias categorías de productos alimenticios que constituyen una parte importante de la dieta básica de la población de las zonas contaminadas por los radionucleidos liberados en Chernóbil en 1986.





Programa de muestreo

En marzo de 2011, un equipo de investigación de Greenpeace visitó varios lugares en Rivnenska y Zhytomyrska Oblast (Ucrania), para recoger muestras de productos alimenticios producidos en esas áreas y que son un componente importante de la dieta local. Las muestras de los alimentos se obtuvieron también de varios lugares de Kyivska Oblast con fines comparativos. Los lugares visitados se muestran en la siguiente figura. Se adquirieron un total de 114 muestras de productos alimenticios comprados en los mercados públicos de alimentos o entregados por los agricultores locales para su análisis. La Tabla 1 muestra la lista de lugares de muestreo, tipos de productos alimenticios y el número de muestras obtenidas de cada lugar.



Ucrania



-  **Zona cerrada/confiscada**
Más de 40 curios por kilómetro cuadrado (Ci/km²) de cesio-137
-  **Zona de control permanente**
de 15 a 40 Ci/km² de cesio-137
-  **Zona de control periódico**
de 5 a 15 Ci/km² de cesio-137
-  **Zona sin denominación**
de 1 a 15 Ci/km² de cesio-137

-  **1** Kiev
-  **2** Narodichi (Rosohivske), Zhytomyrska Oblast
-  **3** Lugyny (Rudnya Zhervetska), Zhytomyrska Oblast
-  **4** Rokytne, Rivnens'ka, Oblast
-  **5** Drozdyn, Rivnens'ka, Oblast
-  **6** Novi Petrivtsi, Kiev Oblast
-  **7** Dymer, Kiev Oblast
-  **8** Novi Sokoly, Kiev Oblast
-  **9** Demydiv, Kiev Oblast

Las muestras de alimentos obtenidas en Kyivska Óblast se compraron principalmente en los mercados ubicados en los pueblos mencionados en la Tabla 1 y en el mercado de la plaza Shevchenka, situado en la periferia norte de Kiev. Una sola muestra de setas secas del pueblo Novi Sokoly, en Kyivska Oblast, fue donado por un miembro del público. Todas las muestras de Rivnenska Oblast fueron donadas por los agricultores locales durante las visitas del equipo de investigación de Greenpeace.

Ubicación	Leche y productos lácteos	Setas	Bayas, frutas y mermelada de bayas	Patatas	Remolachas	Zanahorias	Miel	Otros
Kyivska Oblast								
Kyiv, plaza Shevchenka	3	-	1	-	-	-	1	-
Demydiv	5	2	-	1	-	1	-	1b, 1e
Novo-Petrivtsi	1	-	-	-	-	-	-	1a
Dymer	3	2	3	-	-	-	2	1c, 1d
Novi Sokoly	-	1	-	-	-	-	-	-
Rivnenska Oblast								
Drozdyn	15	9	9	17	9	7	-	-
Rokytno	-	1	-	-	-	-	-	-
Zhytomyrska Oblast								
Rydnya Zharevetska	6	1	1	-	-	-	-	-
Rosohivske	1	1	2	-	-	-	1	1f
Narodychi	-	1	1	-	-	-	-	-

Tabla 1. Lista de las localizaciones del muestreo, tipos de muestras, número de muestras de cada tipo recogidas en asentamientos de Kyivska, Rivnenska y Zhytomyrska Oblast, Ucrania, marzo de 2011.

a - carne picada, b - puré de tomate, c - nueces, d - cebollas, e - judías secas, f - tomillo seco.

Metodología

Para realizar los análisis se utilizó un monitor portátil Berthold Becquerel LB 200 con detector de centelleo/destellos (que contiene un cristal de NaI). Este instrumento está diseñado para medir la actividad de los emisores de rayos gamma en los productos alimenticios, en los líquidos y materiales voluminosos. De esta forma se llevaron a cabo las mediciones preliminares de la actividad en una gran proporción de las muestras recogidas. Un subgrupo de 70 muestras, que incluía leche y productos lácteos, setas, bayas y miel, se analizó utilizando el monitor Becquerel. Las mediciones de fondo se tomaron utilizando agua destilada como analito antes de cada secuencia de análisis de las muestras con una precisión superior al 5%. La medición de muestras se considera completa cuando se alcanza una exactitud de medición del 3%.

Un segundo subgrupo de 74 muestras, que también incluyó muestras seleccionadas, que ya habían sido analizadas sobre el terreno junto con muestras previas no procesadas, fueron enviadas para su análisis al Laboratorio de Métodos de Análisis de Física Nuclear y Radioquímica del Instituto Ucraniano de Radiología Agrícola de la Universidad Nacional de Ciencias Ambientales de Ucrania (UIAR). Se analizó el contenido en cesio-137 de estas muestras mediante espectrómetros certificados de rayos gamma SEG-001 "AK-S" -63 (Ucrania).

Resultados y discusión

1. Leche y productos lácteos

En el presente estudio se obtuvieron treinta y cuatro muestras de leche y productos lácteos. Los resultados de un subgrupo de trece muestras de leche, que el laboratorio UIAR analizó por su contenido en cesio-137, mostraron una buena correlación con las mediciones llevadas a cabo sobre el terreno utilizando los monitores portátiles Becquerel LB 200. La mayor parte de los resultados para las muestras duplicadas de leche se situaron dentro del rango de incertidumbre estadístico de la medición (ver Tabla 2). El análisis llevado a cabo por el laboratorio de UIAR para determinar el contenido en cesio-137 ha confirmado que el cesio-137 era el principal responsable de la radiactividad de las muestras de leche analizadas en este estudio.

La relación de los valores presentados en las Tablas de resultados 2-4 se calcularon, cuando fue posible, utilizando los datos sobre el contenido en cesio-137 de las muestras obtenidas usando el espectrómetro de rayos gamma SEG-001 "AK-S" -63 (UIAR) referidos a los Niveles Aceptables para Ucrania de cesio-137 en los productos alimenticios (Ministerio de Sanidad de Ucrania -UMH por sus siglas en inglés- 2006). Del mismo modo, en los casos donde el análisis se realizó utilizando el Monitor Becquerel LB 200, la actividad de las muestras también se comparó con los Niveles Aceptables para Ucrania de cesio-137.

Kyivska Oblast

Los niveles de cesio-137 en todas y cada una de las doce muestras de leche y productos lácteos (queso fresco, crema agria y queso curado) obtenidas en Kyiv y Kyivska Oblast, estaban por debajo de los límites de detección de los dos instrumentos utilizados para las mediciones (<20Bq/l con el monitor LB 200; <3 y <14 para la leche y la crema agria respectivamente, utilizando el espectrómetro SEG-001).

Zhytomyrska Oblast

De las siete muestras de leche obtenidas en Zhytomyrska Oblast, ninguna excedía los Niveles Aceptables en Adultos (AAL, por sus siglas en inglés) para Ucrania de cesio-137 (AAL cesio-137) de 100 Bq/l (MHU, 2006). Sin embargo, una muestra de Rudnya Zharevetska mostró una actividad de 60 Bq/l; si se hubiera dado esta leche a un niño, hubiera sobrepasado 1,5 veces los Niveles Aceptables en Niños (ChAL, por sus siglas en inglés) de cesio-137 (ChAL 137 s) de 40Bq/l (MHU 2006).

Rivnenska Oblast

Se obtuvieron 15 muestras de leche de Drozdyn, Rivnenska Oblast. De ellas, ocho se encontraban por debajo del AAL cesio-137 mientras que las siete restantes mostraron que el cesio-137 se detectaba en un rango de 142-665 Bq/l, excediendo el AAL cesio-137 entre 1,4 y 6,5 veces respectivamente (ver Tabla 2). Al mismo tiempo, 14 de 15 muestras de leche (el 93%) de esta misma localidad sobrepasaron el ChAl de cesio-137 entre 1,2 y 1,6 veces, si esta leche se hubiera incluido en la dieta de un niño.

Actividad, Bq/l (GP)*	Incertidumbre (97%), Bq/l (GP)*	Cs-137, Bq/kg (UIAR)**	Incertidumbre (95%)m, % (UIAR)**	Ratio de AAL de cesio-137 (100 Bq/l)	Ratio de ChAL de cesio-137 (40 Bq/l)
61	15	n/a	n/a	0,6	1,5
295	20	300	13	3,0	7,5
181	16	170	15	1,7	4,3
142	16	n/a	n/a	1,4	3,6
154	16	140	15	1,4	3,5
32	14	n/a	n/a	0,3	0,8
174	17	150	15	1,5	3,8
57	17	n/a	n/a	0,6	1,4
56	19	n/a	n/a	0,6	1,4
245	19	200	14	2,0	5
665	30	650	11	6,5	16,3
78	18	n/a	n/a	0,8	2,0
90	15	n/a	n/a	0,9	2,3
49	14	n/a	n/a	0,5	1,2
51	10	46	27	0,5	1,2

Tabla 2. Actividad de los radionucleidos (en Bq/l) y contenido en cesio-137 (en Bq/kg) de las muestras de leche cruda obtenida de los granjeros locales de los pueblos de Drozdyn, Rivnenska Oblast Ukraine, en marzo de 2011.

n/a – no analizado; * - datos de los análisis de los Laboratorios de Investigación de Greenpeace, Exeter, Reino Unido; ** - datos de los análisis del Instituto ucraniano de Radiología Agrícola (UIAR), Kyiv, Ucrania.

Es importante señalar que las muestras de leche analizadas se habían recogido en primavera. En este momento el ganado era alimentado sobre todo con heno. Según los granjeros que traían leche para el análisis, parte de ese heno procedía de otras regiones de Ucrania, donde los niveles de contaminación del suelo por cesio-137 eran muy inferiores. Sin embargo, no todos los granjeros cuentan con recursos económicos para comprar heno limpio, por lo que almacenan heno de los pastos locales para el invierno. El nivel más alto de cesio-137 (a 665 Bq/l) en la leche que se registró para esta localidad se obtuvo de una familia que solo utilizaba el heno segado en los alrededores. Al final de la primavera y del verano, cuando todo el ganado pasta en los prados locales, el nivel de cesio-137 en la leche aumenta. El contenido medio de cesio-137 en la leche del pueblo de Drozdyn ha sido en general más alto tras los años que siguieron a la explosión; los datos para 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 para una pradera de pastos concreta de Dubniki fueron 564 ± 167 , 645 ± 220 , 594 ± 218 , 706 ± 145 y 733 ± 179 Bq/l respectivamente (Kashparov y otros 2009). De hecho, las muestras de leche de este pueblo han excedido los AAL de cesio-137 durante 10 años consecutivos (1999-2009). La leche de las vacas que pastan en otros pastos de alrededor del pueblo contienen niveles más bajos de cesio-137, pero aún exceden los AAL de cesio-137 y, en consecuencia, también los de ChAL cesio-137. Los resultados de la investigación (Kashparov y otros 2009), que evaluaron la condición radiológica de 120 pastos en 37 pueblos de Rivnenska Oblast en Ukraine, han mostrado que:

- Las muestras de leche obtenidas del ganado que pasta en 87 pastos (73%) ha excedido siempre (48%) o parcialmente (29%) los AAL cesio-137 durante el periodo 2004-2008;
- 65% de los pastos (54%) podrían haber sido total o parcialmente restaurados utilizando un programa apropiado de medidas agrícolas.

2. Setas silvestres y bayas

La contaminación radiactiva puede propagarse hasta zonas distantes mediante varias vías, incluidas las precipitaciones desde nubes radiactivas. Los niveles de lluvia radiactiva pueden diferir de forma espectacular entre lugares geográficamente cercanos. Muchos países en los que habitualmente se consumen setas silvestres, incluidos Ucrania, Bielorrusia, Rusia, Polonia, Italia y Hungría, han registrado mayores niveles de radiocesio en las setas analizadas tras la catástrofe de Chernóbil. Los valores observados estaban al menos un orden de magnitud por encima de los registrados antes de 1985 (Kala 2001, Tsvetnova & Shcheglov 1994).

En este estudio se obtuvieron 18 muestras de setas silvestres, incluyendo seis en conserva (marinadas) y 12 muestras secas junto con 15 muestras de bayas silvestres, incluyendo arándanos frescos, secos, congelados y en mermelada. Ninguno de los nueve arándanos frescos obtenidos en Drozdyn mostró niveles de cesio-137 superiores a los límites de detección de ninguna de las técnicas utilizadas para las mediciones en este estudio. Los resultados de las otras muestras se encuentran en la Tabla 3.

Kyivska Oblast

De las tres muestras de setas marinadas compradas en Kyivska Oblast, dos muestras (de los mercados de Demydiv y Dymer) tenían actividad por debajo de los límites de detección del monitor Becquerel. Estas muestras no se enviaron para más análisis de cesio-137. Sin embargo, la segunda muestra de Dymer mostró un contenido en Cs-137 1,5 veces el AL de cesio-137 de 500 Bq/kg (MHU 2006). Las setas secas procedentes del mercado de Demydiv contenían 4,4 veces el AL de cesio-137 y las procedentes de Novi Sokoly 1,2 veces el límite de 2500 Bq/kg, que ha sido establecido para setas y bayas silvestres secas (MHU 2006). La actividad de una sola muestra de bayas secas del mercado de Dymer se encontraba bajo los límites de detección del monitor Becquerel y no se envió para más análisis.

Ubicación	Tipo de muestra	Actividad, Bq/kg (GP)*	Incert. (97%), Bq/kg (GP)*	Cs-137, Bq/kg (UIAR)**	Incert. (95%), % (UIAR)**	Ratio de AL cesio-137***
Dymer	setas marinadas	<20	-	<12	-	-
Dymer	setas marinadas	818	41	760	10	1,5
Dymer	arándanos secos	<20	-	n/a	n/a	-
Demydiv	setas marinadas	<20	-	n/a	n/a	-
Demydiv	setas secas	9539	186	11000	10	4,4
Novi Sokoly	setas secas	n/a	n/a	2900	10	1,2
R.Zherevetska	setas marinadas	271	68	210	13	0,42
R.Zherevetska	arándanos congelados	807	33	730	10	1,5
Rosohivske	arándanos secos	21814	900	12100	10	4,8
Rosohivske	setas secas	25304	813	29700	10	11,9
Rosohivske	arándanos secos	n/a	n/a	51	30	0,02
Narodichi	setas secas	n/a	n/a	288000	10	115,2
Narodichi	mermelada de arándanos	2377	60	2180	10	4,4
Drozdyn	setas marinadas	544	28	490	10	1,0
Drozdyn	setas secas	4018	182	7300	10	2,9
Drozdyn	mermelada de arándanos	278	14	210	12	0,4
Drozdyn	setas secas	7870	320	10100	10	4,0
Drozdyn	setas secas	3366	122	n/a	n/a	1,4
Drozdyn	setas secas	2111	142	3200	10	1,3
Drozdyn	setas secas	1825	142	n/a	n/a	0,7
Drozdyn	setas secas	12115	294	17500	10	7,0
Drozdyn	setas marinadas	24	16	n/a	n/a	0,01
Drozdyn	setas secas	n/a	n/a	10400	10	4,2
Rokytne	setas secas	n/a	n/a	10700	10	4,3

Tabla 3. Actividad de los radionucleidos (en Bq/kg) y contenido de cesio-137 (en Bq/kg) en muestras de setas bayas silvestres procedentes de Dymer, Demydiv y Novi Sokoly en Kyivska Oblast; Rudnya Zherevetska, Narodichi y Rosohivske en Zhytomyrska Oblast, Drozdyn y Rokytne en Rivnenska Oblast, Ucrania, en marzo de 2011.

n/a – no analizado; * - análisis de datos de los Laboratorios de Investigación de Greenpeace, Exeter, Reino Unido; ** - análisis de datos del Instituto Ucrainiano de Radiología Agrícola (UIAR), Kyiv, Ucrania; *** AL cesio-137 para setas y bajas silvestres secas– 2500Bq/kg para setas marinadas y mermelada de arándanos–500Bq/kg.

Zhytomyrska Oblast

Las tres muestras de setas se obtuvieron de Zhytomyrska Oblast, de las cuales una muestra de setas marinadas se encontraba por debajo del AL de cesio-137. Ambas muestras de setas secas estaban por encima del límite, en especial la muestra procedente de Narodichi, con un contenido de cesio-137 de 288.000 Bq/l lo que significa que estaba 115 veces por encima del límite de este producto alimenticio. Esta muestra arrojó el contenido más elevado de cesio-137 de todas las muestras examinadas en este estudio. Las bayas de esta zona también mostraron elevados niveles de cesio-137, incluyendo los arándanos congelados, los arándanos en mermelada y los secos con 1,5, 4,4 y 4,8 veces el límite de estos productos, respectivamente. La actividad de la muestra de arándanos secos medida con el monitor Becquerel resultó casi dos veces más alta del contenido de cesio-137 que podría haber sido atribuido para esta muestra. Es difícil especular sobre la causa de esta diferencia. La precisión del análisis de rayos gamma del espectrómetro era mucho mayor que la obtenida al utilizar el monitor Becquerel en esta medición en concreto. Por otra parte, no puede descartarse la posibilidad de que en esta muestra estuvieran presentes otros radionucleidos, que podrían haber derivado del suelo del bosque donde crecieron las bayas. La muestra de arándanos secos del pueblo de Rosohivske se encontraba por debajo del límite normativo.

Rivnenska Oblast

Dos muestras de setas marinadas y secas y una muestra de mermelada de arándano fueron obtenidas del pueblo de Drozdyn. Las muestras de setas marinadas y la mermelada de arándanos estaban por debajo del AL de cesio-137 con 500 Bq/l. Una muestra de setas secas fue donada para el análisis en Kiev; se nos dijo que habían sido recogidas en Rokytne, Rivnenska Oblast y traídas a Kiev como un regalo para unos familiares. Rokytne está situado a alrededor de 70km al sur del pueblo de Drozdyn. Esta muestra de Rokytne excedió el AL de cesio-137 en 4,3 veces. De las siete muestras de setas secas obtenidas de Drozdyn, seis sobrepasaban el AL de cesio-137 por un factor que oscila entre 1,3 y 7 veces.

3. Tubérculos y otros productos alimenticios

Se analizaron tubérculos solo para el contenido en cesio-137. Ninguna de las nueve muestras de remolacha del pueblo de Drozdyn excedió el AL de cesio-137. Solo una de las ocho muestras de zanahorias examinadas en este estudio excedió el AL de cesio-137 por un factor de 1,3 veces (del pueblo de Drozdyn). Los resultados para las patatas analizadas se presentan en la Tabla 4. Una única muestra procedente de Demydiv, Kyivska Oblast, tenía niveles de cesio-137 por debajo de los niveles de detección de 3Bq/kg. De las 15 muestras de patata procedentes de Drozdyn, cuatro habían elevado sus niveles de cesio-137 en un rango de 1,2-1,7 veces del AL de cesio-137 para este producto con 60Bq/kg.

Ubicación	Tipo de muestra	Cs-137, Bq/kg (UIAR)	Incert. (95%), % (UIAR)	Ratio de AL de cesio-137 (60Bq/kg)
Demydiv	patatas	<3	-	-
Drozdyn	patatas	17	25	0,3
Drozdyn	patatas	50	14	0,8
Drozdyn	patatas	100	18	1,7
Drozdyn	patatas	80	12	1,3
Drozdyn	patatas	15	20	0,3
Drozdyn	patatas	60	22	1,0
Drozdyn	patatas	5	30	0,1
Drozdyn	patatas	48	15	0,8
Drozdyn	patatas	78	20	1,3
Drozdyn	patatas	44	14	0,7
Drozdyn	patatas	42	13	0,7
Drozdyn	patatas	73	12	1,2
Drozdyn	patatas	56	15	0,9
Drozdyn	patatas	37	15	0,6
Drozdyn	patatas	43	16	0,7

Tabla 4. Contenido en cesio-137 (en Bq/kg) en muestras de patatas obtenidas de Demydiv, Kyivska Oblast y Drozdyn en Rivnenska Oblast, Ucrania, marzo de 2011.

Una sola muestra de cada uno de los siguientes productos alimenticios: carne picada de cerdo, puré de tomate, nueces, cebollas y judías secas, así como tres muestras de miel, fueron compradas en Kyivska Oblast y no excedieron los AL correspondientes de cesio-137.

Conclusiones

Los resultados del análisis de las muestras de los productos obtenidos de zonas contaminadas por la explosión del reactor de Chernóbil en 1986 muestran que los productos alimenticios clave de la región aún están sujetos a la contaminación por radiactividad. El cesio-137 parece ser el componente más importante de esta contaminación, pero al menos una de las muestras sugirió que otros radionucleidos de larga vida podrían estar presentes. En este ejercicio de muestreo se identificó que en numerosas ocasiones se superan los límites reglamentarios, tanto para adultos como para niños, lo que indica que poner fin a un programa de control de vigilancia regular puede ser prematuro.

Referencias bibliográficas

Bondarenko O.O. (2010) Ucrania, certificación general de dosimétricos: verificación de la irradiación interna de la población. <http://knol.google.com/k/oleg-bondarenko/загальнодозиметрична паспортизація/5bcvesrsnaqi/4>

Forberg, S., Odsjö, T y Olsson, M. (1992) Radiocesio en los tejidos musculares de los renos y las percas del norte de Suecia antes y después del accidente de Chernóbil. Un estudio retrospectivo de las muestras de tejido del Banco de Especímenes. Ambientales de Suecia. Science of The Total Environment 115(3): 179-189

Kalač, P. (2001) A review of edible mushroom radioactivity. Food Chemistry 75(1): 29-35

Kashparov, V.O., Lundin, S.M., Lanshyn, V.P., Kadygrib, O.M., Khomutinin, U.V., Lazarev, M.M., Zhyrba, M.A. y Pavlyuchenko, V.V. (2009) Boletín de la situación radiológica en asentamientos críticos contaminados por radionucleidos en Ucrania. Instituto de Radiología Agrícola, Universidad Nacional de Ciencias Ambientales de Ucrania (UIAR) "НІЧЛІАВА", Kyiv, 2009, página 106

MESU (2008) Ministerio de Situaciones de Emergencias de Ucrania. Estado radiológico de los territorios dentro de los límites de la zona de contaminación radiactiva (en términos de áreas). (Ediciones Kholosha V.I.). Kyiv/Ucrania

MHU (2006) Orden del Ministerio de Sanidad de Ucrania de 3 de abril de 2006 256. Niveles aceptables de radionucleidos cesio-137 y Sr-90 en alimentos y agua para beber. Normas de higiene pública

Priester, B. S., Perepelyatnikov, G. P. y Perepelyatnikova, L. V. (1993) Contramedidas utilizadas en Ucrania para producir forraje y productos alimenticios para los animales con niveles de radionucleidos por debajo de los límites de intervención tras el accidente de Chernóbil. Science of The Total Environment 137(1-3): 183-198

Schwaiger, M., Mueck, K., Benesch, Y., Feichtinger, J., Hrncsek, E. y Lovranich, E. (2004) Investigación sobre contaminación de alimentos desde la lluvia radiactiva de Chernóbil en Austria. Radiación e Isótopos Aplicados 61 (2-3): 357-360

Travnikova, I. G., Bazjukin, A. N., Bruk, G. Ja., Shutov, V. N., Balonov, M. I., Skuterud, L. H. y Mehli, P. (2004) El pescado del lago Strand como principal contribuyente a la dosis interna de los residentes de los alrededores del lago en la zona contaminada de Chernóbil. Journal of Environmental Radioactivity 77(1): 63-75

Tsvetnova, O.B. y Shcheglov, A.I. (1994) contenido en cesio-137 en las setas de zonas contaminadas por radiactividad de la parte europea del CEI (Comunidad de Estados Independientes). Science of The Total Environment 155(1): 25-29

Voors, P.I. y Van Weers A.W. (1989) Transferencia de cesio-134 y cesio-137 de Chernóbil en vacas de ensilado a leche. Science of The Total Environment 85: 179-188



Greenpeace es una organización independiente que usa la acción directa no violenta para exponer las amenazas al medio ambiente y busca soluciones para un futuro verde y en paz.

Este material ha sido producido gracias a las aportaciones económicas de los socios de Greenpeace.

Greenpeace España
San Bernardo 107, 1ª
28015 Madrid
tel +34 91 444 14 00
fax +34 91 187 44 56

Hazte socio.
Llama al 902 100 505 o visita www.colaboraongreenpeace.org