



*Universidad Politécnica de Valencia
Laboratorio de Radiactividad Ambiental*



XXVIII JORNADAS NACIONALES ENERGÍA Y EDUCACIÓN
MADRID, 23-24 DE SEPTIEMBRE DEL 2010

CONTROL EN EL ENTORNO DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES: VIGILANCIA AMBIENTAL

Josefina Ortiz Moragón



- Introducción
- Objetivo y fases de un PVRA
- Diseño de un PVRA
- Resultados
- Informes
- Responsabilidades
- Otros programas de vigilancia
- Accidente de Fukushima



INTRODUCCION

Objetivos básicos de la Vigilancia Radiológica Ambiental (VRA) (General)

- Detectar y vigilar la presencia de elementos radiactivos en el medio ambiente.
- Seguir su evolución en el tiempo y determinar las causas de los posibles incrementos.
- Estimar el posible riesgo radiológico de la población.
- Determinar la necesidad de tomar, si procediera, alguna precaución o establecer alguna medida correctora.



INTRODUCCION

La Vigilancia Radiológica Ambiental (VRA) en el entorno de las IINN, debe, además:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios impuestos a las IINN.
- Verificar la idoneidad del programa de vigilancia de efluentes – de modo que se puedan detectar fugas inadvertidas- y de los modelos de transferencia de los radionucleidos al medio ambiente.



INTRODUCCION

Emisiones al medio atmosférico e hídrico
(Efluentes)



Necesidad de Control (Elaboración de un
programa)



Vigilancia ambiental : Guía de Seguridad
CSN 4.1. **“Diseño y Desarrollo del PVRA
para CCNN”**



INTRODUCCION

- Financiados por el titular y realizados por laboratorios privados
- Carácter local
- Gran cantidad de puntos
- Vigilancia de todas las posibles vías de contaminación: seguimiento del impacto de los vertidos líquidos y gaseosos.



Vía o camino de

exposición:

medio a través del cual los diferentes radionucleidos pueden llegar a las personas.

Radiación:
interna y externa

Figura 1.1. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos

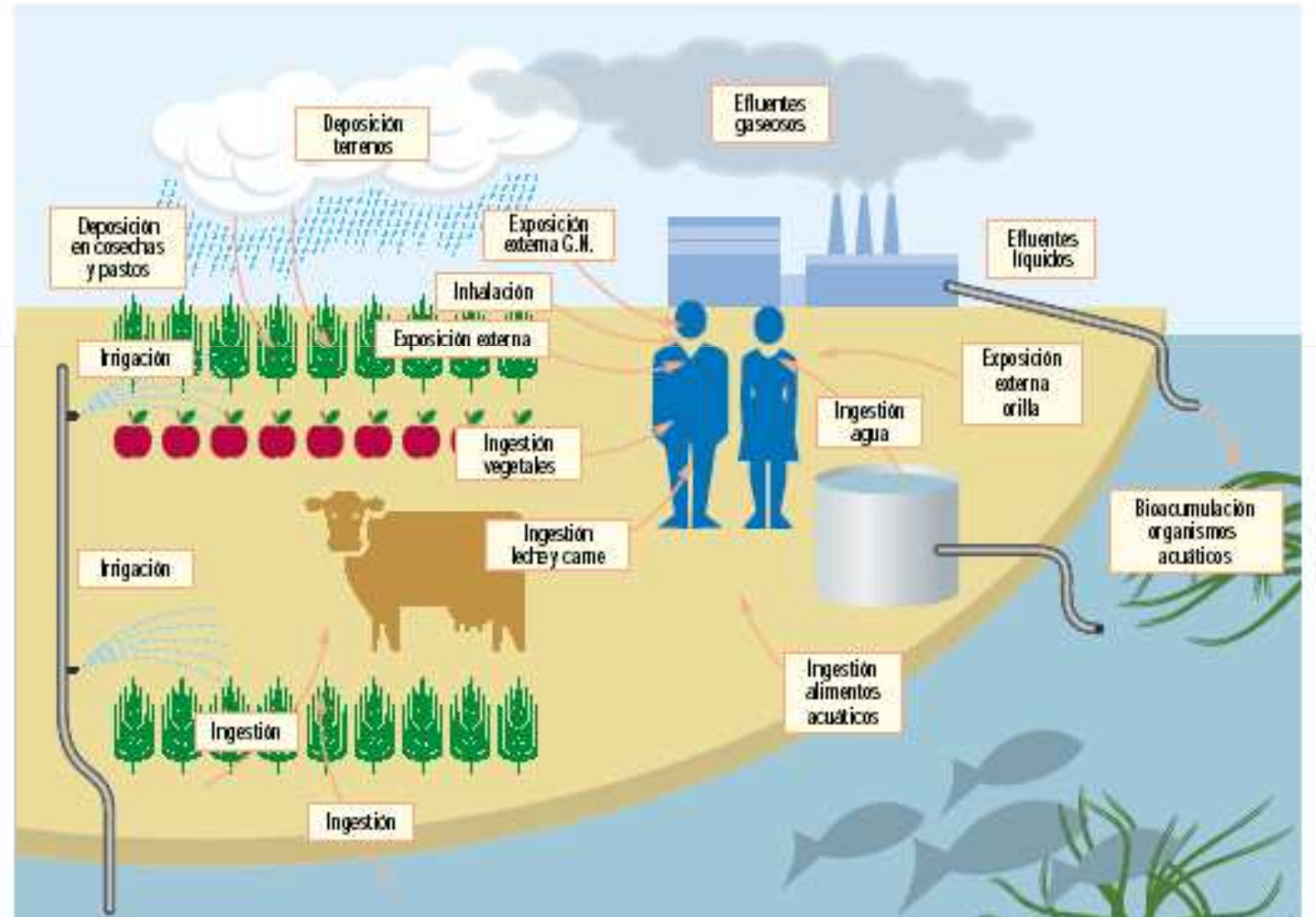


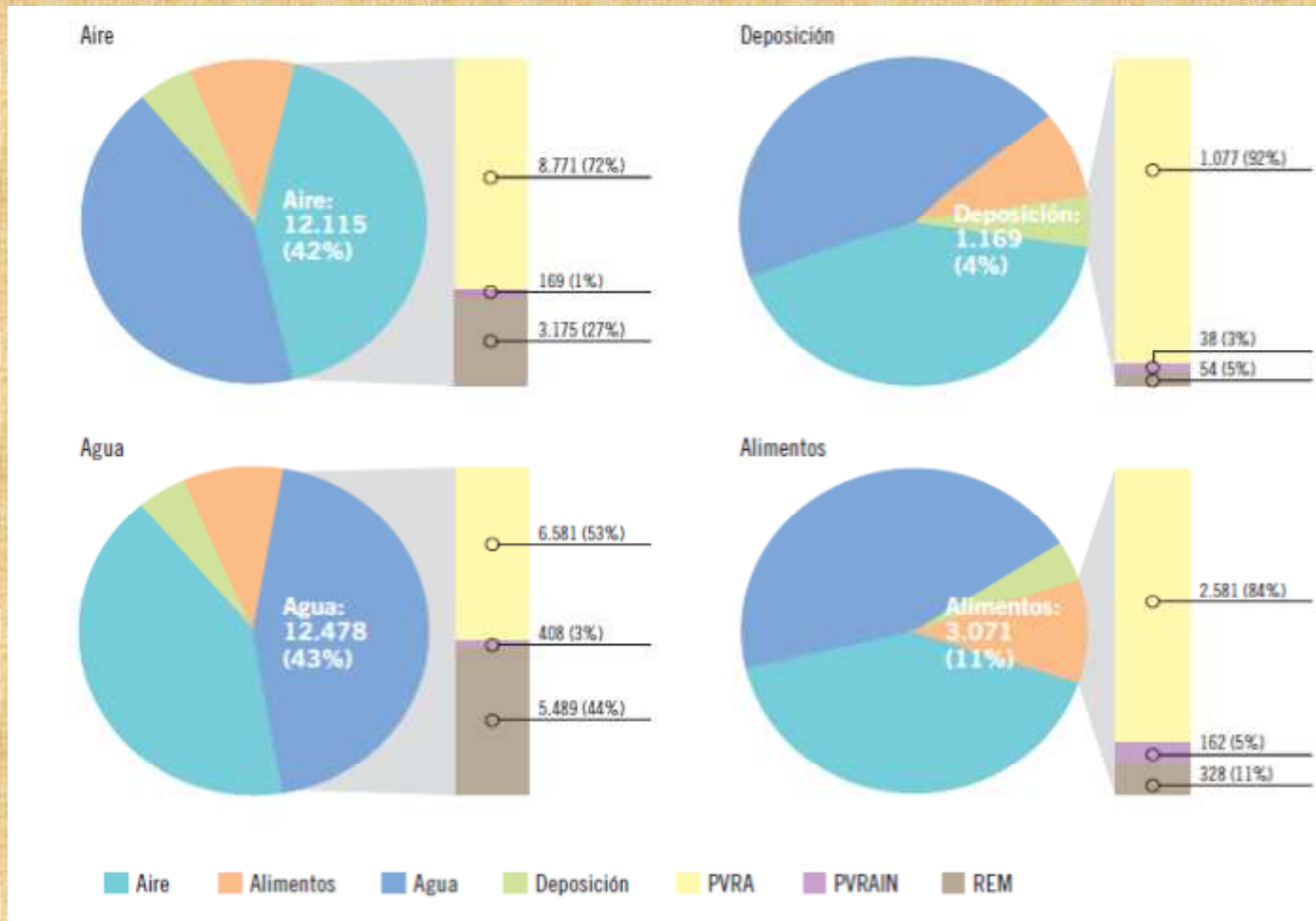


Tabla 1.1. Vías de exposición consideradas en el sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental

Tipos de vías	Tipos de muestras		
	PVRA	REM	REA
Transitorias	<p>Aire: Partículas de polvo Yodo en aire H-3 en vapor de agua C-14</p> <p>Agua de lluvia: Depósito húmedo y/o depósito seco</p> <p>Agua superficial Agua potable (origen superficial) Radiación directa: Tasa de dosis</p>	<p>Aire: Partículas de polvo Yodo en aire</p> <p>Agua superficial Agua potable (origen superficial)</p>	<p>Aire: Partículas de polvo Yodo en aire Radón</p> <p>Radiación directa: Tasa de dosis</p>
Integradoras	<p>Suelo Sedimentos de fondo y arena de playa Agua subterránea Agua potable (origen subterránea)</p> <p>Alimentos: Vegetales Leche Carne</p>	<p>Suelo</p> <p>Agua potable (origen subterránea) Alimentos Leche Dieta tipo</p>	
Integradoras y acumuladoras	<p>Organismos indicadores Peces, mariscos</p>		



PVRA's 2009. N° de analisis realizados en cada vía





OBJETIVO de un PVRA

Definición: un Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) es el conjunto formado por la red de vigilancia (puntos de muestreo) y los procedimientos de muestreo, análisis y medida.

Objetivo : determinar el posible incremento de los niveles de radiación y la presencia de radionucleidos en el medio ambiente producidos por las centrales (instalaciones) nucleares, con el fin de evaluar el impacto radiológico derivado del funcionamiento de la instalación.



FASES de un PVRA

- ***Fase preoperacional***
 - Establecimiento del nivel de referencia o fondo radiológico de la zona previo al funcionamiento de la instalación.
 - Puesta a punto de procedimientos de muestreo y análisis de los equipos e instrumental necesario.
 - Formación del personal

Desarrollo : mínimo 2 años.



- ***Fase operacional***

- Detectar posibles incrementos sobre el fondo radiológico establecido en la fase anterior.
- Estudiar si la posible actividad o nivel de radiación adicional es consecuencia del funcionamiento de la central.
- Estimar las dosis equivalentes y efectivas a los grupos críticos y a la población y demostrar el cumplimiento de los límites autorizados y requisitos legales.
- Mantener una base de datos que permita informar adecuadamente al público.



- ***Fase operacional (cont.)***

- Comprobar la operación adecuada de la planta y la eficacia del control de efluentes radiactivos.
- Identificar cambios en la importancia relativa de los caminos y mecanismos de transferencia incluyendo la aparición de nuevos caminos, y por tanto permitir revisar el PVRA a la luz de la experiencia y en respuesta a condiciones cambiantes.

Desarrollo: Desde la puesta en marcha de la instalación con posibilidad de revisión y optimización a partir de los tres años del inicio.



- ***Fase de desmantelamiento y clausura***

- Objetivos similares a los cuatro primeros de la fase operacional.

Desarrollo: A partir de la finalización de la vida útil de la instalación hasta el momento del desmantelamiento y clausura.



• *Fase de postclausura*

– Estudiar la evolución de los niveles de radiación en el medio ambiente, después de la clausura de la instalación.

Desarrollo: A partir de la finalización de las operaciones de desmantelamiento y clausura.



DISEÑO

Estudio Analítico Radiológico (EAR)

- Conjunto de estudios realizados con parámetros de la central (*emisión de efluentes líquidos y gaseosos*) y de su entorno (*población, hábitos, consumo de alimentos, uso de la tierra y del agua, producción de alimentos, datos meteorológicos y datos hidrológicos*), utilizando modelos físico-matemáticos de probada validez, con objeto de estimar teóricamente el impacto radiológico de la central.
- Permite la estimación de la dosis equivalente que potencialmente recibirían los distintos grupos de población (*bebés, niños, jóvenes y adultos*).



Estudio Analítico Radiológico (EAR)(cont.)

- Permite identificar los grupos de población críticos.
- Permite identificar las vías de exposición críticas.
- Permite la identificación de los radionucleidos críticos y de cualquiera que pueda contribuir de forma significativa a la dosis.
- Constituye la base del diseño para el PVRA



Etapas

- Identificación de los puntos de muestreo, que representen adecuadamente las diferentes vías de exposición consideradas, con la inclusión de puntos de referencia o testigos dentro de la zona de influencia de la central pero suficientemente alejados de la misma.
- Selección del tipo de muestra, de acuerdo a la vía de exposición y la frecuencia del muestreo, en función principalmente de si la vía es acumuladora o instantánea.



Etapas (cont.)

- Establecimiento del tipo de radionucleido a analizar para cada tipo de muestra.
- Establecimiento de metodologías de muestreo, análisis y medida.
- Establecimiento de procedimientos para realizar el tratamiento de los resultados (presentación, notificación...
- Establecimiento de un Programa de Garantía de Calidad (5-10% análisis duplicados. Laboratorio distinto al ejecutor del PVRA)



DESARROLLO

Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo	Análisis realizados
Aire	Muestreo continuo con cambio de filtro semanal	Actividad beta total Estroncio-90 Espectrometría gamma Yodo-131
Radiación directa	Cambio de dosímetros después de un periodo de exposición máximo de un trimestre	Dosis integrada
Agua potable	Muestreo quincenal o de mayor frecuencia	Actividad beta total Actividad beta resto Estroncio-90 Tritio Espectrometría gamma
Agua de lluvia	Muestreo continuo con recogida de muestra mensual	Estroncio-90 Espectrometría gamma
Agua superficial y subterránea	Muestreo de agua superficial mensual o de mayor frecuencia y de agua subterránea trimestral o de mayor frecuencia	Actividad beta total Actividad beta resto Tritio Espectrometría gamma
Suelos, sedimentos y organismos indicadores	Muestreo de suelo, anual, y sedimentos y organismos indicadores, semestral	Estroncio-90 Espectrometría gamma
Leche y vegetales	Muestreo de leche quincenal en época de pastoreo y mensual el resto del año, y cultivos en época de cosecha	Estroncio-90 Espectrometría gamma Yodo-131
Carne, huevos, peces, mariscos y miel	Muestreo semestral	Espectrometría gamma



RESULTADOS

- Actividad específica: Bq/kg ó Bq/m³, junto con su incertidumbre expandida ($k=2$) → un nivel de confianza del 95 %.
- Si valor orden del fondo radiactivo → < LID (Límite Inferior de Detección): capacidad de detección del procedimiento.



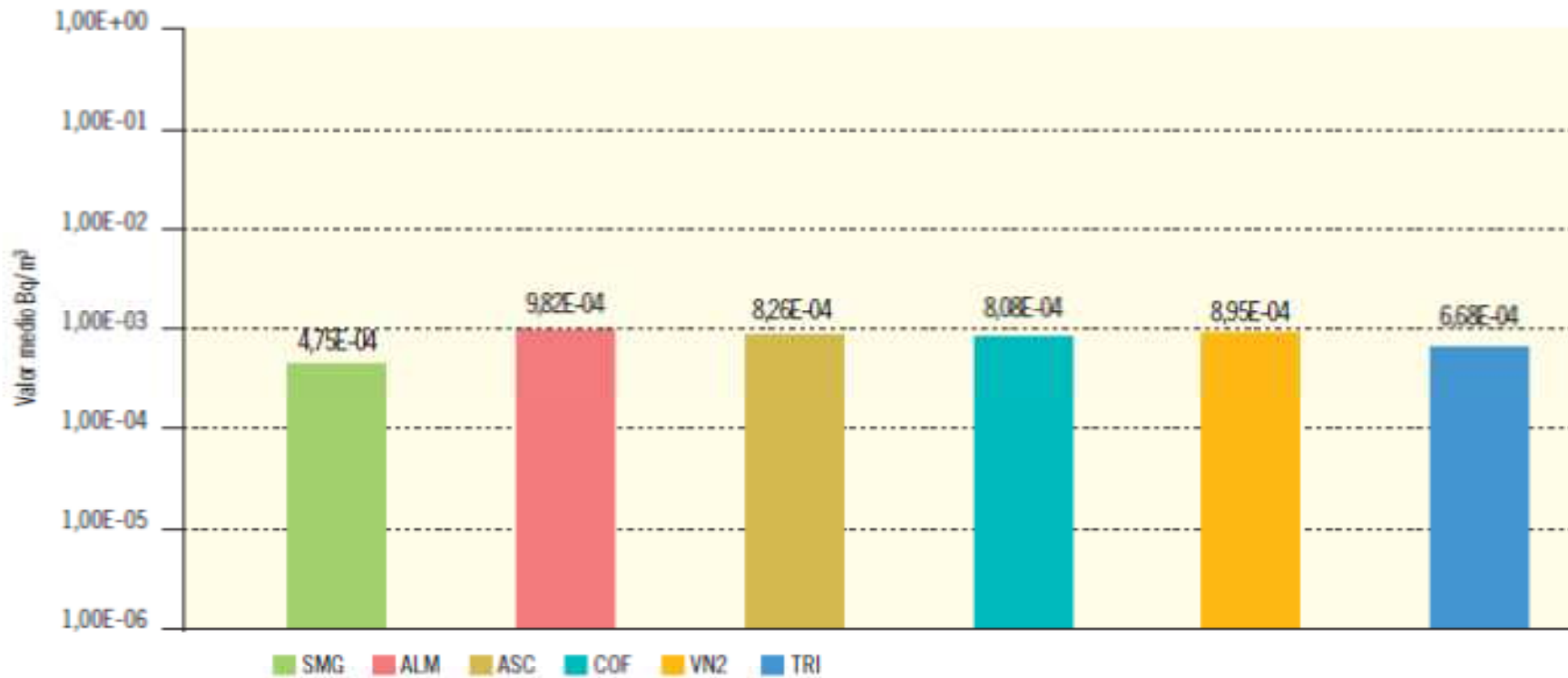
Tabla Guía CSN 4.1: capacidades mínimas necesarias.



RESULTADOS

Figura 2.8b. Partículas de polvo en aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2009



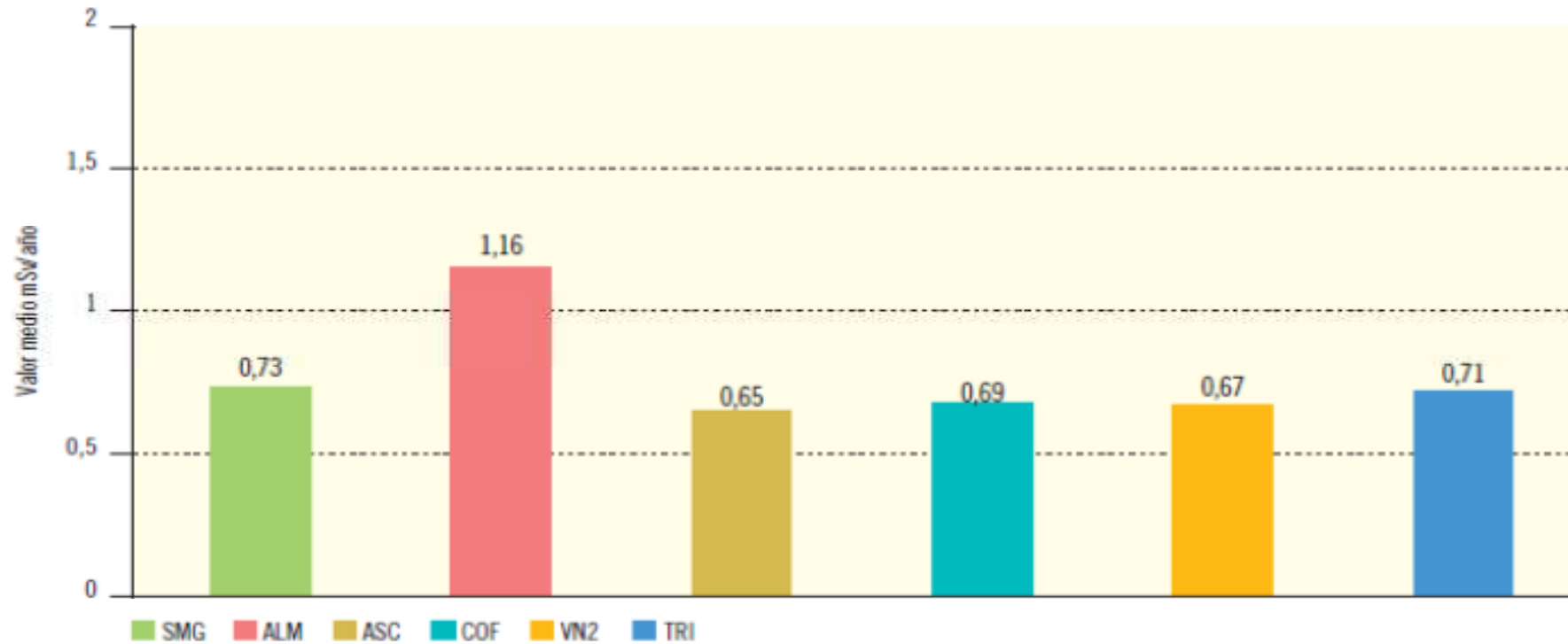
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,54E-03	2,88E-03	2,22E-03	2,34E-03	2,84E-03	1,64E-03
Valor mínimo	5,11E-05	1,07E-04	1,52E-04	1,52E-04	1,39E-04	1,06E-04
Nº total de análisis	312	309	364	312	363	312
Nº de análisis > LID	312	302	364	311	363	312
Nº de análisis < LID	0	7	0	1	0	0



RESULTADOS

Figura 2.9b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Valores de la campaña de 2009



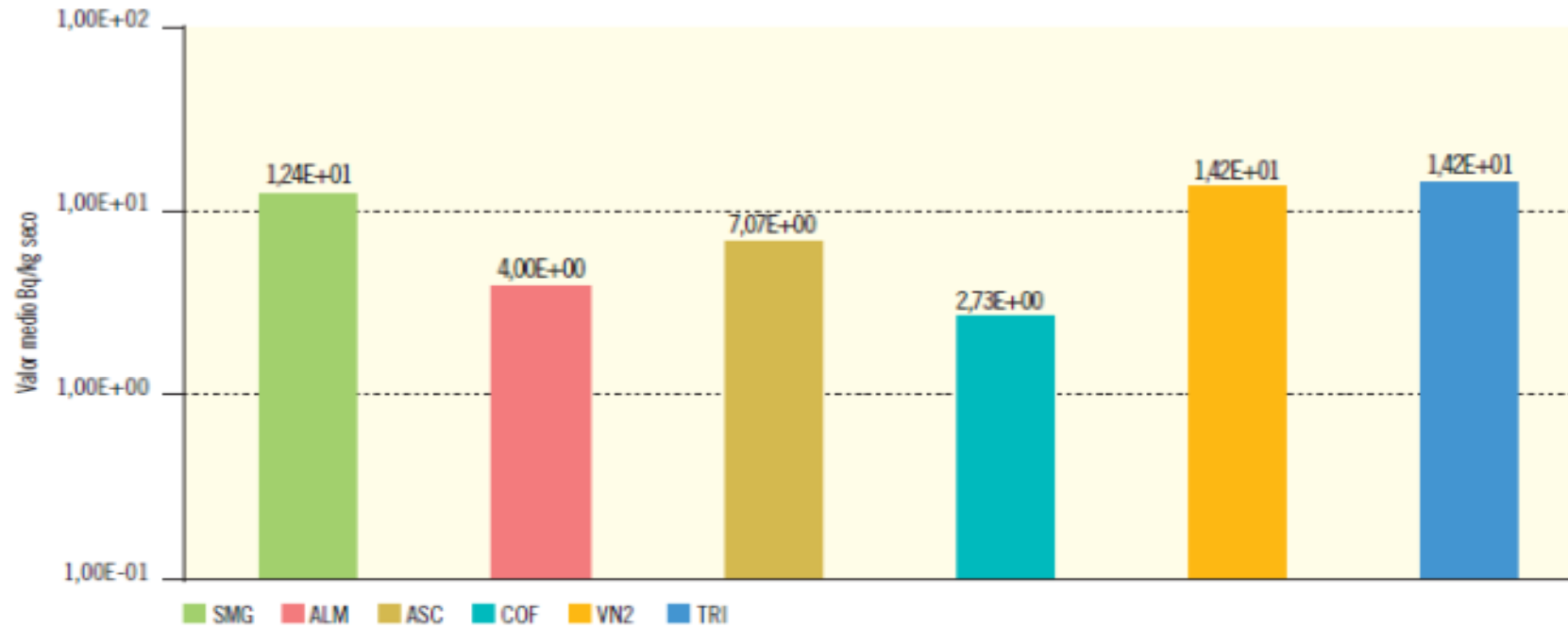
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,03	1,69	0,98	1,00	0,94	0,88
Valor mínimo	0,62	0,71	0,42	0,48	0,52	0,59
Nº total de análisis	228	82	76	74	56	84
Nº de análisis > LID	228	82	76	74	56	84
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0



RESULTADOS

Figura 2.11b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2009



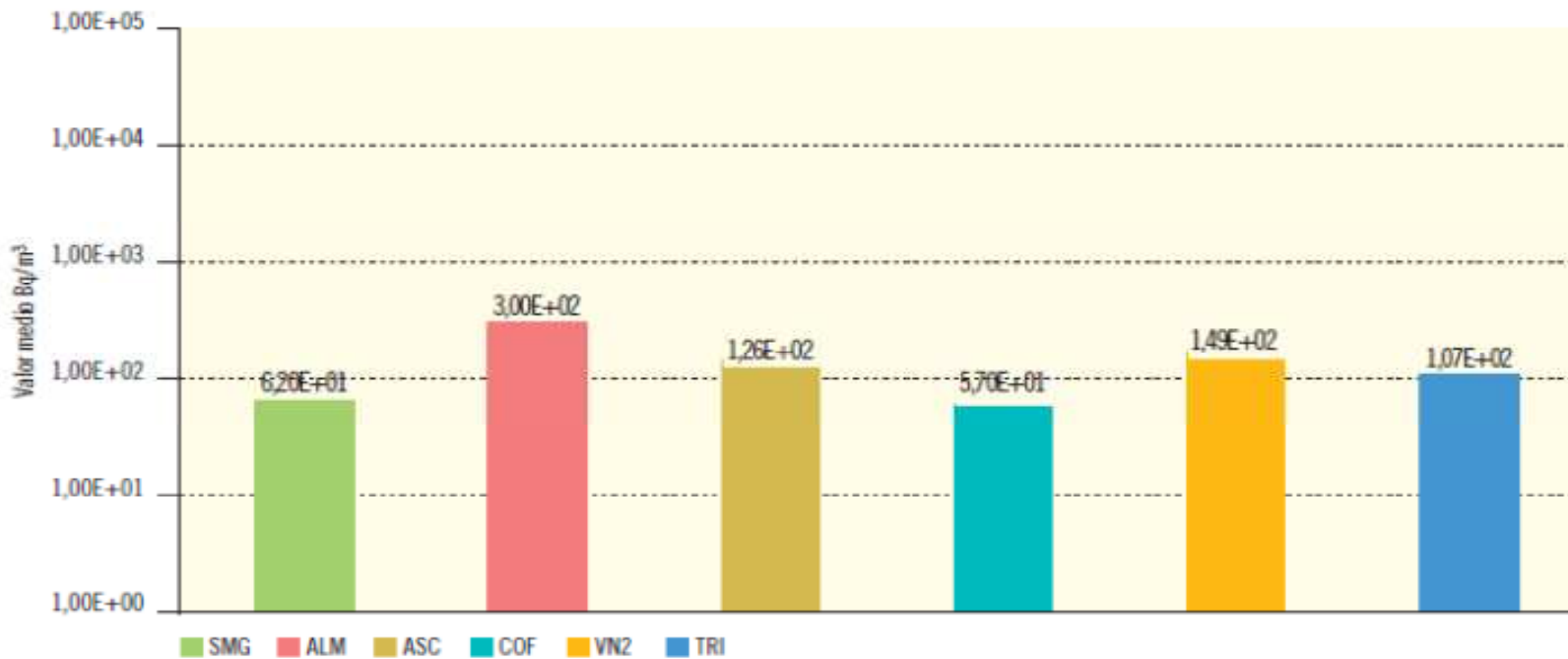
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,59E+01	7,49E+00	1,62E+01	6,69E+00	3,29E+01	3,08E+01
Valor mínimo	6,80E+00	5,75E-01	4,81E-01	5,55E-01	7,76E-01	1,81E+00
Nº total de análisis	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	5	6	6	6	9	8
Nº de análisis < LID	1	1	3	1	0	0



RESULTADOS

Figura 2.17b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2009



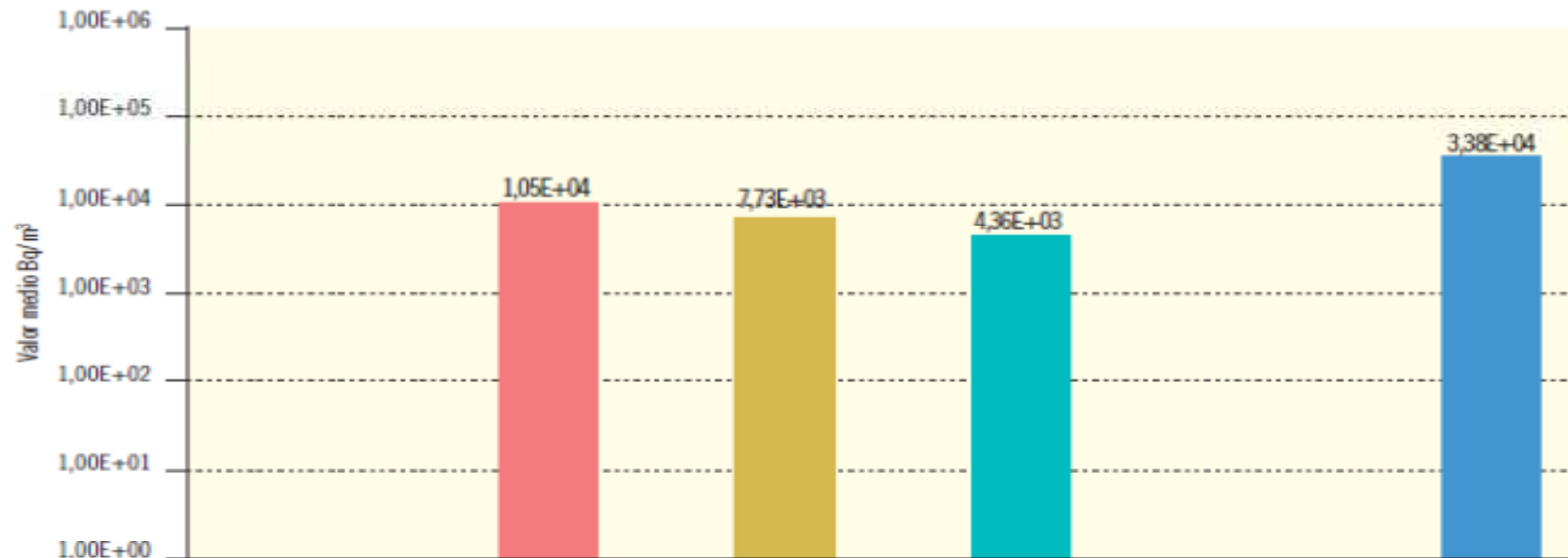
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,14E+02	5,00E+02	2,07E+02	9,56E+01	2,19E+02	3,50E+02
Valor mínimo	2,84E+01	2,47E+01	7,84E+01	2,59E+01	1,12E+02	4,14E+01
Nº total de análisis	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	19	31	48	7	4	23
Nº de análisis < LID	9	5	0	5	0	1



RESULTADOS

Figura 2.20b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2009



SMG ALM ASC COF VN2 TRI

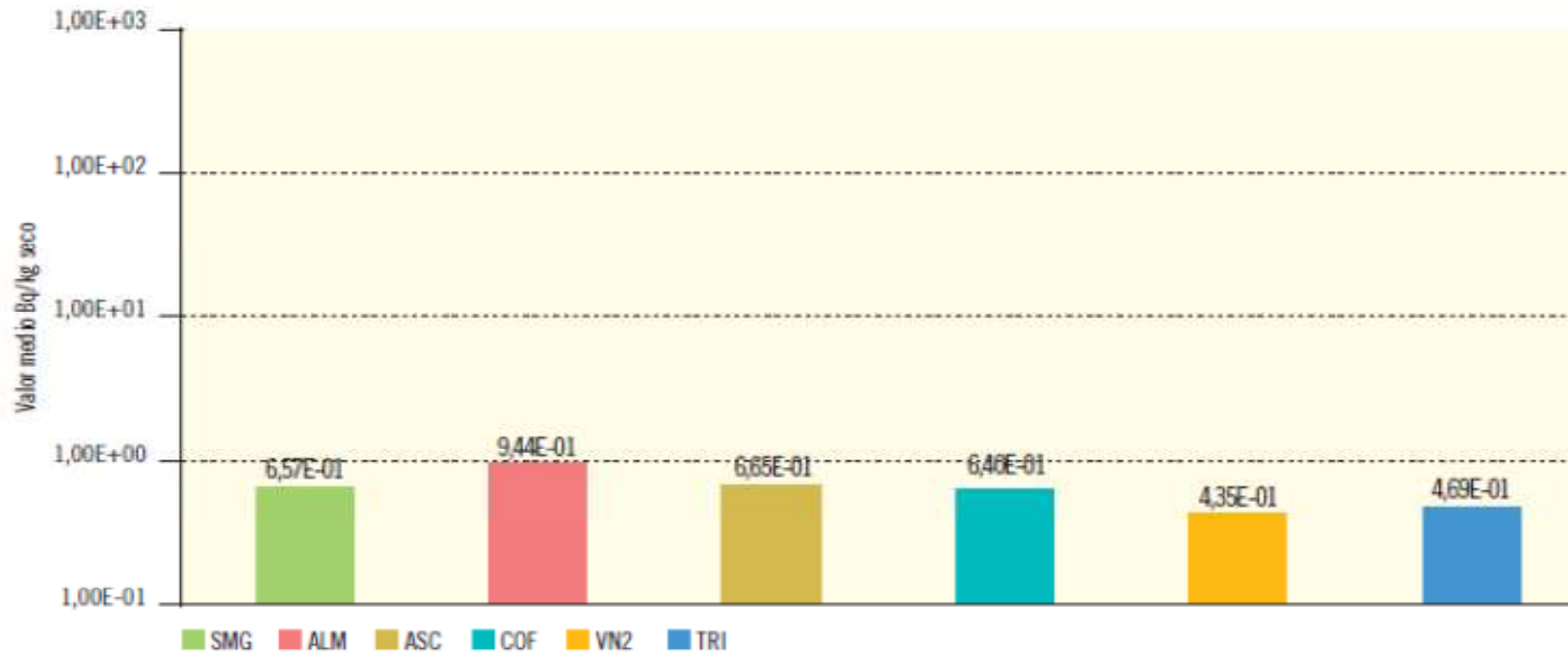
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		1,05E+04	9,71E+03	4,36E+03		4,85E+04
Valor mínimo		1,05E+04	5,65E+03	4,36E+03		4,71E+03
Nº total de análisis	28	12	16	12	4	24
Nº de análisis > LID	0	1	3	1	0	16
Nº de análisis < LID	28	11	13	11	4	8



RESULTADOS

Figura 2.21b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2009



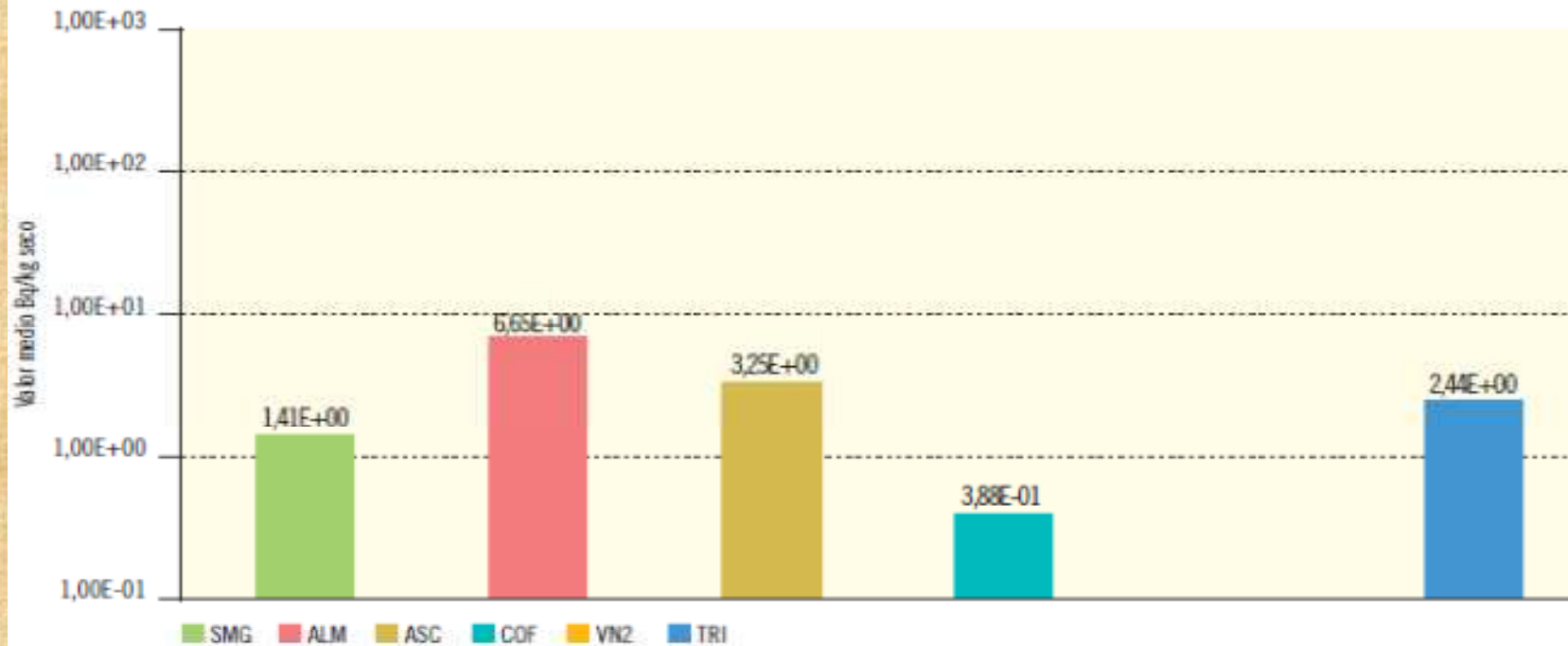
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	7,84E-01	1,72E+00	1,09E+00	9,22E-01	6,18E-01	7,02E-01
Valor mínimo	4,94E-01	3,85E-01	3,19E-01	3,21E-01	2,52E-01	3,40E-01
Nº total de análisis	14	16	28	14	6	8
Nº de análisis > LID	5	11	21	3	2	5
Nº de análisis < LID	9	5	7	11	4	3



RESULTADOS

Figura 2.23b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2009



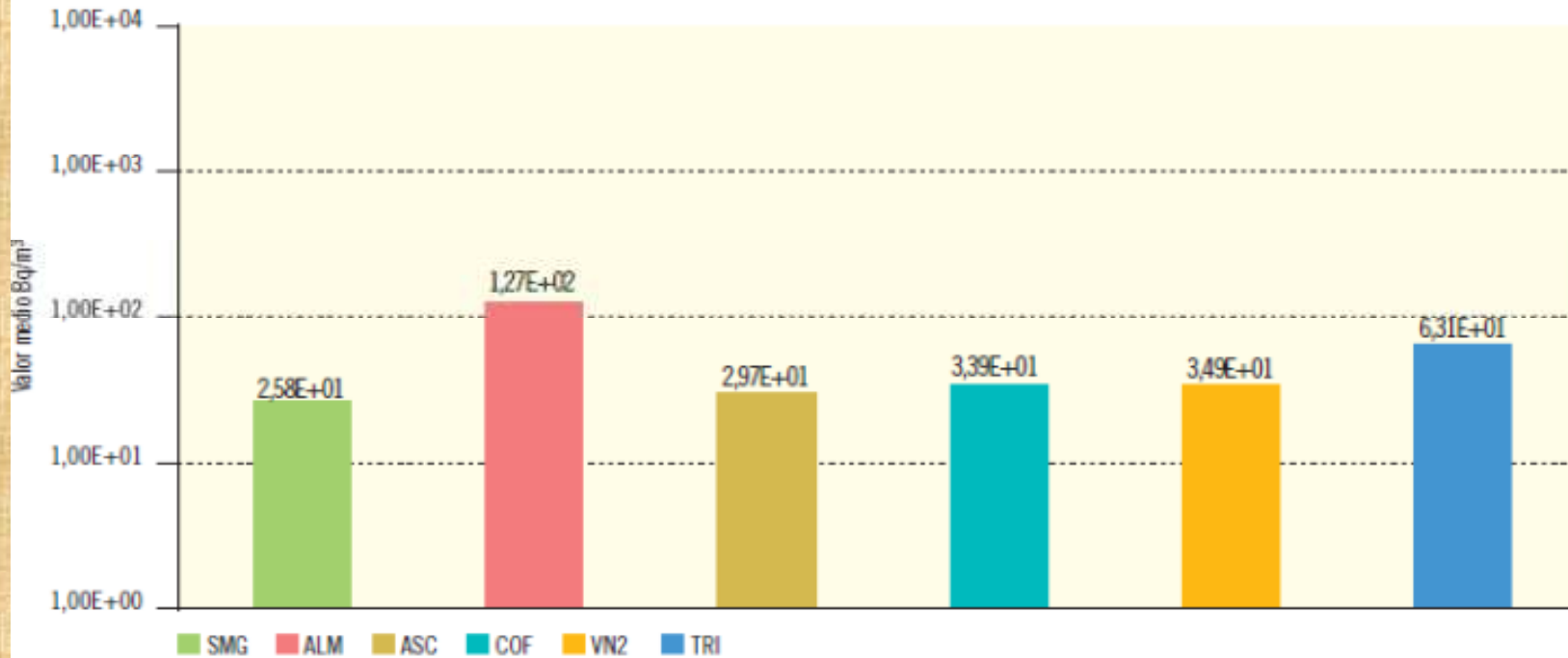
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,69E+00	1,51E+01	6,86E+00	4,32E-01		4,03E+00
Valor mínimo	1,12E+00	7,92E-01	3,97E-01	3,44E-01		8,48E-01
Nº total de análisis	14	16	28	14	6	8
Nº de análisis > LID	2	6	18	2	0	2
Nº de análisis < LID	12	10	10	12	6	6



RESULTADOS

Figura 2.30b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2009



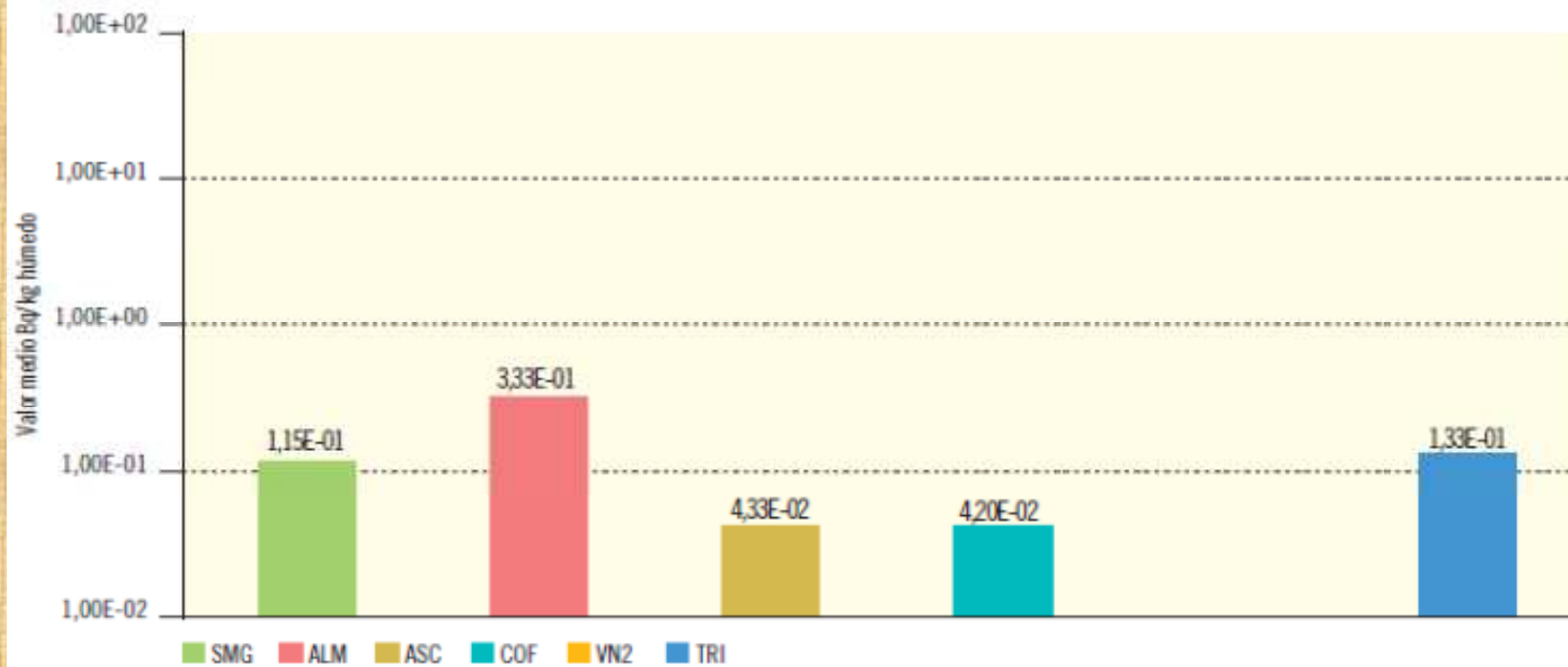
Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,57E+01	6,55E+02	8,50E+01	4,90E+01	7,04E+01	1,63E+02
Valor mínimo	1,65E+01	1,33E+01	1,78E+01	2,03E+01	1,43E+01	1,71E+01
Nº total de análisis	48	98	36	24	36	53
Nº de análisis > LID	29	89	28	19	23	47
Nº de análisis < LID	19	9	8	5	13	6



RESULTADOS

Figura 2.32b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2009



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,42E-01	1,32E+00	9,91E-02	4,73E-02		4,47E-01
Valor mínimo	3,71E-02	3,08E-02	1,85E-02	3,67E-02		3,22E-02
Nº total de análisis	16	10	10	4	2	8
Nº de análisis > LID	15	10	10	2	0	8
Nº de análisis < LID	1	0	0	2	2	0



INFORMES

- Mensuales (información más relevante) : junto a los informes de explotación
- Anual (preceptivo)
 - Resultados individuales.
 - Comparación valores anteriores
 - Comparación estaciones testigo
 - Resultados programa CC
 - Conclusiones



RESPONSABILIDADES

Responsabilidad del explotador

- Ejecutar el PVRA.
- Mantener actualizado el PVRA, de acuerdo con los cambios que sufra la instalación y su entorno.
- Impedir la superación de los límites de dosis legales y administrativos a los miembros del público.
- Evitar la contaminación radiológica inaceptable del medio ambiente.
- Notificar al organismo regulador y organismos competentes toda situación en la instalación que implique un riesgo radiológico al exterior.



Responsabilidad del organismo regulador o autoridad competente.

- Asegurar que los miembros del público y el medio ambiente del entorno de la central están protegidos de forma adecuada.
- Identificar las vías de exposición a la población.
- Realizar programas de control del PVRA ejecutado por el explotador, para asegurar su bondad: programas de Control de Calidad independientes.



OTROS PROGRAMAS DE VIGILANCIA

- Cumplimiento art. 35 y 36 del tratado EURATOM
 - REM (Red Estaciones de muestreo: Universidades, CEDEX (ríos y costa))
 - REA (Red Estaciones Automáticas)
 - Financiadas por el CSN
 - Ámbito estatal
 - Vigilancia aire, agua , suelo y alimentos (leche, dieta tipo).
 - Emisión Informes a la UE



ACCIDENTE FUKUSHIMA

- Estaciones de muestreo atmosféricas:
 - Universidades
 - CCNN
- Incremento valores I-131 : paso de $< \text{LID}$ (no detectados) a actividades medibles.
- Confirmación eficacia redes ambientales
- LRA-UPV: medidas aire
medidas vegetales hoja ancha



ACCIDENTE FUKUSHIMA

Tipo muestra : cartucho Yodo

Valores de I-131.Unidades: Bq/m³

Punto: UPV (REM)

Fechas de recogida		Actividad	Incertidumbre	LID
inicial	final			
08/03/2011	15/03/2011	<LID		1,94E-04
15/03/2011	22/03/2011	<LID		2,36E-04
22/03/2011	29/03/2011	3,03E-03	9,76E-04	1,87E-04
31/03/2011	05/06/2011	1,11E-03	2,70E-04	2,50E-04
05/04/2011	07/04/2011	2,20E-03	6,81E-04	6,30E-04
07/04/2011	14/04/2011	2,70E-04	1,67E-04	1,69E-04
14/04/2011	20/04/2011	4,85E-04	3,41E-04	2,44E-04
20/04/2011	28/04/2011	<LID		1,87E-04
28/04/2011	05/05/2011	<LID		2,16E-04

Punto: UPV-5E

Fechas de recogida		Actividad	Incertidumbre	LID
inicial	final			
04/04/2011	06/04/2011	2,25E-03	3,84E-04	3,50E-04
06/04/2011	08/04/2011	1,80E-03	4,24E-04	3,81E-04
08/04/2011	11/04/2011	8,97E-04	3,93E-04	3,20E-04
11/04/2011	13/04/2011	4,93E-04	4,50E-04	4,12E-04
13/04/2011	15/04/2011	4,67E-04	3,32E-04	3,88E-04
15/04/2011	19/04/2011	3,85E-04	2,08E-04	1,79E-04
19/04/2011	26/04/2011	<LID		1,12E-04
26/04/2011	04/05/2011	<LID		8,79E-05



ACCIDENTE FUKUSHIMA

Tipo de muestra	Estación	Fechas de recogida		Isótopo	Actividad	Incertidumbre	LID
		inicial	final				
Partículas polvo	UPV	22/03/2011	29/03/2011	I-131	1,43E-03	5,85E-04	6,31E-04
		22/03/2011	29/03/2011	Cs-137	1,69E-04	7,80E-05	7,28E-05
		22/03/2011	29/03/2011	Cs-134	8,74E-05	3,00E-05	5,09E-05
Cartucho yodo	Cofrentes	29/03/2011	05/06/2011	I-131	4,50E-03	3,40E-04	1,90E-04

Unidades: Bq/m³



ACCIDENTE FUKUSHIMA

Muestra	Procedencia	Toma	I-131(Bq/kg)
Lechuga	Benicarló	05/04/2011	0,10 0,08
		11/05/2011	<0.189
Lechuga Acelga	Castellón	05/04/2011	<0,097
		11/05/2011	<0,263
Lechuga	Meliana	05/04/2011	0,21 ± 0,10
		26/04/2011	<0,082
Acelga	Orihuela	06/04/2011	1,5 ± 0,2
		10/05/2011	<0,105



REFERENCIAS

- Guía de Seguridad 4.1. CSN. *Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares.*
- Resultados VRA -2009. *Colección Informes Técnicos 28.2010.* CSN