



Programa de Monitoreo Radiológico Ambiental – Experiencias del CPHR, Cuba

Dr. C. Jorge A. Carrazana González

Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA)
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR)

Para proteger tu mundo



¿Qué aspectos trataremos en esta presentación?

- Sistemas de **vigilancia y alerta temprana** vinculados a la acción del CPHR.
- Principales **estudios sobre radiactividad ambiental** desarrollados por el CPHR.



Sistemas de vigilancia y alerta temprana en los que participa el CPHR

- Red Nacional de Vigilancia Radiológica Ambiental de la República de Cuba (RNVRA).
- Programa Nacional de Vigilancia Radiológica de Alimentos y Agua.
- Vigilancia Radiológica en el Reciclaje de Metales.

La **Vigilancia Radiológica** implica un **monitoreo radiológico** realizado como parte de procedimientos bien establecidos.



Red Nacional de Vigilancia Radiológica Ambiental (RNVRA)

Sistema de alerta temprana para **detectar anomalías radiológicas en el medio ambiente** del territorio nacional.



Una anomalía radiológica pudiera producirse debido a **emisiones radiactivas a escala local, regional o global**. Las emisiones pudieran ser **accidentales o intencionadas**.



Directiva No. 1/2022 del Presidente del Consejo de Defensa Nacional de la República de Cuba

Gestión de **riesgos de desastre**

sobre

Peligros de desastre de **origen tecnológico** para Cuba

se identifican

Accidentes con **materiales o fuentes radiactivas peligrosas** (instituciones de salud, industriales, investigación científica, educacionales),

se incluyen

Contaminación transfronteriza (centrales nucleares de la Península de la Florida y México)

provoca

Daños a la salud y la vida de las personas, al medioambiente y a las instalaciones

provocan



Infraestructura

La RNVRA está constituida por **18 Postas Radiológicas Activas**:

4 se denominan **Postas tipo A**, y las **14** restantes **Postas tipo D**.

Las **Postas tipo A** se encuentran ubicadas en el **Occidente**, **Centro** y **Oriente** de la isla de Cuba:

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) en **La Habana**

Centro de Estudios Ambientales de **Cienfuegos** (CEAC)

Centro de Ingeniería Ambiental de **Camagüey** (CIAC)

Centro de Información y Gestión Tecnológica de **Holguín** (CIGET)



CPHR

CENTRO DE PROTECCIÓN
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



Distribución de **Postas Radiológicas tipo A** de la RNVRA

Para proteger tu mundo



CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



Indicadores radiológicos de las Postas tipo A

Indicador radiológico	Equipo para monitoreo	Frecuencia del monitoreo
Tasa de dosis equivalente ambiental en tiempo real	Sondas gamma	Cada 10 minutos
Tasa de dosis gamma integrada	Dosímetros termoluminiscentes (TLD)	Semestral
Radioactividad en aerosoles	Colector de Aerosoles – Espectrometría Gamma con HPGe	Mensual
Radioactividad en precipitaciones totales	Bandeja colectora de precipitaciones – Espectrometría Gamma con HPGe	Mensual
Radioactividad en leche	Frascos colectores – Espectrometría Gamma con HPGe	Mensual

En las **Postas tipo D** se monitorea la **tasa de dosis gamma integrada**.

Para proteger tu mundo



Equipamiento usado por la Red Nacional de Vigilancia Radiológica Ambiental – Estación CPHR.





El CPHR desarrolló su propia interfase, nombrada **ViewGAMMA**, para el monitoreo radiológico, en tiempo real, utilizando las sondas gamma GammaTRACER.

ViewGAMMA

RED NACIONAL DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (RNVRA)

CPHR
CENTRO DE PROTECCIÓN
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES

Parámetros Descargar Configuración Análisis & Reportes Salir

1 2 3 4 5

ViewGAMMA

RED NACIONAL DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (RNVRA)

CPHR

Fecha	TD_pmd (nGy/h)	Temp_pmd (°C)	TD_max (nGy/h)	TD_min (nGy/h)
2014-01	69,83	21,78	94,67	41,57
2014-02	69,93	23,95	98,06	43,88
2014-03	70,08	23,76	100,76	45,95
2014-04	70,61	25,42	95,70	45,70
2014-05	70,29	25,72	97,53	48,37
2014-06	70,06	27,13	94,42	49,70
2014-07	70,51	26,51	99,67	50,79
2014-08	70,66	26,34	99,94	51,90
2014-09	70,38	27,35	115,68	11,83
2014-10	70,53	26,01	95,75	48,90
2014-11	70,58	22,99	125,80	50,65
2014-12	69,25	21,95	95,96	46,57

Tasa_Dosis (nGy/h) vs Time

Temperatura (°C) vs Time

1 2

3 4 5

6 7 8 9 10 11 12

10 11 12

Intervalo de tiempo: Año Mes Día

Intervalo/hora Intervalo Anual (meses) Anual (pmd)

Promedio/hora Diario Histórico

Guardar Salir

Operador: 2012030002

Tasa_Dosis hora 0:00:00

Temperatura 0:00:00

Fecha TD_max/min (nGy/h)

TD_pmd (nGy/h) T_pmd (°C)



CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES

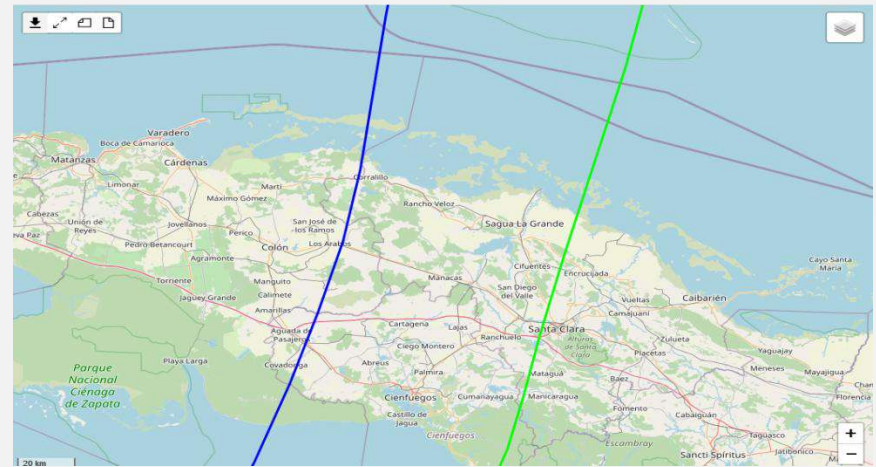
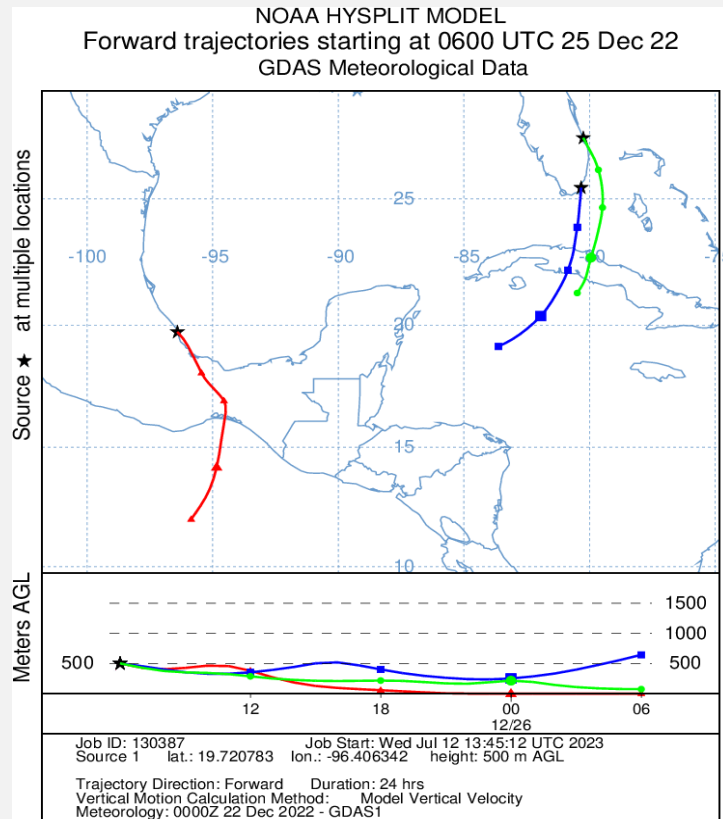


Desarrollo de capacidades en la RNVRA para pronosticar el impacto transfronterizo de un accidente nuclear en países vecinos

Para proteger tu mundo



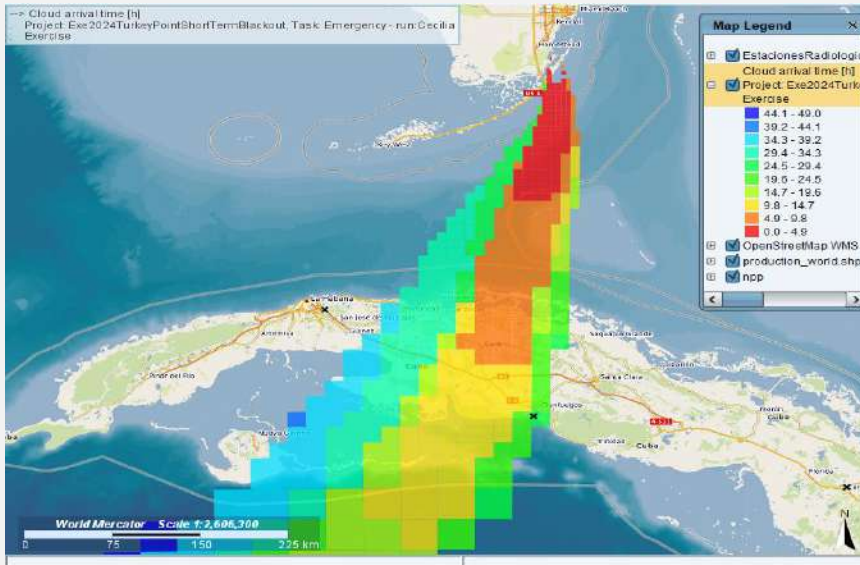
Pronóstico de la trayectoria de las masas de aire procedentes de las centrales nucleares de México y de la Península de la Florida.





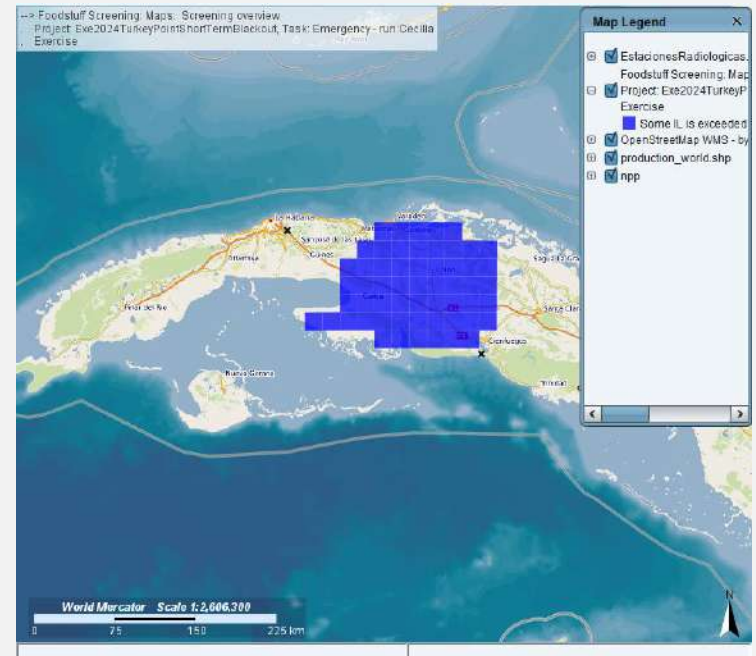
Simulación del impacto de un accidente severo en la central nuclear de Turkey Point, Península de la Florida.

Tiempo estimado de arribo de la nube:
5 - 10 horas



La simulación se realizó con JRodos.

Área estimada con restricción de alimentos





CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



Programa Nacional de Vigilancia Radiológica de Alimentos y Agua



Para proteger tu mundo



- ✓ A raíz del accidente de Chernobyl, el Codex Alimentarius, en su **18° período de sesiones** incorporó a los **radionucleidos** como contaminantes alimentarios

GUIDELINE LEVELS FOR RADIONUCLIDES IN FOODS FOLLOWING ACCIDENTAL NUCLEAR CONTAMINATION FOR USE IN INTERNATIONAL TRADE

CAC/GL 5-1989 ¹

FOODS DESTINED FOR GENERAL CONSUMPTION

Dose per unit intake factor (Sv/Bq)	Representative radionuclides	Level (Bq/kg)
10^{-6}	^{241}Am , ^{239}Pu	10
10^{-7}	^{90}Sr	100
10^{-8}	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	1000

MILK AND INFANT FOODS

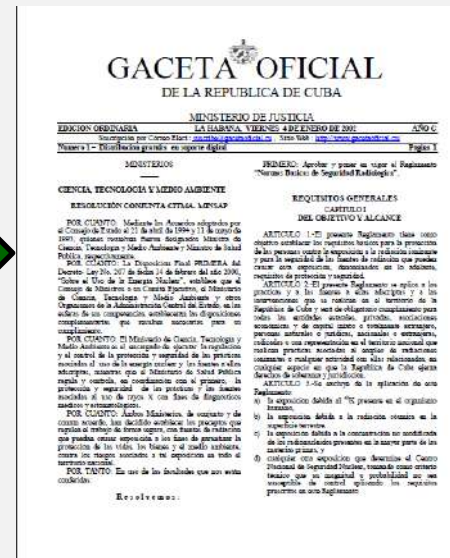
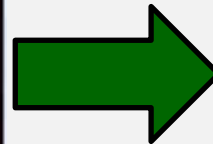
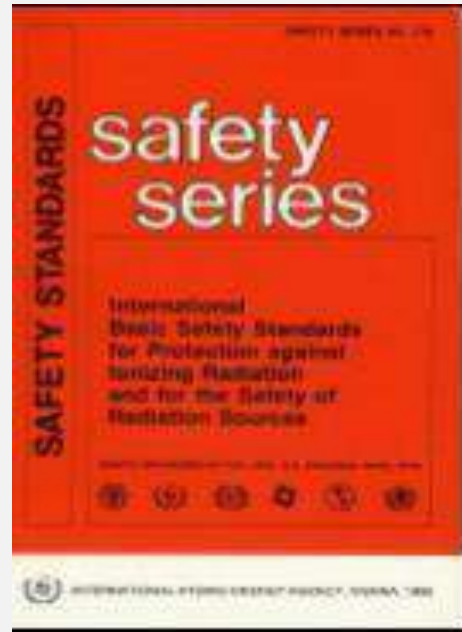
Dose per unit intake factor (Sv/Bq)	Representative radionuclides	Level (Bq/kg)
10^{-6}	^{241}Am , ^{239}Pu	1
10^{-7}	^{131}I , ^{90}Sr	100
10^{-8}	^{134}Cs , ^{137}Cs	1000





En el año 2002 se aprobó en Cuba la Resolución Conjunta CITMA-MINSAP: **Reglamento “Normas Básica de Seguridad Radiológica”**, donde se establecen (entre otros aspectos) los niveles de actuación vigentes en el país para radionúclidos en alimentos.

Si estos niveles se superan, entonces se deberá tomar la decisión de si, y en qué circunstancias, podrán distribuirse los alimentos contaminados con radionúclidos, basándose en las **Normas Básicas de Seguridad Radiológica Colección Seguridad No 115 del OIEA (1996)**





CPHR

CENTRO DE PROTECCIÓN
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



GACETA OFICIAL

DE LA REPUBLICA DE CUBA

MINISTERIO DE JUSTICIA

EDICIÓN ORDINARIA

LA HABANA, VIERNES 4 DE ENERO DE 2002

AÑO C

Suscripción por Correo Elect.: suscribe@gacetaoficial.cu . Sitio Web : <http://www.gacetaoficial.cu/>

Número 1 – Distribución gratuita en soporte digital

Página 1

MINISTERIOS

PRIMERO: Aprobar y poner en vigor el Reglamento
"Normas Básicas de Seguridad Radiológica".

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

REQUISITOS GENERALES
CAPÍTULO I

RESOLUCIÓN CONJUNTA CITMA- MINSAP

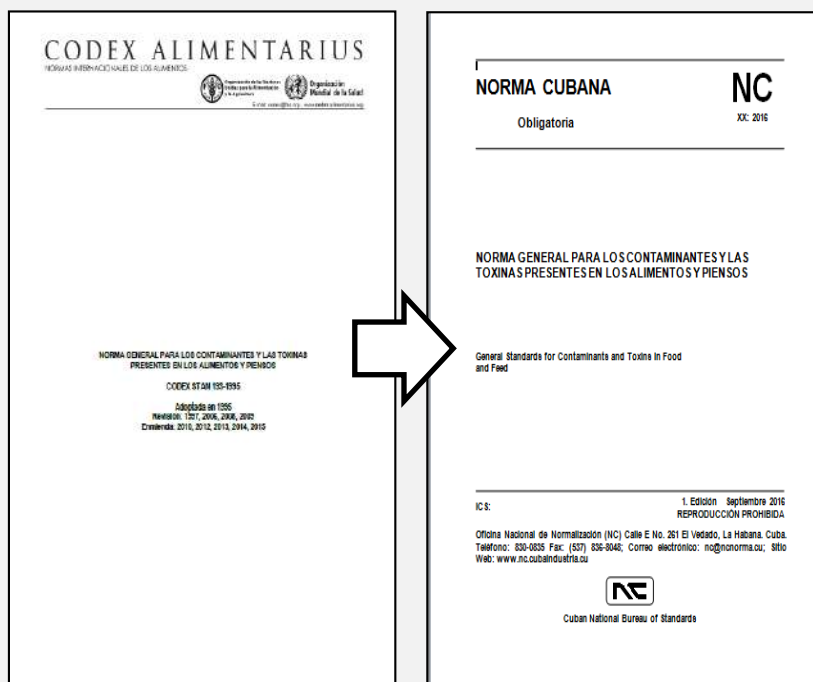
NIVELES SE ACTUACIÓN GENÉRICOS PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Radionucleidos	Nivel de actuación genéricos (kBq/kg)
Alimentos destinados al consumo general	
Cs-134, Cs-137, Ru-103, Ru-106, Sr-89, I-131	1
Sr-90	0.1
Am-241, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242	0.01
Leche, alimentos para lactantes y preescolares, agua	
Cs-134, Cs-137, Ru-103, Ru-106, Sr-89,	1
Sr-90, I-131	0.1
Am-241, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242	0.001

Para proteger tu mundo



Para el país se aplican los niveles orientativos publicados por la Comisión Mixta de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud del Codex Alimentarius

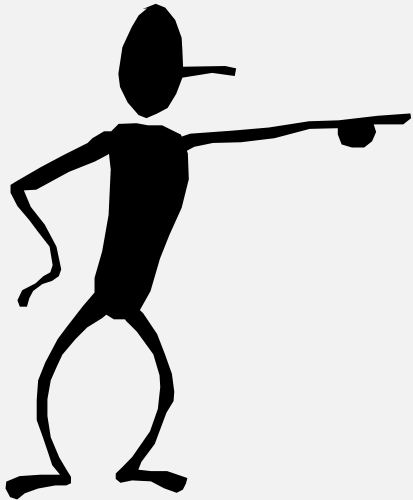


Alimento	Radionucleidos representativos	Nivel de referencia (NR) (Bq/kg)
Alimentos para lactantes	^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	1
Alimentos para lactantes	^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{131}I , ^{235}U	100
Alimentos para lactantes	$^{35}\text{S}^{**}$, ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir	1000
Alimentos para lactantes	$^3\text{H}^{***}$, ^{14}C , ^{99}Tc	1000
Otros alimentos distintos de los alimentos para lactantes	^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	10
Otros alimentos distintos de los alimentos para lactantes	^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{131}I , ^{235}U	100
Otros alimentos distintos de los alimentos para lactantes	$^{35}\text{S}^{**}$, ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir	1000
Otros alimentos distintos de los alimentos para lactantes	$^3\text{H}^{***}$, ^{14}C , ^{99}Tc	10 000



CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



**¿Cuándo comenzamos a
controlar la presencia de
radionucleidos en
alimentos en Cuba?**

Para proteger tu mundo



- ✓ **Accidente de Chernobyl**, finales de la década del 80 del pasado siglo: la mayoría de las exportaciones de alimentos a nuestro país provenían de áreas afectadas por el accidente
- ✓ **Certificación de exportaciones**: Década de los 90 del pasado siglo, el Ministerio de Comercio Exterior contactó al CPHR con vista a la certificación de la calidad radiológica de algunos alimentos cubanos de exportación por exigencia de los mercados extranjeros, fundamentalmente el azúcar cubana a granel y el ron Habana Club destinados a la exportación
- ✓ **Registro Sanitario**: En 1997 se incorporó al Manual de indicadores del Registro Sanitario Nacional de Alimentos, lo concerniente a la calidad radiológica de los alimentos.
- ✓ **Programa de Vigilancia de Contaminantes**: En 1998 se había aprobado en el país con carácter de resolución nacional, el Programa Nacional para la Vigilancia de los Contaminantes en los alimentos y agua, que incluía los contaminantes químicos, biológicos y toxicológicos. En el año 2002 se suma a este el Programa de Vigilancia Radiológica de Alimentos y Agua, que está vigente en la actualidad



CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



**¿Cómo se determina el
universo de la vigilancia?**


Para proteger tu mundo





Radionucleidos → Contaminante ambiental


Mapa mundial con el estado de desarrollo nuclear representado por colores

 Los cinco países con armas nucleares del Tratado de No Proliferación

 Otros países con armas nucleares

 Países sospechosos de tener armas nucleares o de estar en proceso de desarrollarlas

 Países que alguna vez tuvieron programas de desarrollo de armas nucleares

 Otros países capaces de desarrollar armas nucleares en algunos años si así lo deciden





Equipamiento principal utilizado: Sistema de Espectrometría Gamma con detector HPGe.



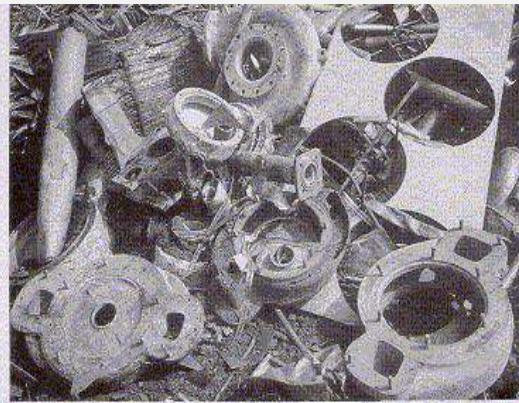


CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



Vigilancia radiológica en el reciclaje de metales



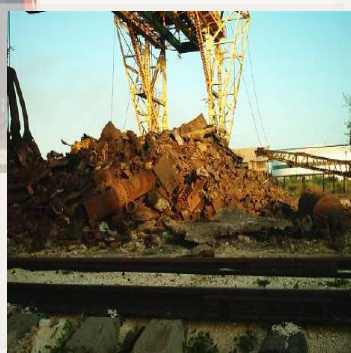
Bomba de acero inoxidable contaminada con sustancias radiactivas naturales



Para proteger tu mundo



Vigilancia radiológica en el reciclaje de metales



- ✓ Resolución Conjunta CITMA-MINCEX sobre el control de la contaminación de la chatarra con materiales radiactivos
- ✓ Resolución No. 42/2011 del CNSN “Guía para la Vigilancia Radiológica de Chatarra” del 28 de abril de 2011
- ✓ Minimizar la presencia incontrolada de fuentes radiactivas abandonadas que, de ser fundidas provoquen una contaminación radiactiva
- ✓ Cumplir con exigencias internacionales para el comercio



Control radiológico de la chatarra industrial

El control radiológico de la chatarra se desarrolla para:

- Minimizar la presencia incontrolada de fuentes radiactivas abandonadas que, de ser fundidas provoquen una contaminación radiactiva
- Cumplir con exigencias internacionales para el comercio

Ubicación de las empresas exportadoras donde se realiza el control radiológico de la chatarra





CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



Principales estudios sobre radiactividad ambiental desarrollados por el CPHR

Para proteger tu mundo

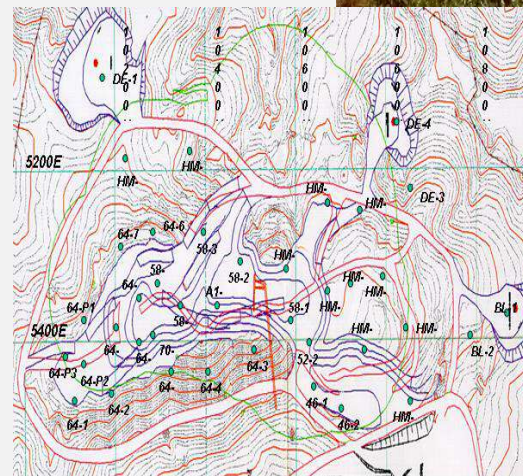


Estudios realizados en escenarios de actividades mineras

Minas de oro-cobre

Resultados de la determinación de la concentración de radionucleidos naturales en las muestras de suelos y sedimentos

Puntos de Muestreo	Descripción del punto	Concentración Especifica (Bq/kg)		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
64-6	Cuerpo del yacimiento	198 ± 70	11 ± 7	<5
64-7	Cuerpo del yacimiento	416 ± 64	42 ± 13	5 ± 0.7
64-P4	Cuerpo del yacimiento	1713 ± 260	23 ± 12	190 ± 30
64-4	Cuerpo del yacimiento	53 ± 23	12 ± 10	23 ± 9
58-P9	Cuerpo del yacimiento	7216 ± 1066	<11	<5
A1-85	Cuerpo del yacimiento	592 ± 115	13 ± 10	94 ± 24
HM-8	Cuerpo del yacimiento	875 ± 130	<11	<5
52-2	Cuerpo del yacimiento	170 ± 42	25 ± 10	<5
C-1	Colera No.1	570 ± 162	<11	<5
C-2	Colera No.2	1162 ± 190	<11	<5
C-3	Sedimentos de las coleras	280 ± 45	48 ± 14	213 ± 92
BL-1	Depósito de Baja ley +	1300 ± 200	8 ± 4	82 ± 15
BL-11	Sedimentos de Baja ley	673 ± 100	45 ± 13	284 ± 28
DE-1	Depósito de Baja ley +	324 ± 60	22 ± 6	66 ± 12
DE-2	Depósito de Baja ley ++	282 ± 45	42 ± 13	190 ± 45
DE-4	Depósito Escorial No.2	847 ± 153	15 ± 8	<5
DE-5	Sedimento del Deposito Escorial No.2	907 ± 163	33 ± 17	75 ± 20





La extracción del mineral se desarrolla a cielo abierto y el proceso tecnológico prácticamente no incluye ningún espacio cerrado por lo que las concentraciones de ^{222}Rn son prácticamente iguales en todos los puestos de trabajo y similares a las concentraciones ambientales en el yacimiento. Las determinaciones llevadas a cabo en el cuerpo del yacimiento, el área tecnológica y los locales administrativos señalaron concentraciones de actividad entre los 29 ± 10 y $39 \pm 12 \text{ Bq/m}^3$

Estudios realizados en escenarios de actividades mineras

Minas de plomo-zinc

Se realizaron mediciones de tasa de dosis gamma en las áreas de embalses, en la ubicación de la planta de tratamiento y en el área del botadero de residuos del tajo abierto



Resultados de la determinación de la concentración de radionucleidos

Punto de muestreo	Actividad específica \pm U (Bq/kg)	
	Ra-226	K-40
Sector Este Nivel 0	71.6 \pm 1.2	793 \pm 23
Puesto de trabajo de Buldóceres	61.3 \pm 1.4	930 \pm 30
Puesto de trabajo Camiones	45.6 \pm 1.4	673 \pm 24
Sector Este Nivel 6	55.6 \pm 1.3	697 \pm 26
Zona de Mineral puro	34.8 \pm 1.0	17.7 \pm 1.2
Sector Oeste Nivel 78	55.4 \pm 1.3	1260 \pm 50
Sector Oeste Nivel 72	127.7 \pm 2.9	830 \pm 30
Escombrera Este Nivel 98,2	17.4 \pm 0.6	541 \pm 20
Entrada del mineral para trituración primaria	80.4 \pm 2.2	293 \pm 11
Producto Final (pila derramada sin clasificar)	38.9 \pm 1.1	67 \pm 3
Almacén con concentrado de Plomo	36.8 \pm 1.2	67 \pm 3
Almacén con concentrado de Zinc	15.6 \pm 0.6	16.5 \pm 1.4





Estudios realizados en escenarios de actividades mineras

Yacimiento de fosfato La Pimienta

El mineral se usa como fertilizante fosfatados (fluorocarbonatoapatitas con un contenido promedio de 10-25% de P_2O_5), empleados ampliamente en las plantaciones cítricas

Concentraciones de radionucleido naturales (Bq/kg de peso seco)

Muestra	Ra-226	Th-232	K-40
Mineral triturado	2774	39	203
Fórmula completa	347	<7	5448



Concentraciones de radionucleido naturales en suelos de diversas áreas del lugar de estudio (Bq/kg de peso seco)

Muestra	Ra-226	Th-232	K-40
Área de vivero	38.8 ± 9.5	19.9 ± 13.8	68.37 ± 37
Área de mejoramiento	27.6 ± 9.1	14.9 ± 13.8	<40
Área de desarrollo	27.2 ± 9.0	<13	<46
Área de producción	35.7 ± 9.6	<13	73.3 ± 38.6
Área no fertilizada	19.6 ± 9.1	<13	<47

Concentraciones de radionucleido naturales en diferentes partes de la planta de cítrico (Bq/kg de peso fresco)

Parte de la planta	Ra-226	Th-232	K-40
Tallo	21.0 ± 2.2	28.7 ± 3.0	351.3 ± 35.6
Hoja	17.7 ± 2.0	25.5 ± 2.9	763.7 ± 77.6
Cáscara	0.77 ± 0.008	1.05 ± 0.11	49.3 ± 5.0
Jugo	<0.076	0.13 ± 0.03	43.2 ± 4.4



Explotación de petróleo

Estudio realizado en los pozos de petróleo de la zona de Boca de Jaruco

Se analizaron muestras del material que se extrae de los pozos, de las incrustaciones en las tuberías, en los tanques de almacenamiento del crudo, en las válvulas, en las pailas y en la piscina de tratamiento; de las costras y el crudo.

Los valores más significativos de ^{226}Ra se encontraron en las incrustaciones de tuberías con un valor promedio de $7200 \pm 180 \text{ Bq/kg}$.





Se realizó además la evaluación radiológica de los puestos de trabajo, a partir de definir los escenarios, en especial en el caso de los trabajadores de perforación de los pozos, que permanecen en campañas de 21 días de trabajo prácticamente ininterrumpidos en las inmediaciones del pozo en perforación, potencialmente sometido a los efectos del material que está siendo continuamente extraído.

Las mediciones realizadas en la zona estudiada no arrojaron valores por encima del fondo natural del lugar. Las dosis calculadas estuvieron en el intervalo de **0.3 – 1.3 mSv/año** por lo que se corresponden con los valores establecidos como típicos para la población cubana.

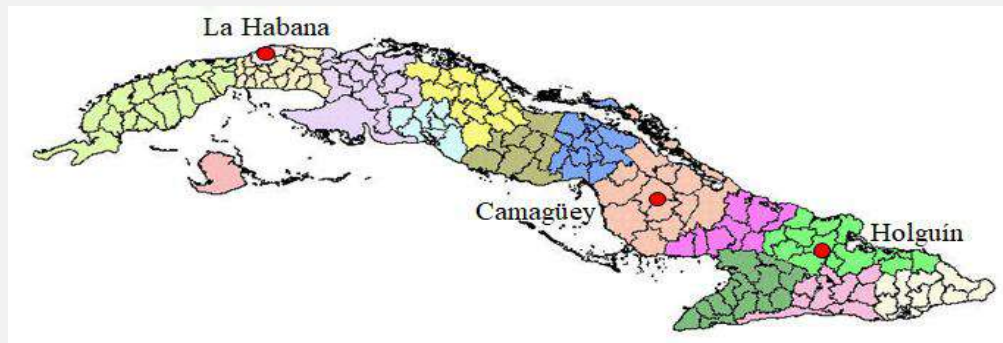


Exposición del público debida al radón en interiores

El nivel de referencia apropiado de ^{222}Rn en viviendas y otros edificios para miembros del público con elevados factores de ocupación, teniendo en cuenta las circunstancias sociales y económicas imperantes, que en general no exceda de un promedio anual de concentración de la actividad debida al ^{222}Rn de 300 Bq/m^3



Se realizó el primer estudio de la dosis recibida por la población cubana por inhalación de $^{222}\text{Radón}$ en el interior de viviendas. Fueron seleccionadas viviendas de diferentes tipologías en diferentes provincias del país, empleando la Técnica de Trazas Nucleares con DSTN LR115 tipo II. Se colocaron dos cámaras de difusión en las habitaciones de cada vivienda por un período de 6 meses



Ciudad	Dosis estimada ($\mu\text{Sv/año}$)
La Habana	243.0 ± 1.0
Camagüey	121.0 ± 1.0
Holguín	148.7 ± 1.2

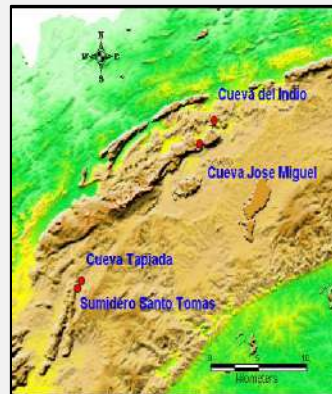


Exposición ocupacional debida al radón en los lugares de trabajo

El nivel de referencia del ^{222}Rn se fija en un valor que no supere un promedio anual de concentración de la actividad del ^{222}Rn de 1000 Bq/m^3 , teniendo en cuenta las circunstancias sociales y económicas existentes

Escenario: CUEVAS

La estimación de dosis se desarrolló en cuatro de las cuevas de mayor importancia turística en la Provincia de Pinar del Río: Cueva Santo Tomás, Cueva Tapiada, Cueva del Indio y Cueva José Miguel





CPHR

CENTRO DE PROTECCIÓN
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



La máxima concentración de $^{222}\text{Radón}$ se midió en la Cueva José Miguel y fue de 220 Bq/m^3 , con valor medio de 185 Bq/m^3 . La dosis anual estimada a estos niveles de concentración de $^{222}\text{Radón}$ fue de aproximadamente 1 mSv , para un año de trabajo de 2000 horas.

Para proteger tu mundo



Escenario: BALNEARIOS TERMALES

Balneario Elguea en Villa Clara



Valores de ^{222}Rn -222 en aire $20\text{Bq}/\text{m}^3$ como promedio, junto a las piscina de agua termal, que se usa para los tratamientos en la Estación Termal

Balneario San Diego de los Baños, Pinar del Río



Se midieron concentraciones de ^{222}Rn en aire en los locales de las piscinas comunes de El Templado y La Gallina. Mayores concentraciones en El Templado ($247\text{Bq}/\text{m}^3$); en La Gallina fue solo de $30\text{Bq}/\text{m}^3$.



De la exposición debida a los radionucleidos presentes en los productos básicos

Los niveles de referencia específicos relativos a la exposición debida a los radionucleidos en productos básicos, tales como materiales de construcción, alimentos, piensos, materia prima, artículos, mercancías y agua potable, cada uno de los cuales normalmente se expresará como dosis efectiva anual para la persona representativa que en general no sea superior a un valor de aproximadamente 1mSv, o sobre la base de esa dosis, se establecen por la Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental



Materiales de construcción

Concentración de actividad de radionúclidos naturales en materiales de origen, productos intermedios y productos finales de la industria cementera

Material	$C_A \pm u(C_A)$, $Bq \cdot kg^{-1}$		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Caliza Alta	6.6 ± 1.0	1.14 ± 0.68	11.0 ± 8.5
Caliza Margosa	14.7 ± 1.4	2.14 ± 0.85	105 ± 13
Caliza Marga	8.0 ± 1.1	1.78 ± 0.94	95 ± 13
Caliza compuesta	10.1 ± 1.3	1.68 ± 0.85	75 ± 11
Arena	11.1 ± 1.3	7.6 ± 1.3	736 ± 60
Mineral de hierro	97.8 ± 6.0	35.8 ± 2.2	< 4.3
Yeso natural	5.9 ± 0.9	3.38 ± 0.92	142 ± 15
Toba verde	5.3 ± 1.0	6.7 ± 1.2	352 ± 31
Toba carmelita	7.5 ± 1.1	2.01 ± 0.88	153 ± 16
Clínker	41.3 ± 2.7	6.1 ± 0.9	140 ± 14
Cemento PP-25	21.0 ± 1.6	2.64 ± 0.75	79.9 ± 9.7
Cemento P-35	24.4 ± 1.8	4.30 ± 0.84	139 ± 14

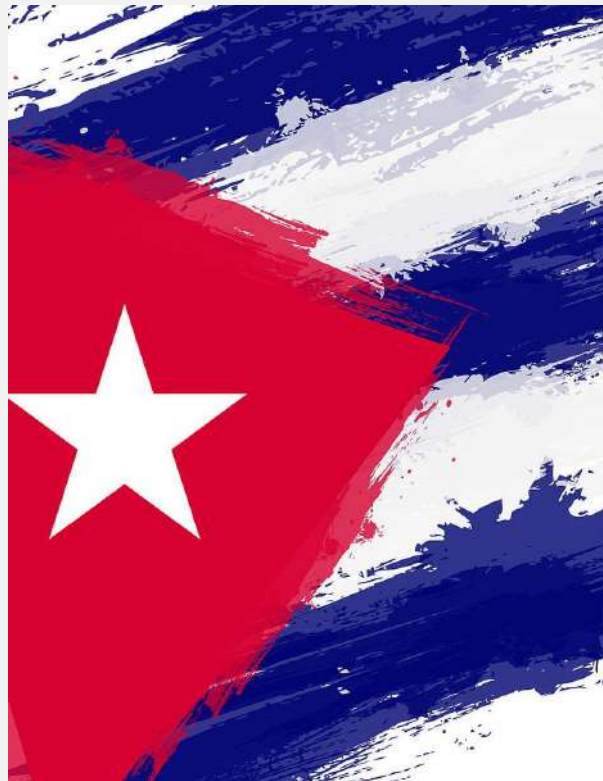


CPHR

CENTRO DE PROTECCION
E HIGIENE DE LAS RADIACIONES



Gracias!



Para proteger tu mundo