Línea Base Radiológica Ambiental en el Centro Nuclear RACSO (1980-2020)

JM. Osores, J. Martínez, D. Huarachi, R. Koga, L. Huaman, R. Jara
Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canada 1480, Lima, Perú

Enviado el 16 de noviembre del 2021. Aceptado el 8 de enero del 2022

DOI: <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2021.0006/>

Resumen

Se realizó la evaluación de los niveles de radiactividad comprendida entre los años 1980 y 2020 con la finalidad de establecer una línea base radiológica ambiental del área de influencia del Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra "Racso". Durante este periodo, se determinó una tasa equivalente de dosis ambiental comprendida entre 0,07 y 0,14 microSievert/hora, se verificó la presencia continua de descargas atmosféricas de I-131 como parte del proceso de producción de este radioisótopo para aplicaciones médicas. Además fueron identificados otros radionúclidos antropogénicos como Na-22, Mn-54, Co-60, Nb-95, Zr-95, Zn-65, Te-123m, Tc-99m, Cs-134 y Cs-137, distribuidos en diferentes matrices ambientales como aire, agua, lodo residual, suelo y bioindicadores. Sin embargo, todos los niveles de concentración de actividad no representan riesgo radiológico para la población y el ambiente.

Descriptores: *radiactividad ambiental, línea base, vigilancia radiológica*

Abstract

The evaluation of radioactivity levels between 1980 and 2020 was carried out in order to establish an environmental radiological baseline of the area of influence of the Oscar Miró Quesada de la Guerra "Racso" Nuclear Center. During this period, an equivalent rate of environmental dose between 0.07 and 0.14 microSievert / hour was determined, the continuous presence of atmospheric discharges of I-131 was verified as part of the production process of this radioisotope for medical applications. In addition, other anthropogenic radionuclides were identified such as Na-22, Mn-54, Co-60, Nb-95, Zr-95, Zn-65, Te-123m, Tc-99m, Cs-134 and Cs-137, distributed in different environmental matrices such as air, water, residual sludge, soil and bioindicators. However, all levels of activity concentration do not represent a radiological risk for the population and the environment.

Keywords: *environmental radioactivity, baseline, radiological monitoring*

1. Introducción

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) establece que el objetivo de seguridad en la evaluación del emplazamiento de las instalaciones nucleares consiste en caracterizar los peligros externos naturales e inducidos por el hombre que podrían afectar la seguridad de la instalación nuclear, a fin de proporcionar información adecuada para demostrar la protección de las personas y el medio ambiente frente a los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes por lo que recomienda llevar a cabo una revisión independiente de los parámetros de diseño específicos del emplazamiento, y de la evaluación del impacto radiológico potencial de la instalación nuclear sobre las personas y el medio ambiente [1].

Los estados miembros del OIEA llevan a cabo la vigilancia de la radiactividad ambiental con fines de verificación en las instalaciones nucleares con el objetivo evaluar la fluctuación a corto y largo plazo de los elementos radiactivos detectados por encima de la concentración mínima detectable (MDC) y sus orígenes utilizando relaciones de concentración entre estos radionúclidos [2].

En el Perú, el Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra “Racso” del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), cuenta con instalaciones y laboratorios que procesan y/o manipulan materiales radiactivos con múltiples propósitos [3]. Luego del inicio de las operaciones del reactor nuclear RP-10

en 1989, se tuvo la necesidad de organizar un adecuado registro de los niveles de radiactividad en su área de influencia ambiental, previa al funcionamiento y durante la etapa operacional de esta instalación [4].

En el 2019, IPEN priorizó el fortalecimiento de las actividades de los laboratorios de especializados en la prestación de servicios tecnológicos orientados a radioecología, dosimetría biológica y mediciones de radón en donde una de las medidas de control constituye el establecimiento de la línea base radiológica ambiental en torno al área de influencia del centro nuclear.

El objetivo de esta línea base consiste en la elaboración de una base de datos que sirva como herramienta para controlar los niveles de descarga de las instalaciones nucleares y radiactivas del centro nuclear mediante el contraste de los resultados del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en ejecución con los valores referenciales de los niveles de radiactividad en el entorno.

Se presenta la línea base radiológica ambiental correspondiente al periodo 1980-2020, que incluye la recopilación, tabulación y evaluación de los resultados de radiactividad desde el inicio de los estudios pre-operacionales en el área de influencia del Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra “Racso”

2. Metodología

Se realizó la recolección de toda información relacionada sobre los niveles de radiactividad registrados en el área de influencia del Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra “Racso”. Las fuentes de información que fueron consideradas son las publicaciones en revistas nacionales y la base de datos disponible en los archivos del Laboratorio de Radioecología del IPEN. Esta información comprende registros desde el año 1980 a la actualidad.

Se establecieron 12 Estaciones de Monitorización Radiológica Ambiental (EMRA) las cuales se detallan en la Figura 1 y la Tabla 1.

Las lecturas del equivalente de dosis se llevaron a cabo con detectores termoluminiscentes ambientales (TLD) y la tasa de dosis se calculó en función del tiempo de monitorización.

El monitoreo de I-131 en aire se llevó a cabo con cartuchos de carbón activado acoplados a un muestreador de aire y el análisis se realizó en un sistema de espectrometría gamma de centelleo sólido de yoduro de sodio NaI(Tl). El análisis de las otras muestras ambientales se llevó a cabo en un sistema de espectrometría gamma de alta resolución de germanio hiperpuro [5].

Figura 1: Estaciones de muestreo de dosis ambiental

Tabla 1: Detalles geográficos referenciales de las EMRA

Nombre del lugar	Coordenadas Geográficas		
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Edificio de Seguridad Radiológica (SERV)	-11,8015°	-77,0123°	411
Jardines posteriores PPR	-11,7994°	-77,0125°	419
Jardines posteriores RP10	-11,7985°	-77,0117	419
Planta de tratamiento efluentes cloacales	-11,8013°	-77,0064°	385
Pozo de agua subterránea	-11,5025°	-77,0033°	360
Centro poblado Huarangal	-11,7951°	-77,0005°	385
Río Chillón	-11,8055°	-76,9971°	353
Área posterior del edificio SERV	-11,8026°	-77,0132°	415
Perímetro del Centro Nuclear	-11,7957°	-77,0093°	415
Perímetro del Centro Nuclear	-11,8017°	-77,0048°	381
Perímetro del Centro Nuclear	-11,8043°	-77,0134°	411
Perímetro del Centro Nuclear	-11,8018°	-77,0157°	433

Los registros de radiactividad ambiental fueron agrupados en función a los años de monitoreo y se estableció el rango y la mediana para cada uno de los parámetros evaluados.

3. Resultados y Discusión de resultados

La Tabla 2 y la Figura 2 presentan los valores y la frecuencia de la tasa de equivalente de dosis ambiental desde el año 1980 cuyas primeras lecturas fueron realizadas por miembros del programa de cooperación con la Comisión de Energía Atómica de Argentina [6].

Los valores se han mantenido estables durante el periodo de tiempo de evaluación con un rango comprendido entre 0,07 y 0,14 microSievert/hora.

Las lecturas de esta variable estuvieron a cargo del Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas del IPEN hasta el año 2015, fecha en que el sistema de lectura de los dosímetros ambientales dejó de operar.

Las concentraciones de I-131 en aire presentan una amplia variabilidad en los valores obtenidos dependiendo del año de operación, estos valores tienen un elevado rango de amplitud que va desde los 0,001 a los 13,68 Bq/m³ con una mediana de 0,65 Bq/m³ (Figura 3). A la fecha no se han reportado la presencia de otros radionúclidos de origen antropogénico en aire.

Tabla 2: Tasa de Equivalente de Dosis Ambiental (1980 – 2015)

Año	Dosis (uSv/h)	Año	Dosis (uSv/h)
1980	0.1164	2003	0,1090
1980	0.1210	2003	0,0830
1980	0.1347	2004	0,0890
1980	0.1450	2004	0,0939
1981	0.1059	2004	0,1040
1981	0.1024	2004	0,0820
1981	0.1164	2013	0,0776
1981	0.1279	2013	0,0731
2001	0.0890	2013	0,0982
2001	0.0840	2013	0,0753
2001	0.1070	2014	0,0845
2001	0.0850	2014	0,0788
2002	0.0920	2014	0,1005
2002	0.0830	2014	0,0776
2002	0.1153	2015	0,0873
2002	0.0830	2015	0,0873
2003	0.0900	2015	0,1010
2003	0.0870	2015	0,0822
Rango:	0,07 – 0,14	Mediana:	0,09

Figura 2: Frecuencia de equivalente de dosis ambiental

La Comisión Internacional de Protección Radiológica, recomienda el uso de bioindicadores de referencia específicos para la evaluación del impacto en la biota debido a las descargas radiactivas en el ambiente [7], razón por la cual dentro de este periodo de monitoreo se realiza la evaluación del depósito de I-131 descargado al ambiente sobre *Cynodon dactylon* (Figura 3).

Figura 3: Frecuencia de actividad de I-131 depositado sobre *Cynodon dactylon* (Bq/m²)

Además se ha encontrado la presencia de diversos radionúclidos de origen antropogénico que son liberados por las instalaciones y laboratorios del centro nuclear a través del sistema de drenaje, el cual deriva hasta la Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales (PTEC) para su disposición final. Este material radiactivo tiende a concentrarse en los lodos cloacales los cuales al ser caracterizados por espectrometría gamma se encontraron concentraciones variables de Co-60, Cs-134, Cs-137, Te-123m, y Mn-54 (Figuras 4, 5, 6, 7 y 8) y algunos de manera ocasional (Tabla 3).

Figura 4: Concentración de actividad de Co-60 en lodo residual

Figura 5: Concentración de actividad de Cs-134 en lodo residual

Figura 6: Concentración de actividad de Cs-137 en lodo residual

Figura 7: Concentración de actividad de Te-123m en lodo residual

Figura 8: Concentración de actividad de Mn-54 en lodo residual

Tabla 3: Concentración de actividad de diversos radionúclidos ocasionales en lodo residual (2020)

Radio núclido	Fecha Referencia	Actividad (Bq/kg)	Incertidumbre (Bq/kg)
Na-22	2020-11-30	5,04	0,91
Na-22	2020-12-09	3,98	0,68
Co-57	2020-01-14	14,82	1,00
Nb-95	2020-01-14	12,74	3,09
Zn-65	2020-01-14	36,37	7,83
Zr-95	2020-01-14	29,71	7,21

Considerando que el lodo residual es retenido en pozas de decaimiento y no llega a otros componentes ambientales, el manejo de estos niveles de contaminación radiactiva no representan riesgo para la biota ni el público del valle cercano a la instalación.

Por otro lado, ninguno de estos niveles representa riesgo para la aparición de efectos determinísticos en las especies biológicas de la zona.

En base a todos los registros evaluados y en función al periodo de monitoreo, los niveles de línea base de radiactividad ambiental en el área de influencia del Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Línea base de radiactividad ambiental en el área de influencia del Centro Nuclear RACSO

Componente Ambiental	Analito	Periodo	Mediana	Rango	Unidad
Aire	Tasa de dosis	1980 - 2015	0,09	0,07 – 0,14	μSv/h
	Co-60	1992 - 2020	< 0,058	-----	Bq/m ³
	I-131	1992 – 2020	0,650	0,001 – 13,68	Bq/m ³
	Cs-137	2020	< 0,085	-----	Bq/m ³
Agua residual	K-40	2020	15,73	13,74 – 19,90	Bq/L
	Co-60	1999 - 2020	2,60	0,27 – 6,20	Bq/L
	Tc-99m	2020	808,61	20,21 – 1597,00	Bq/L
	I-131	2019 - 2020	2,79	0,34 – 14,72	Bq/L
	Cs-134	2020	< 0,853	-----	Bq/L
	Cs-137	1996- 2020	0,42	0,04 – 3,71	Bq/L
Lodo residual	Na-22	2020	4,51	3,98 – 5,04	Bq/kg
	K-40	2020	167,94	131,27 – 190,45	Bq/kg
	Mn-54	1994 - 1999	1,77	1,77 – 39,42	Bq/kg
	Co-57	2020	14,82	13,82 – 15,82	Bq/kg
	Co-60	1994- 2020	11,70	2,10 – 4990,00	Bq/kg
	Nb-95	2020	12,74	9,65 – 15,83	Bq/kg
	Zn-65	2020	36,37	28,54 – 44,20	Bq/kg
	Zr-95	2020	29,71	22,50 – 36,92	Bq/kg
	Tc-99m	2020	11555,48	127,92 – 275805	Bq/kg
	Te-123m	2016 - 2020	16,79	1,76 – 1580,00	Bq/kg
	I-131	2020	5,84	2,77 – 78,22	Bq/kg
	Cs-134	1999 - 2020	50,14	1,76 – 3510,00	Bq/kg
	Cs-137	1999 - 2020	34,00	1,70 – 484,00	Bq/kg
Bioindicadores	Co-60	2020	< 72,74	-----	Bq/m ²
	Te-123m	2020	< 60,68	-----	Bq/m ²
	I-131	2020	950,20	111,01 – 3235,35	Bq/m ²
	Cs-137	2020	< 43,71	-----	Bq/m ²
Suelo superficial	K-40	2020	727,04	703,56 – 750,51	Bq/kg
	I-131	2020	5,73	4,16 – 7,30	Bq/kg
	Cs-137	2020	2,41	2,10 – 2,71	Bq/kg
	Cs-137	2020	2,41	2,10 – 2,71	Bq/kg
Agua de consumo	K-40	2020	0,654	0,647 – 0,718	Bq/L
	I-131	2020	< 0,289	-----	Bq/L
	Cs-137	2020	0,032	0,029 – 0,074	Bq/L
	Ra-226	2020	0,085	0,061 – 0,151	Bq/L
Agua subterránea	K-40	2020	0,647	0,521 – 0,774	Bq/L
	I-131	2020	< 0,108	-----	Bq/L
	Cs-137	2020	< 0,026	-----	Bq/L
	Ra-226	2020	0,087	0,073 – 0,125	Bq/L

4. Conclusiones

El elaborado monitoreo de radiación a largo plazo y las observaciones radiológicas en el área de influencia del Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra "RACSO" permiten obtener información precisa sobre los niveles típicos y rangos de concentración de varios radionúclidos de importancia ambiental durante el período 1980-2020 permitiendo evidenciar que las actividades de las instalaciones se llevan de manera segura para el público y sin consecuencias radiosanitarias para el medio ambiente.

Agradecimientos

Se agradece a la Dirección de Servicios del IPEN por su apoyo para la ejecución del presente trabajo.

Referencias

- [1] International Atomic Energy Agency. "Site Evaluation for Nuclear Installations". IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Specific Safety Requirements No. SSR-1. IAEA, Vienna, 2019.
- [2] CS.Kim, SK. Lee, DM Lee, SW Choi. "Assessment of Environmental Radioactivity Surveillance Results around Korean Nuclear Power Utilization Facilities in 2017". Journal of Radiation Protection and Research, vol. 44, no. 3, pp. 118-126, 2019.
- [3] H. Hinostroza, Y. Ravello, N. Cornejo, M. Mendoza, M. Montoya, A. Zuñiga, et al. "Neutrografía en el reactor peruano RP-10". Revista Peruana de Física, vol. 4, no. 3, pp. 13-21, 1992.
- [4] JM. Osore, S. Gonzáles, J. Martínez, E. López, R. Jara, A. Anaya. "Impacto radiológico ambiental del Centro Nuclear RACSO: programa de vigilancia radiológica ambiental". Informe Científico Tecnológico, vol. 2, pp. 205-206, 2002.
- [5] International Organization for Standardization (ISO), "Measurement of radioactivity, Gamma-ray emitting radionuclides, Generic test method using gamma-ray spectrometry". International Standard ISO 20042:2019(E).
- [6] JM. Osore, P. Huamanlazo. *Dosimetría ambiental en el Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra RACSO (1980-2015)*. Informe Científico Tecnológico, vol. 15, no. 1 pp. 31-34, 2015.
- [7] International Commission on Radiological Protection. "Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants". ICRP Publication 114, Ann ICRP vol. 39, no. 6. 2009.

E-mails de todos los autores:

JM. Osore: ecorad1960@gmail.com

J. Martinez: jmartinez@ipen.gob.pe

D. Huarachi: chuarachi@ipen.gob.pe

R. Koga: rkoga@ipen.gob.pe

R. Jara: rjara@ipen.gob.pe

L. Huaman: luaman@ipen.gob.pe