

## DOSIS RECIBIDA POR LA POBLACIÓN ALEDANA AL EMPLAZAMIENTO DE LA CEN JURAGUÁ POR CONSUMO DE ALIMENTOS.

Lic. Eric Suárez Morell(\*), Lic. Carlos Alonso Hernández(\*), Lic. Rodolfo Avila Moreno(\*\*), Ing. Misael Díaz Asencio(\*)

(\*) Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental del Centro. Cienfuegos. Cuba.

(\*\*) Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones. Habana. Cuba.

### *Resumen.*

*En el trabajo se calculan las dosis recibidas por tres poblaciones situadas en los alrededores de la CEN Juraguá (actualmente en construcción) debido al consumo de productos provenientes de la zona de emplazamiento de la central (15 Km alrededor de la instalación). Las poblaciones seleccionadas tienen diferentes hábitos alimentarios que provocan diferentes niveles de irradiación.*

*Para la evaluación fueron utilizadas la tasa de ingestión de alimentos, las concentraciones de radionuclidos que forman parte del fondo radiológico ambiental (Cs-137, Sr-90, Ra-226, Th-232, Po-210 y Pb-210) y los Factores de Conversión de Actividad Incorporada a Dosis Equivalente Comprometida recomendados por la CIPR. Para los estudios fueron compilados más de 300 análisis en un período de 6 años.*

*En el trabajo se analiza en detalle la Dosis recibida por los pobladores del Castillo de Jagua debido al alto consumo de organismos marinos. Fueron detectados grupos con Dosis anuales del orden de 1 mSv solamente por este concepto.*

### **Introducción.**

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar una Instalación Nuclear es el impacto que la misma va a tener en el hombre; esto se traduce en la posible Dosis que el hombre pueda recibir debido a la presencia de la Instalación.

Una de las vías críticas a través de la cual el hombre puede recibir una Dosis debido a la radiación es la ingestión de alimentos.

El objetivo de este trabajo es calcular la Dosis actual que reciben los habitantes de las cercanías de la CEN de Juraguá por consumo de alimentos debido a los radionuclidos naturales y artificiales que se encuentran presentes en los alimentos provenientes de la zona.

Este trabajo puede servir como antecedente para una comparación con la Dosis que recibirán estas poblaciones luego de la puesta en funcionamiento de la CEN. En el trabajo se comparan, además, la Dosis recibida debido a los radio-nuclidos naturales con las recibidas por los artificiales.

### **Materiales y métodos utilizados.**

Para el estudio se escogieron, según los hábitos alimentarios, tres grupos poblacionales. La población de la Ciudad de Cienfuegos con algo más de 100 000 habitantes; el poblado de Juraguá, población de alrededor de 2000 habitantes y el poblado del Castillo de Jagua, ubicado a la entrada de la Bahía de Cienfuegos con cerca de 1000 habitantes, en su mayoría pescadores. Cada una

de estas poblaciones tiene sus peculiaridades; en la primera es muy bajo el nivel de autoconsumo, en la segunda el autoconsumo es esencialmente agrícola y en la tercera hay un gran consumo de pescados. Estas poblaciones constituyen los principales asentamientos poblacionales situados alrededor de la CEN (radio de 15 Km). En el trabajo se reportan las Dosis Equivalente comprometida media para los grupos poblacionales. Esta Dosis es la acumulada durante los 50 años posteriores al año tomado como referencia, debido al consumo de alimentos durante todo ese año. Esta magnitud garantiza, si se continua con esa tasa de ingestión y no varían las concentraciones de radionuclidos en los alimentos, que ningún valor de Dosis Equivalente anual sobrepase el valor de Dosis Equivalente comprometida obtenida.

Esta Dosis se obtiene multiplicando el consumo anual, por el hombre, de un alimento dado por la concentración que tienen los radionuclidos en ese alimento, de lo que se obtiene la Actividad anual ingerida, y además se multiplica por un factor de conversión de la Actividad ingerida en Dosis Equivalente comprometida.

La Dosis Equivalente comprometida por el consumo de un alimento determinado  $j$  conteniendo el radionuclido  $i$  se obtiene según:

$$H_{eij} = S_j C_{ij} F_i$$

Donde:

- $S_j$  : Consumo anual del alimento  $j$  en Kg peso fresco.
- $C_{ij}$  : Concentración del radionuclido  $i$  en el alimento  $j$  en Bq/Kg peso fresco.
- $F_i$  : Factor de Conversión de Actividad Incorporada a Dosis Equivalente Comprometida para el radionuclido  $i$ .

La Dosis Equivalente comprometida total se obtiene sumando las Dosis por todos los alimentos  $j$  y los radionuclidos  $i$ .

Los Factores de Conversión (microSievert/Bq) utilizados son [1]:

	Cs-137	Sr-90	Po-210	Pb-210	Ra-226	Th-232
Factor	0.013	0.028	0.62	1.3	0.22	1.8

Se realizaron encuestas en las tres poblaciones estudiadas con el objetivo de conocer los volúmenes anuales de consumo de alimentos.

Se realizaron alrededor de 300 análisis a productos alimenticios. Estos análisis incluyen mediciones por espectrometría gamma y separaciones radioquímicas para las determinaciones de Cs-137, Sr-90, Po-210 y Pb-210.

Las determinaciones espectrométricas fueron realizadas según la metodología descrita en [2], las determinaciones radioquímicas de Cs-137 se realizaron según la metodología descrita en [3], en ambos casos las mediciones se realizaron en un analizador multicanal de Ge puro con geometría de pozo.

Para los análisis radioquímicos de Sr-90, Pb-210 y Po-210 se utilizaron las metodologías descritas en [3], en todos los casos las mediciones se realizaron

en un contador alfa-beta de bajo fondo con sistema de anticoincidencia acoplado.

### Resultados obtenidos.

En la Tabla I se presentan los consumos anuales promedio para las tres poblaciones estudiadas. En esta tabla solo se presentan aquellas producciones que proceden de los alrededores de la CEN (radio de 15 Km alrededor de la CEN). No se incluyen productos de otra zona o de importación.

Tabla I. Consumo anual en Kg de las tres poblaciones.

	Cienfuegos	Castillo	Juraguá
Granos	30	30	50
Hortalizas	15	15	30
Viandas	25	25	40
Carne	5	5	10
Pescados	5	103	10
Leche	3	3	10
Cítricos	0	2	5
Frutas	30	20	40
Agua, Jugos	500	500	500

Los productos han sido agrupados por tipos. El valor de concentración en cada grupo fue calculado con el promedio de la concentración obtenida para todos los productos alimenticios que integran ese grupo. En la tabla II se muestran las concentraciones utilizadas para el cálculo. Las concentraciones están expresadas en unidades de actividad por kilogramo de peso fresco del alimento (miliBecquerel/Kilogramo).

Tabla II Concentraciones medias en los alimentos en mBq/Kg peso fresco.

Productos	Concentraciones en mBq/Kg de peso fresco.					
	Cs-137	Sr-90	Po-210	Pb-210	Ra-226	Th-232
Granos	70	33	100	100	80	3
Hortalizas	32	30	30	30	50	15
Viandas	50	132	30	30	30	0.5
Carne	-	-	100	100	15	1
Pescados	120	50	5000	200	100	-
Leche	120	100	60	40	5	0.3
Cítricos	55	340	30	25	30	0.5
Frutas	30	40	30	25	30	0.5
Agua, Jugos	2	1	5	5	0.5	0.05

En algunas mediciones de Pb-210, Po-210, Ra-226 y Th-232 no se pudieron determinar con exactitud los valores porque resultaron inferiores a los límites de detección de la instalación. En este caso tomamos los valores promedios reportados en la literatura internacional que en todos los casos son inferiores a los límites de detección de nuestras instalaciones [4,5].

Con los datos de las concentraciones por alimento y de los consumos anuales por poblaciones fueron calculados las distintas Dosis Equivalente Efectiva comprometida para cada población por cada alimento y por cada radionuclido.

En la Tabla III se muestran estas Dosis desglosadas de esta forma con el objetivo de detectar cuales alimentos o radionuclidos tienen mayor importancia para la Dosis Total. Las Dosis Equivalente Efectiva comprometida están reportadas en micro Sievert. En la tabla la población de Cienfuegos está señalada con el número 1, la del Castillo de Jagua con el 2 y la de Juraguá con el 3.

**Tabla III Dosis Equivalente Efectiva comprometida por alimento y por radionuclido para las tres poblaciones en microSievert.**

Dosis Equivalente Efectiva comprometida por Radionuclido y por producto en microSievert.																		
Productos	Cs-137			Sr-90			Po-210			Pb-210			Ra-226			Th-232		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Granos	0.03	0.03	0.05	0.028	0.028	0.046	2	2	3	4	4	6.5	0.5	0.5	0.9	0.16	0.16	0.27
Hortalizas	0.006	0.006	0.01	0.013	0.013	0.028	0.25	0.25	0.5	0.6	0.6	1.2	0.27	0.17	0.3	0.4	0.4	0.81
Viandas	0.016	0.016	0.026	0.09	0.09	0.15	0.47	0.47	0.74	1	1	1.6	0.17	0.17	0.26	0.02	0.02	0.04
Carne	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.6	0.65	0.65	1.3	0.1	0.1	0.2	0	0	0
Pescados	0.078	0.13	0.016	0.008	0.13	0.016	15.5	319	31	1.3	21.8	2.6	0.1	1.85	0.2	0	0	0
Leche	0.008	0.008	0.03	0.014	0.014	0.056	0.2	0.2	0.7	0.26	0.26	1	0	0	0	0	0	0
Citricos	0	0	0	0	0.02	0.048	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0
Frutas	0.01	0.008	0.04	0.03	0.02	0.04	0.56	0.37	0.84	1	0.65	1.5	0.2	0.13	0.3	0.02	0.01	0.03
Agua, Jugos	0.03	0.03	0.03	0.014	0.014	0.014	1.6	1.6	1.6	3.3	3.3	3.3	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05

Con el objetivo de aclarar un poco más la información hemos elaborado las Tablas IV y V donde exponemos, en la IV, las Dosis recibida por cada radionuclido para las tres poblaciones, y en la V, las Dosis por cada producto igualmente para las tres poblaciones.

**Tabla IV. Compromiso de Dosis total por poblaciones y por cada radionuclido.**

Compromiso de Dosis en microSievert			
Radionuclido	Cienfuegos	Castillo	Juraguá
Cs-137	0.178	0.228	0.202
Sr-90	0.197	0.329	0.396
Po-210	21.68	324.19	39.08
Pb-210	12.11	32.26	19.1
Ra-226	1.4	2.98	2.22
Th-232	0.65	0.64	1.2

La Tabla IV es representativa de que los radionuclidos que más influencia tienen en la Dosis en las tres poblaciones son el Po-210 y el Pb-210, ambos radionuclidos naturales. Es evidente el alto valor de Dosis, en comparación con los demás, debido al Po-210 en la población del Castillo.

Las Dosis recibidas por los radionuclidos artificiales Cs-137 y Sr-90 son menores al 1 % de la Dosis producida por los naturales.

Tabla V. Compromiso de Dosis total por poblaciones y por cada producto.

Productos	Compromiso de Dosis en microSievert		
	Cienfuegos	Castillo	Juraguá
Granos	6.718	6.718	10.766
Hortalizas	1.539	1.439	2.846
Viandas	1.766	1.766	2.816
Carne	1.05	1.05	2.1
Pescados	17.786	342.91	33.832
Leche	0.482	0.482	1.786
Citricos	0	0.02	0.248
Frutas	1.82	1.188	2.75
Agua, Jugos	5.054	5.054	5.054
Total	36.215	360.627	62.198

La Tabla V nos muestra que los productos que más influyen en la Dosis son los granos, los pescados y el agua. La población del Castillo recibe la mayor parte de la Dosis debido al consumo de pescados y en el caso de la población de Juraguá tiene una gran influencia los productos agrícolas.

En la Dosis total obtenida para cada población el Castillo supera ampliamente a los demás debido al alto consumo de pescado. La Dosis de la población de Juraguá es superior a la de Cienfuegos debido a que el consumo de productos agrícolas de la zona es mayor.

A estos valores de Dosis Equivalente comprometida para cada población es necesario sumar los 165 microSievert debido al K-40. Este valor, debido al carácter homeostático del potasio, es siempre constante (su concentración se mantiene invariable en el cuerpo).

#### Conclusiones.

El valor total de la Dosis Equivalente comprometida promedio para cada población el promedio y mundial es:

	Cienfuegos	Castillo	Juraguá	Mundo
$H_{gc}$	201	525	227	217

Como se observa las poblaciones de Cienfuegos y Juraguá se encuentra en el rango mundial, no así el Castillo donde la Dosis es muy superior; este valor elevado se debe al alto consumo de pescados de esta población y a niveles algo superiores a la media mundial de Po-210 en los organismos marinos de la región.

Estos valores de Dosis están todavía muy por debajo del límite de Dosis establecido para los miembros del público que es de 1 miliSievert.

Es de destacar que algunos pobladores del Castillo (5% de la población), grandes consumidores de pescado, reciben cerca de 1 milisievert por este concepto. Resulta evidente que en la actualidad la Dosis recibida debido a los radionuclidos artificiales presentes en los alimentos es muy baja en comparación con las producidas por los radionuclidos naturales.

Resultan como posibles vías críticas, para cuando esté en funcionamiento la CEN, el consumo de pescados por la población del Castillo de Jagua, y en menor grado el consumo de productos agrícolas por los pobladores de Juraguá.

#### Referencias.

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, "Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación". GOV/2715, OIEA, Viena (Mayo 1994).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, "Measurements of Radionuclides in food and the environmental". Edición de 1987, Technical Report 295, OIEA, Viena (1987).
- [3] Environmental Measurements Laboratories Procedures. HASL-300, Ediciones de 1980, 1985 y 1990, New York.
- [4] ALONSO, C., AVILA, R., BATISTA, M., "Estudio de las Dosis que recibe la población de Cienfuegos por el Po-210 que incorpora a través del consumo de organismos marinos", Reporte Interno del LVRAC, 1992.
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, "Comite Científico de las Naciones Unidas para los Estudios de los Efectos de las Radiaciones Atómicas", Reporte de 1993, New York (1993).