

EVALUACION DE DOSIS DEL PERSONAL DE CNE DEBIDO A INCORPORACION DE C-14

Salas, C., Lloret, M., Viotto, I.

Central Nuclear Embalse

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el método de evaluación de C-14 en muestras de orina, su medición y el cálculo de dosis por incorporación de C-14 en operarios de la Central Nuclear de Embalse (CNE).

De acuerdo al diseño de planta de CNE, el C-14 se encuentra en distintos sistemas en la forma de: metano, dióxido de carbono (en mayor proporción) y monóxido de carbono. La producción de C-14 es el resultado de procesos de activación de distintos elementos con neutrones provenientes del proceso de fisión.

Debido al semiperiodo biológico (aproximadamente 0,4 días) que presenta éste radionucleido uno de los puntos críticos es la toma de muestras de orina. Es de suma importancia tomar las muestras lo más cerca posible de la fecha de incorporación por inhalación. Es muy importante definir los grupos críticos que puedan incorporar C-14 analizando las tareas a realizar sobre aquellos sistemas en los cuales se encuentre C-14. Luego hacer un seguimiento con muestreos de orina más frecuentes a cada persona del grupo crítico para tener exactitud de la actividad incorporada. Los factores dosimétricos utilizados para calcular la dosis por incorporación de C-14 varían muchísimo de un día a otro y a su vez varían si la fecha de incorporación es conocida o si la misma es desconocida. Estos factores fueron extraídos de un programa de investigación realizado en Ontario Hydro, Canadá.

Otro punto que debe destacarse es la calibración del equipo de centelleo líquido utilizado para medir las muestras de orina.

1. INTRODUCCIÓN

Consideramos que en las Centrales Nucleares CANDU la presencia de C14 es acompañada casi siempre por el Tritio. Por lo tanto, si tenemos altas concentraciones de Tritio en aire, debido a una pérdida de agua pesada del Sistema Moderador, es de suponer que tendremos también la presencia de C-14. Esto es importante desde el punto de vista de la evaluación dosimétrica, ya que cuando se observan dosis importantes de Tritio en los análisis de orina (que generalmente son producidas debido a pérdidas en el sistema moderador), es de esperar encontrar dosis debidas a C-14 en la misma muestra. El sistema primario de transporte de calor posee concentraciones de Tritio muy inferiores a las del moderador.

Cuando el C-14 es inhalado, se distribuye rápidamente por todo el cuerpo. El 90% de dicha actividad es eliminada via exalación y orina a las pocas horas de la incorporación. El semi período biológico del C-14 es de 0,4 días.

A continuación se detallará la metodología de medición utilizada en C.N.E. por la División Dosimetría:

2. TOMA DE MUESTRAS DE ORINA

Los muestreos de orina para tal fin se realizan en forma rutinaria cada 15 días a todo el personal que trabaja en el área controlada mientras la planta se encuentra en Operación Normal. Cuando la planta deja de estar en funcionamiento ya sea por mantenimiento programado o no programado, el riesgo de inhalar tritio y C-14 aumenta, ya que se abren sistemas con mayor presencia de estos radionucleidos y por lo tanto se incrementa también la cantidad de muestreos por persona, realizando cada una de ellas una muestra cada 7 días. En caso de realizar tareas en áreas con altas concentraciones de Tritio y/o C-14, se realizan muestreos NO rutinarios, donde es muy importante precisar la fecha de incorporación y de muestreo para obtener valores de dosis específicos a dicha tarea.

Si la tarea a realizar corre riesgo de incorporación de C-14, las muestras se realizan a diario con el fin de realizar un seguimiento más exacto ya que el semiperiodo biológico del C-14 es de 0,4 días.

3. PREPARACIÓN Y MEDICIÓN DE LA MUESTRA

La alícuota de muestra de orina que se toma es de 0,25 ml y se la homogeneiza en vial de vidrio con 5 ml de centellador Ultima Gold LLT. Una vez hecho esto se prepara también un vial de fondo cada 10 viales de muestra, reemplazando en la preparación anterior la orina por agua desmineralizada.

Los viales se miden por centelleo líquido en equipos Packard 2100 TR o PERKIN ELMER 3180.

El tiempo de medición de cada muestra es de 2 minutos con quenching $Q_{IP} = tSIE$ y DPM.

De acuerdo a que el carbono 14 decae por emisión beta negativa en nitrógeno 14 (estable) y la energía beta máxima es de 156 KeV y la energía media de 49 KeV, definimos las ventanas de medición en el equipo de la siguiente manera:

Región A = 0 – 18 Kev (Tritio)

Región B = 35 – 110 Kev (Carbono 14)

Región C = 180 – 2000 Kev (otros emisores)

En la referencia Nro. 4 se detalla la puesta a punto de esta metodología usada en CNE.

4. ANALISIS DE RESULTADOS Y REGISTROS EN PLANILLAS

Una vez que se obtiene el reporte impreso del equipo se debe completar la planilla con los datos correspondientes a cada persona y la concentración en $\mu\text{Ci/L}$ que dio su muestra. Ver Planilla N° 1.

Las CPM de la Región B que da el reporte del equipo, corresponden a las CPM del C-14. Se asume que existe C-14 cuando éstas cuentas den un valor de 10 CPM mayor al fondo promedio de la columna CPMB del reporte impreso y que simultáneamente se obtenga que la concentración de tritio en dicha muestra de orina supere **1 $\mu\text{Ci/L}$** .

Para ello se usa un valor de eficiencia de detección promedio del C-14 versus el parámetro de quenching tSIE de las muestras de orina del personal. Esta suposición tiene un error menor al 5 % lo que lo hace apto para ser usado.

El equipo Packard 2100 TR y PERKIN ELMER 3180 multiplican las CPM de la región B por el valor de **0,0038** de modo de informar la concentración de C-14 en micro Ci / litro. Esta constante es fuertemente dependiente de la cantidad de orina que se mida por muestra por lo que si en un futuro se varía el método de medición será necesario actualizar dicha constante. Ídem si se desea informar la actividad en Bq / L.

C.N.E.		REGISTRO DE MUESTREO DE CARBONO 14										Hoja N°:	
Sub Gcia. Seguridad y Radioprotección												Semana N°	Hoja N° 1
Fecha de medición : ____ - ____ - ____		Medición Realizada por:					Codigo del C.D.I. N°:					Pasado al C.D.I. :	
Fondos :		/					/					Fecha : ____ - ____ - ____	
Fondo promedio Co:		Chequeo: Fuente patrón					Chequeo: Fondo					CPM	
Muestra N°	Dosimetro N°	Apellido y Nombre	T (días) F ₀ a F _n	Fecha Incorporación	Fecha Muestreo	Concentración (µCi/l)	Factor de Dosis	Dosis (mSv)	Pasado al HPRS	Observaciones			
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													

Factor de Dosis		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	28	30	40	
T (días)																									
CF (mSv/µCi)	0,072	0,266	0,677	1,328	2,302	3,524	4,933	6,395	7,674	8,633	9,333	9,866	10,465	10,722	11,140	11,140	11,140	11,510	11,510	11,510	12,330	13,810	14,390	17,260	
Cd (mSv/µCi)	0,096	0,192	0,368	0,747	1,099	1,557	2,096	2,699	3,322	3,925	4,485	5,003	5,488	5,979	6,347	6,720	7,040	7,360	7,630	7,950	9,490	10,080	11,840		

Observación: Cf coeficiente por fechas: Cd coeficiente por estimación de días

Planilla N° 1

5. CALCULO DE DOSIS DE TRITIO

El modelo dosimétrico utilizado es el correspondiente al ICRP N° 30.

En dicho modelo se asume que una vez que el material ingresa al cuerpo humano se distribuye en forma homogénea en los 42 litros de líquidos del cuerpo (orina, sangre, esputo, etc) del hombre estándar (70 Kg).

El tiempo que necesita el material para lograr dicha distribución varía de persona en persona oscilando en la mayoría de los casos en alrededor de **5 horas**.

En base a estos fundamentos es que para realizar el muestreo de orina se solicita que las personas realicen la muestra el día siguiente a la incorporación.

Dicha muestra de orina se debe medir por el método de centelleo líquido obteniéndose de esta manera la concentración de tritio existente en los líquidos del cuerpo en el momento del muestreo.

El cálculo de dosis debido a una incorporación en particular reciente debe poder discriminar y separar la contribución de incorporaciones anteriores, ya que la dosis correspondiente a dichas incorporaciones pasadas se debió calcular con anterioridad.

Teniendo en cuenta el valor de semiperíodo biológico, las fechas de incorporación, de muestreo y de muestreo anterior, es posible mediante la ecuación (1) calcular la dosis de tritio debido a una incorporación en particular.

$$E(\text{mSv}) = A \times [C_n e^{\lambda(t_{mu} - t_{inc})} - C_{n.o} e^{-\lambda(t_{inc} - t_{mu \text{ ant}})}] \quad (1)$$

Donde:

A: Factor de conversión de unidades calculado en base al Factor dosimétrico de la Guía ARN AR1, Rev. 1. (El valor \underline{A} se calcula como $0,196/\lambda$. Para el valor normal de λ , \underline{A} vale 0,028 si la concentración se mide en $\mu\text{Ci/L}$. El valor \underline{A} vale 0,000757 si la concentración se mide en kBq/L).

C_n: Concentración de Tritio del último muestreo.

λ : Constante de decaimiento

T_{mu}: Fecha del último muestreo

T_{inc}: Fecha de incorporación

C_{n.o}: Concentración de Tritio del muestreo anterior

T_{mu ant}: Fecha del muestreo anterior

Todas las fechas deben ser colocadas en días calendarios del año en curso.

El Programa CDI (Cálculo de Dosis Interna) utilizado en la Central Nuclear de Embalse automatiza el uso de la fórmula aquí citada.

6. CALCULO DE DOSIS DE C-14

Se parte del valor de la concentración medida de C-14 la cual debe ser multiplicada por un factor dosimétrico adecuado para obtener la dosis efectiva comprometida buscada.

Estos factores dosimétricos son dependientes básicamente de si se conoce con exactitud la fecha de incorporación o de si solo se conoce un periodo de fechas entre las cuales ha ocurrido dicha incorporación.

En el primer caso se conoce con exactitud la cantidad T de días entre las fechas de muestreo y de incorporación. En la planilla Nro. 1 se muestra una tabla donde se ingresa con el valor de T y se obtiene el factor dosimétrico C_f buscado.

En el segundo caso, el valor de T es el del periodo entre fechas en que ocurrió la incorporación. En este caso se ingresa con este valor de T a la tabla de la Planilla Nro. 1 y se obtiene el factor dosimétrico C_d buscado.

La Planilla Nro 1 muestra el proceso manual de cálculo de dosis. Usualmente se utiliza un proceso automatizado en base al Programa CDI de cálculos de dosis internas.

Las dosis calculadas tanto de Tritio y como de C-14 se deben sumar a las restantes dosis anuales del trabajador.

7. CONCLUSIONES

La metodología descrita para C-14 corresponde básicamente a la utilizada en Canadá - Ontario Hydro y en la central nuclear de Point Lepreau (referencias N° 1,2 y 3).

En la actualidad en CNE está siendo usada cada vez que se realizan los muestreos rutinarios y NO rutinarios de orina del personal que ingresa al Area Controlada. Es decir, se mide en forma simultanea el contenido de Tritio y el eventual de C-14 a cada muestra de orina que realiza un trabajador de la Central. Es de destacar que actualmente ha disminuido en gran medida la cantidad de personas con incorporación de C-14, llegando a presentarse alrededor de 2 casos por año.

8. REFERENCIAS

1. "Change to urine bioassay to improve the MDA for C-14" – Ontario Hydro – 1995 – ESD - HPD – 95 - 02
2. "Guideline for gaseous C-14 dose assignment at PNGS" – Pickering – CANADA - 1993
3. "Standard programme for the assessment of intakes of C-14 dioxide" - Ontario Hydro – R-1 Enero 1995
4. Informe interno de trabajo DSR 6/96. – Central Nuclear Embalse - 1996