

SALUD OCUPACIONAL

Docente: Dr. Carlos Trad

**RESIDUOS RADIATIVOS  
EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO:  
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA  
DE TRABAJADORES**

Autores: Ing. María Gabriela Paoletti

Nº Reg.: 501213

Lic. Marcelo Strappa Figueroa

Nº Reg.: 501225

Octubre de 2010

# ÍNDICE

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Cap. I: Radiaciones ionizantes.....	5
Cap II: Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.....	9
Cap III: Protección radiológica.....	14
Cap IV: Materiales radiactivos naturales en la industria del petróleo.....	18
Conclusiones.....	21
Recomendaciones.....	22
Bibliografía.....	25

## RESUMEN

El presente trabajo describe la problemática del manejo seguro de materiales radiactivos naturales presentes en distintas etapas de la industria del petróleo.

En el primer capítulo se describen los tipos de radiaciones ionizantes, sus características y las fuentes de radiación natural.

En el segundo se tratan sus efectos biológicos.

En el tercero se describe la forma de proteger a los trabajadores de dichos efectos.

En el cuarto capítulo se explica cómo se originan residuos radiactivos en la industria del petróleo y cuáles son los riesgos ambientales y ocupacionales.

Finalmente se hacen recomendaciones sobre la forma de proteger a los trabajadores argentinos de la industria del petróleo, de las radiaciones ionizantes provenientes de dichos materiales radiactivos naturales.

# INTRODUCCIÓN

Para toda la gente es un hecho que todo tipo de actividad relacionado con la energía nuclear es riesgosa.

La radioactividad es temida por la población en forma desproporcionada, por falta de conocimientos acerca de las estrictísimas y redundantes medidas de seguridad concernientes al ámbito de la tecnología nuclear.

Sin embargo, las radiaciones no son un riesgo exclusivo de ese tipo de tecnología.

Los elementos radiactivos están presentes en todo el planeta en forma natural.

En algunos tipos de industrias se trabaja con elementos radioactivos sin que exista conciencia de su presencia.

Eso trae aparejado que no se aplique ninguna medida de protección radiológica al personal afectado a las tareas de riesgo de contaminación radioactiva ni se prevengan impactos ambientales.

Sólo una buena reglamentación a nivel mundial permitirá que se les exija a industrias no-nucleares actuar con la necesaria responsabilidad, tanto a nivel ambiental como de salud ocupacional.

# Capítulo I

## RADIACIONES IONIZANTES

### 1. Tipos de Radiaciones<sup>1</sup>

Las radiaciones ionizantes se diferencian de las no-ionizantes porque tienen la energía suficiente para ionizar a los átomos sobre los que inciden. Estos átomos ionizados pueden provocar importantes efectos biológicos.

Las radiaciones no-ionizantes comprenden la porción del espectro electromagnético de menor frecuencia: radiación ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, microondas y radiofrecuencias.

Las radiaciones ionizantes comprenden la porción del espectro electromagnético de mayor frecuencia (radiación X y radiación gamma) además de radiaciones en forma de partículas.

La radiación en forma de partículas más frecuente en la naturaleza está formada por partículas alfa y beta, debidas a la radiactividad natural, por la cual un núcleo atómico inestable las emite, intentando convertirse en una forma más estable.

La radiación cósmica es una radiación ionizante, formada por un conjunto de partículas de energía muy alta que provienen del espacio exterior a nuestro planeta.

La radiación alfa está formada por núcleos de helio, o sea, dos protones y dos neutrones. Una hoja de papel puede interceptarla, y no penetra nuestra piel.

Esto se debe a que la partícula alfa tiene doble carga eléctrica, en comparación a la partícula beta, formada por un electrón, que sí penetra la capa superficial de nuestra piel, y puede ser interceptada por láminas de plástico, vidrio o metal.

Ambos tipos de radiación, alfa y beta, tienen un alcance máximo, debido a estar formadas por partículas.

La radiación gamma en cambio, al ser una onda electromagnética, está formada por fotones sin masa, por lo que tiene gran poder de penetración. No

puede ser bloqueada completamente, sino sólo atenuada exponencialmente por hormigón de alta densidad, plomo de espesor considerable o varios metros de agua.

## 2. Transformaciones radiactivas<sup>1</sup>

La radiactividad se define como la transformación espontánea de un núcleo atómico con su consecuente emisión del exceso de energía como radiación ionizante.

La estabilidad de un núcleo atómico está determinada por la relación entre la cantidad de protones y neutrones que lo forman.

Los núcleos estables más grandes contienen una cantidad de neutrones levemente superior a la de protones. Cuando esta diferencia es excesiva, los núcleos son inestables, y buscan su estabilidad convirtiendo un neutrón en un protón a través de la emisión de un electrón. Este proceso se conoce como “desintegración beta” o “decaimiento beta”.

Cuando la cantidad de protones es la excesiva en relación a la de neutrones, el núcleo busca su estabilidad transformando un protón en un neutrón, emitiendo un positrón, que es un electrón con carga positiva.

Este tipo de transformaciones suelen dejar al núcleo con un exceso de energía, que es emitida de forma casi inmediata en forma de radiación gamma.

Algunos núcleos pesados se desintegran produciendo partículas alfa, como el Uranio 238, convirtiéndose en Torio 234, que a su vez emite una partícula beta, convirtiéndose en Protactinio 234. Continúa así una cadena de decaimientos hasta llegar a una forma estable. A este conjunto de decaimientos se lo denomina transformaciones radiactivas, por las cuales distintos tipos de radionucleidos tienen su propia “familia radiactiva”.

La cantidad de desintegraciones por segundo o tasa de decaimiento, es llamada “actividad” y se mide en Bq (Becquerel) o en Ci (Curie). La “actividad específica” es la actividad por unidad de masa.

El tiempo que tarda un radionucleido en reducir su actividad a la mitad, es llamado “período de semidesintegración”.

A continuación puede leerse la familia radiactiva del Uranio 238:

<b>RADIACIÓN</b>	<b>RADIONUCLEIDO</b>	<b>PERIODO</b>
Alfa	Uranio 238	4, 47 x 10 <sup>9</sup> años
Beta	Torio 234	24, 1 días
Beta	Protactinio 234	1, 17 minutos
Alfa	Uranio 234	245.000 años
Alfa	Torio 230	77.000 años
Alfa	Radio 226	1600 años
Alfa	Radón 222	3.823 días
Alfa	Polonio 218	3.05 minutos
Beta	Plomo 214	26, 8 minutos
Beta	Bismuto 214	19, 9 minutos
Alfa	Polonio 214	0, 000164 segundos
Beta	Plomo 210	22, 3 años
Beta	Bismuto 210	5, 01 días
Alfa	Polonio 210	138, 1 días
	Plomo	estable

## Capítulo II

# EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

### 1. Magnitudes Dosimétricas<sup>1</sup>

#### 1.1. Dosis absorbida

Es la cantidad de energía depositada por la radiación en una unidad de masa.

Se mide en gray, siendo  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/Kg}$

#### 1.2. Dosis equivalente

Es igual a la dosis absorbida multiplicada por un factor de ponderación.

Dicho factor tiene en cuenta la eficacia relativa de cada tipo de radiación para causar daño biológico.

A los tipos de radiación beta, gamma y X les corresponde un factor de ponderación igual a la unidad.

A la radiación alfa le corresponde el factor 20. Esto se debe a que es un tipo de radiación de alta LET (alta transferencia de energía, en inglés), porque su gran masa (comparada a electrones y fotones) produce un campo denso de ionizaciones por unidad de recorrido, transfiriendo mucha energía al medio.

La dosis equivalente se mide en Sv (sievert).

#### 1.3. Dosis efectiva

Es igual a la dosis equivalente multiplicada por otro factor de ponderación, que tiene en cuenta la sensibilidad de cada tipo de tejido a la radiación.



Por ejemplo, el pulmón, el estómago y la médula ósea son mucho más sensibles que la piel o la tiroides. Por dicho motivo, el factor que corresponde a los tres primeros vale 0,12 mientras que para los dos últimos vale 0,01 y 0,05 respectivamente.

También se mide en Sv

Cuando se ve afectado un número importante de personas, es útil calcular la “dosis efectiva colectiva”, que se obtiene multiplicando la dosis efectiva individual por la cantidad de personas afectadas. Se mide en Sv hombre.

## 2. Clasificación de efectos biológicos<sup>2</sup>

### 2.1. Efectos somáticos

Se manifiestan en la misma persona irradiada.

Los efectos somáticos pueden ser a su vez:

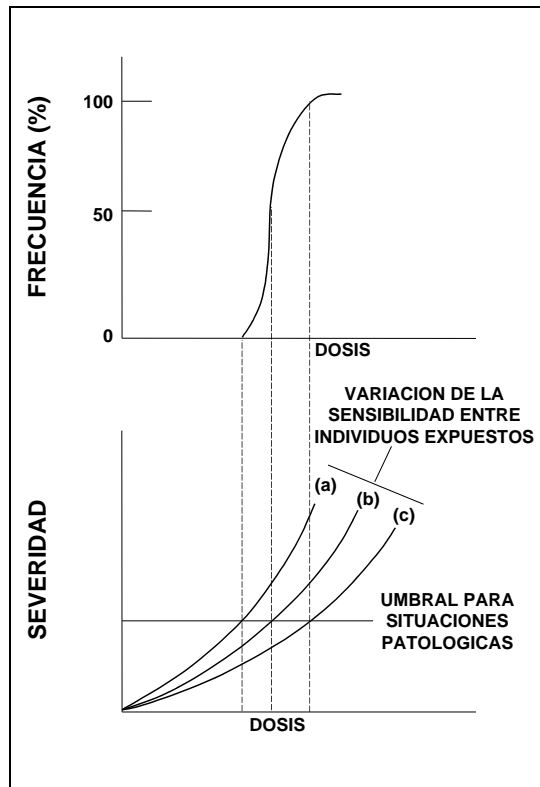
#### 2.1.1. Efectos determinísticos

Cuando una persona recibe una dosis de radiación por encima de cierto valor umbral, las células de los tejidos afectados morirán o perderán la capacidad de reproducirse, lo cual lleva a la destrucción del tejido.

Pueden presentarse a corto (horas), mediano (semanas) o largo plazo (meses o años).

Aumenta la severidad del daño con la dosis en forma exponencial.

La cantidad de individuos afectados responde a una curva sigmoidea que crece rápidamente a partir del valor de dosis umbral, afectando prácticamente al total de los individuos irradiados a partir de un valor un poco mayor a la dosis umbral.



## EFFECTOS DETERMINÍSTICOS

### 2.1.2. Efectos estocásticos

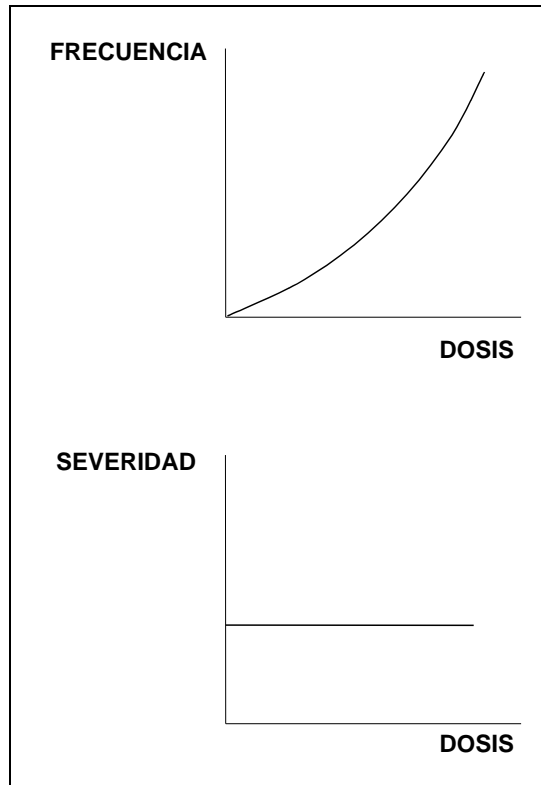
Si una célula afectada por la radiación sobrevive, pero sufre modificaciones que provocan la pérdida de control de su capacidad de reproducción, puede iniciarse un proceso de carcinogénesis.

La severidad de estos efectos es independiente de la dosis recibida, ya que la radiación sólo actúa como carcinógeno, iniciando el proceso.

Que llegue a desarrollarse un tumor maligno depende de muchos otros factores como, por ejemplo, la capacidad del sistema inmunológico del individuo afectado, para eliminar las células malignas.

Lo que sí depende de la dosis recibida es la probabilidad de ocurrencia, o sea, a mayor dosis recibida, mayor es la cantidad de personas que desarrollan cáncer dentro de un mismo grupo de individuos irradiados.

Siempre se manifiestan a largo plazo, dependiendo la cantidad de años del período de latencia de cada sitio de cáncer.



### EFFECTOS ESTOCÁSTICOS

#### 2.2. Efectos hereditarios y prenatales

Si las gónadas son irradiadas, los descendientes pueden presentar malformaciones. Estos son los llamados efectos hereditarios.

Son efectos estocásticos. La probabilidad de que ocurran es muy inferior a la probabilidad de que se produzca cáncer, a igualdad de dosis recibida.

No hay que confundirlos con los efectos prenatales, que son determinísticos. Estos se refieren al daño que sufre el embrión o el feto cuando es irradiado en el vientre materno, que pueden provocar malformaciones durante la etapa embrionaria o retardo de crecimiento y retraso mental durante la etapa fetal.

### 3. Límite epistemológico<sup>2</sup>

El estudio de efectos biológicos puede hacerse desde distintas disciplinas, de acuerdo a la dosis recibida por la población irradiada.

Cuando la dosis supera el valor umbral, prácticamente todos los individuos sufren efectos determinísticos, que son más severos mientras mayor es la dosis recibida. El estudio de este tipo de efectos puede encararse desde la patología.

También se producen efectos estocásticos, junto a los determinísticos, si la persona irradiada sobrevive.

Pero cuando la dosis recibida es inferior al valor umbral, sólo pueden manifestarse efectos estocásticos (cáncer y malformaciones en los descendientes).

No puede distinguirse cuál de los individuos que llegaron a desarrollar cáncer, dentro del grupo irradiado, lo contrajo a consecuencia de la irradiación recibida, y cuál lo contrajo debido a otro agente cancerígeno. Más aún teniendo en cuenta que durante los años que dura el período de latencia para que llegue a manifestarse, actuaron muchos otros agentes cancerígenos, siendo factores de confusión.

Lo mismo ocurre con el estudio de efectos hereditarios.

Por lo tanto, a los efectos estocásticos, sólo puede estudiarlos la epidemiología.

Esta ciencia sólo puede detectar patrones a través de estudios estadísticos, pero no identificar causas.

La epidemiología tiene un límite epistemológico: mientras menor es la dosis recibida, mayor es la cantidad de individuos que deben ser estudiados.

Por dicho motivo sólo han podido hacerse estudios en humanos con las cohortes de Hiroshima y de Chernobyl. En el segundo caso, la dosis recibida ha sido menor, pero es mucha mayor la cantidad de individuos expuestos.

Por debajo de este límite, sólo puede hablarse de plausibilidad y no de probabilidad, y adoptarse el principio de precaución.

Para valores de dosis inferiores al nivel de radiación de fondo natural (2,4 mSv) los estudios son irrelevantes, ya que el ser humano está adaptado a esa dosis de radiación. Esta se debe a radionucleidos presentes en la naturaleza y a la radiación cósmica que proviene del espacio exterior.

La recta que relaciona la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos en función de la dosis, parte del origen del sistema de coordenadas como consecuencia de una extrapolación matemática, pero no de datos experimentales.

Se discute cuáles son los efectos de dosis tan bajas, habiéndose observado fenómenos adaptativos, que consisten en la mayor resistencia a las radiaciones de quienes han estado sometidos a dosis bajas de radiación.

## Capítulo III

# PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### 1. Vías de recepción de dosis<sup>3</sup>

#### .1. Por irradiación externa

Cuando la dosis de radiación se recibe debido a la exposición a material radiactivo con el que no se tiene contacto directo.

#### .2. Por contaminación externa

Cuando una fuente abierta de radiación (no encapsulada) entra en contacto directo con una persona a través de su piel o sus ojos.

#### .3. Por contaminación interna

La fuente abierta de radiación puede ingresar al organismo a través de heridas, si ha habido contacto con la piel.

También puede ingresar por inhalación o ingestión.

En caso de que se produzca contaminación externa, se debe proceder de forma inmediata a la descontaminación, procurando que no pase a ocasionar una contaminación interna además de la externa. Debe lavarse la piel con abundante agua tibia y jabón, fregando suavemente y evitando que se disperse la contaminación. Si ha habido contacto de la fuente con los ojos, estos deben lavarse con agua durante varios minutos.

Debe controlarse con un detector de radiación que se realizó correctamente la descontaminación.

## 1. Criterios de protección radiológica<sup>3</sup>

Las medidas fundamentales de protección radiológica difieren según la vía de recepción de dosis.

### .1. Frente a la irradiación externa

Hay que conjugar adecuadamente los siguientes tres parámetros:

#### .1.1. Tiempo

La dosis aumenta al aumentar el tiempo de exposición.

#### .1.2. Distancia

La tasa de dosis de radiación gamma decrece con el cuadrado de la distancia, si no se tiene en cuenta la absorción producida en el aire. Esto es válido para una fuente considerada puntual, que es el caso de que la distancia a la fuente sea superior a las dimensiones de la fuente.

La tasa de dosis de radiación beta, a distancias superiores a 1/10 del alcance máximo, decrece más rápidamente que la de radiación gamma, hasta anularse a distancias superiores al alcance máximo.

#### .1.3. Blindaje

La forma más eficaz de aplicar los blindajes es poniéndolos lo más cerca posible de la fuente de radiación.

Para apantallar la radiación gamma debe usarse material de alto número atómico. El más comúnmente empleado es el plomo.

También se tiene en cuenta la energía de los fotones a apantallar y el factor de atenuación requerido.

Para apantallar la radiación beta, se debe aplicar un apantallamiento cuyo grosor supere al alcance máximo.

## .2. Frente a la contaminación externa

Al manipular tanto de material radiactivo no encapsulado como de sus residuos generados, debe emplearse guantes, bata y gafas de seguridad.

Si el riesgo de contaminación es significativo, se puede requerir el uso de mono integral y cobertura para la cabeza y para los pies.

El cabello largo se ha de llevar recogido.

Al quitarse los guantes, una vez quitado el de una mano, con ésta no debe tocarse la cara externa del guante de la otra mano.

Con los guantes puestos no deben tocarse partes del vestuario o del cuerpo, ni tocar objetos que normalmente se manipulen sin guantes.

Antes de salir de la zona de trabajo, con un detector de radiación se debe controlar que no exista contaminación. En caso de detectarse, esto indicará que se ha usado inadecuadamente el vestuario de protección o existe una mala señalización de las zonas con material potencialmente contaminado.

## .3. Frente a la contaminación interna

Debe considerarse cada una de las tres vías de incorporación de material radiactivo:

### .3.1. Para evitar la incorporación por inhalación

Cuando el aire puede estar contaminado por material radiactivo debido a evaporación o a resuspensión de aerosoles, la manipulación debe hacerse dentro de una vitrina de gases, dotada con el correspondiente sistema de extracción y/o filtración.

Puede presentarse este riesgo durante el acondicionamiento de residuos radiactivos.



Si no puede usarse una vitrina, el personal afectado debe emplear un equipo de protección respiratoria, evitando la presencia de terceras personas.

### .3.2. Para evitar la incorporación por ingestión

Debe prohibirse al personal afectado comer, beber, fumar y cualquier otro tipo de actividad que pueda facilitar la ingestión de los contaminantes.

### .3.3. Para evitar la incorporación a través de heridas

En caso de tener una herida o sufrir una enfermedad cutánea se debe prohibir trabajar con material radiactivo en formato no encapsulado.

En caso de heridas producidas como consecuencia de un accidente al trabajar con material radiactivo no encapsulado, hay que limpiar con abundante agua la zona afectada, y posteriormente controlar la eficacia de la descontaminación externa con un detector de radiación.

## Capítulo IV

# MATERIALES RADIATIVOS NATURALES EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO

### 1. NORM y TENORM<sup>4</sup>

Los materiales radiactivos de origen natural son conocidos por la sigla en inglés NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) o en castellano ERN (Elementos Radioactivos Naturales).

Ciertos minerales contienen NORM en cantidades significativas, que son extraídos y procesados junto al resto de los elementos.

Algunas industrias, como consecuencia de su procesamiento, concentran los NORM. Estos radionucleidos concentrados por la actividad industrial son conocidos por su sigla en inglés TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material).

Sin embargo muchas veces se utiliza el término NORM para referirse a los TENORM, a pesar de su diferencia conceptual.

Los TENORM pueden estar presentes en efluentes y residuos generados en industrias no nucleares, como ser fluidos, barros, escorias y desechos de metales.

En su mayor parte los NORM están formados por isótopos provenientes del decaimiento radiactivo del uranio y del torio.

Los elementos que forman parte de estas familias de transformaciones radioactivas, son emisores alfa o emisores beta, lo que implica emisión gamma.

### 2. Producción de NORM en la industria del petróleo

Para forzar la salida a la superficie del petróleo, se recircula agua que luego es extraída. Esta arrastra consigo los NORM. Al producirse cambios de presión y temperatura durante esta operación, se produce la precipitación de sulfatos y carbonatos en las tuberías y en las superficies internas de los equipos.

El radio precipita en barros junto con el bario, debido a su similitud química, y se forman incrustaciones de radio y otros elementos provenientes del decaimiento radiactivo del uranio y el torio.

El material radiactivo que no forma incrustaciones, queda en el agua de purga que se almacena en piletas.<sup>4</sup>

A.M.Bevilacqua y Vicente P.Marino, de la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica), realizaron mediciones de uranio total (U238, U235, U234), radio (Ra 228, Ra 226, Ra 224) y radón (Rn 222) durante las operaciones primarias de explotación de petróleo.

En su publicación explican lo siguiente:

*“En la industria del petróleo los elementos radiactivos naturales (ERN), en particular los actínidos uranio y torio, y sus hijas radio y radón, son transportados a la superficie por el agua de producción, que luego se separa del petróleo en los tanques separadores por decantación y en las piletas de decantación a cielo abierto. Los sedimentos suspendidos en el agua de producción contienen ERN, se acumulan en los tanques separadores y en las piletas de decantación, y se concentran por evaporación convirtiéndose en un residuo radiactivo sólido el cual, generalmente, no es gestionado hasta su evacuación. Adicionalmente, en este tipo de explotaciones se realizan limpiezas de las instalaciones, principalmente en los fondos de los tanques de decantación, en forma manual y en algunos casos las incrustaciones poseen un alto contenido de ERN.”<sup>5</sup>*

### 3. Riesgo de contaminación radioactiva por la presencia de NORM

#### 3.1. Contaminación del agua subterránea<sup>5</sup>

Las mediciones realizadas por los científicos recién mencionados, arrojaron como resultado que en todas las etapas de operaciones primarias, algunos de los valores medidos superan los niveles guía de calidad ambiental del agua.

Dicen en su publicación:

*Una deficiente gestión de los residuos de los MRN en la industria del petróleo por inadecuadas operaciones del agua o de los lodos de producción, o en la industria minera por el inapropiado manejo del lixiviado de las escombreras, puede ocasionar la contaminación de las aguas subterráneas y el consiguiente perjuicio en caso de ser incorporada por ingestión*

### 3.2. Contaminación externa de los trabajadores<sup>4,5</sup>

Los trabajadores que limpian manualmente los barrotes de los tanques de decantación y las incrustaciones en equipos y tuberías, se exponen a aerosoles radiactivos, al resuspenderse el material que extraen en los procesos de limpieza, y depositarse sobre su piel y sus ojos.

### 3.3. Contaminación interna de los trabajadores<sup>4,5,2</sup>

La contaminación externa que sufren los trabajadores, puede convertirse en contaminación interna al penetrar los radionucleidos al interior de su cuerpo a través de heridas.

También ingresa el material radiactivo a su organismo al inhalar los aerosoles resuspendidos, y por ingestión si no se adoptan medidas de protección radiológica.

La inhalación de radio y otros radionucleidos emisores alfa, es sumamente peligrosa, ya que son partículas de alta LET, y al llegar a los alvéolos pulmonares causan graves daños, dependiendo de la dosis recibida.

## 4. Problema legal<sup>5,6</sup>

Los residuos radiactivos de la mayoría de las industrias no-nucleares no son reconocidos como tales, y en consecuencia no se aplica la normativa sobre gestión de residuos radiactivos fuera del ámbito de las actividades nucleares.

Es un problema a nivel mundial. En varios países se aplican criterios de exención incoherentes, ya que a la industria nuclear se le exige altos niveles de seguridad, mientras que en industrias de otro tipo, los requisitos son menos estrictos, a pesar que el riesgo sea el mismo. Existen diferencias de criterio que están siendo discutidas en el ámbito internacional, ya que cada vez causa mayor preocupación.

Las mediciones realizadas por los científicos citados anteriormente, de la actividad específica de radionucleidos presentes en los sedimentos acumulados en las piletas de decantación a cielo abierto, arrojaron como resultado que supera los niveles de exención recomendados por el OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica).

## CONCLUSIÓN

Los trabajadores de la industria del petróleo afectados a las tareas de limpieza de los sedimentos acumulados en las piletas de decantación y de desincrustación de piezas de equipos y tuberías, están sometidos a un riesgo considerable de contaminación radiactiva.

Sin embargo, no se aplica ninguna medida de protección radiológica para este tipo de trabajo, por un problema legal.

Esos trabajadores están expuestos a sufrir efectos determinísticos de las radiaciones ionizantes que emiten los radionucleidos con los que entran en contacto externo e interno, además de efectos estocásticos, siempre presentes aunque las dosis sean bajas.

La ocurrencia de los efectos estocásticos sólo podría ser demostrada con estudios epidemiológicos, pero siendo dosis relativamente bajas, la cantidad necesaria de individuos a estudiar sería tan alta que dificultaría el estudio.

Entonces, ante la falta de estudios que demuestren los daños biológicos que sufren estos trabajadores debido a las radiaciones ionizantes a las que están expuestos, la situación sigue siendo confusa, ya que entran en juego intereses económicos por los cuales se intenta prolongarla en vez de encontrar una solución.

Dicha solución es bastante simple a nivel tecnológico. El problema es consensuar en el aspecto legal, sin ceder a dichos intereses.

## RECOMENDACIONES

A.M.Bevilacqua y Vicente P.Marino, citados anteriormente, proponen lo siguiente:

*“Dado que los niveles de actividad específica superan los niveles de dispensa incondicional o de exención recomendados por OIEA, y que los mismos se alcanzan por incrementarse tecnológicamente durante las operaciones primarias en la industria del petróleo, la práctica que origina estos residuos no debería constituir una exención a la Norma Básica de Seguridad Radiológica de la ARN. En ese contexto debe analizarse la gestión de los residuos de los MRN en el marco de la Ley N° 25.018 (Ley Nacional del Régimen de Gestión de Residuos Radiactivos).*

*Por lo expuesto, los residuos de MRN constituidos por los sedimentos de las piletas de decantación a cielo abierto como los producidos durante las operaciones de limpieza de los tanques de decantación deberían determinarse el uranio, el torio y sus hijas.*

*Cabe mencionar que, además, en este tipo de explotaciones resultaría necesario agregar la determinación del uranio, del torio y de sus hijas en los protocolos de análisis del agua potable dentro de las áreas mencionadas.*

*Se considera necesario analizar la pertinencia de la aplicación de la normativa sobre seguridad radiológica que obligue a la industria petrolera a, entre otras cosas, monitorear los ERN, incluir su análisis en el protocolo del agua potable, controlar los MRN en las áreas de mayor riesgo y gestionar los residuos de los MRN hasta su eliminación.”<sup>5</sup>*

En otro trabajo, Gnoni, G.A y Canoba, A.C., de la ARN (Autoridad Regulatoria Nuclear), recomiendan:

*“Para las piezas con valores de tasa de dosis superiores al fondo, sería importante definir la forma correcta de almacenamiento mientras permanezcan en la instalación, a fin de reducir las dosis ocupacionales. Como la empresa realiza la venta de piezas a terceros sería aconsejable previamente proceder a la limpieza y tratamiento de las mismas para que el nivel de tasa de dosis se reduzca. Para esto se deberían utilizar procedimientos con ciertas consideraciones a la hora de realizar las tareas de limpieza y/o mantenimiento, ya sea para reutilizar estos materiales o venderlos a terceros.”*

Recomiendan también tener en cuenta la bibliografía internacional referida a la manipulación de materiales NORM. Y además:

*“Para contar con una estimación más precisa de la dosis que reciben los trabajadores sería conveniente colocar detectores TLD al personal durante un lapso de tres meses y realizar una evaluación completa de la incorporación de radionucleidos.”<sup>4</sup>*

En una publicación relacionada al trabajo con fuentes de radiación abiertas en la industria del petróleo, Truppa, W.A. hace una serie de recomendaciones, de las cuales se han seleccionado algunas que resultarían de utilidad cuando el riesgo radiológico es ocasionado por la presencia de NORM:

- *Delimitar el área de trabajo.*
- *Utilizar prendas protectoras durante el manipuleo.*
- *Monitorear herramientas y elementos utilizados, el área donde se realizó la operación y también las personas que intervinieron, una vez finalizada la tarea.*
- *En los casos que se detecte contaminación superficial, disponer de los elementos necesarios y realizar la descontaminación, registrando finalmente las causas y razones que originaron esta contaminación, a fin de evaluar los procedimientos utilizados.*
- *Se debe disponer de procedimientos claros y detallados de toda aquella tarea que signifique una labor de riesgo radiológico.*
- *Capacitar en actitud y prevención a los operadores.*
- *Realizar un plan de gestión de residuos radiactivos y material contaminado de manera adecuada.<sup>7</sup>*

En otro trabajo, Canoba, A.C. y Gnomi, G. analizan la situación en Argentina:

*“En nuestro país, no existe una regulación para los materiales TENORM. En lo concerniente a las radiaciones ionizantes, la Norma Básica de Seguridad Radiológica (NBSR) establecida por la ARN provee un sistema de control regulatorio para la protección de los trabajadores y miembros del público de fuentes de radiación ionizante originados en la industria nuclear.*

*Sin embargo, al analizar en detalle la NBSR, se encuentra lo siguiente:*

*En la revisión 3 de esta Norma se establece en su alcance:*

*“Quedan exentos de esta norma y del control regulatorio, siempre que la Autoridad Regulatoria no entienda lo contrario, los siguientes casos:*

*Toda utilización de materiales radiactivos naturales a los cuales no se les haya incrementado, tecnológicamente, la actividad por unidad de masa.”*

*En la sección referente a Intervenciones, presenta situaciones de intervención:*

*“Situaciones crónicas de exposición a ciertas fuentes naturales de radiación que así lo requieran.”*

*Además, en el artículo 8 de la Ley 24804, se establecen los fines de las funciones de la Autoridad Regulatoria*

*“ARTÍCULO 8º. – La Autoridad Regulatoria Nuclear deberá desarrollar las funciones de regulación y control que le atribuye esta ley con los siguientes fines:*

*a) Proteger a las personas contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes...”*

*El inciso a) del artículo 8 de la Ley Nuclear permitiría a la ARN ampliar su ámbito de acción a toda situación de exposición dentro o fuera de la actividad nuclear.”*

En su trabajo describen la regulación existente en la Comunidad Europea, en EEUU y en Canadá, las que podrían utilizarse como referencia.

Es interesante destacar el caso de Canadá, donde existen guías para el uso de NORM, como parte del Programa de Manejo de NORM.

Se establece allí el límite anual de incorporación (ALI), definiéndolo como:

*“Es la cantidad de material radiactivo que un trabajador puede ingerir o inhalar cada año resultando en una dosis anual efectiva de  $20 \text{ mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ . Si la ingesta excede un 25% del ALI (equivalente a  $5 \text{ mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ) se debe implementar el programa de protección radiológica que implica protección respiratoria y/o limitación del tiempo de acceso.”*

Como parte de sus conclusiones, las autoras proponen:

*“En caso de que no se decida adoptar medidas mandatorias, sería muy importante que la ARN, ya sea en forma individual o colaborando con otras organizaciones, elabore guías para el manejo seguro de estos materiales.”<sup>6</sup>*



## BIBLIOGRAFÍA

1. **“La radiación, la gente y el ambiente”**

Fundación T.E.A. (Trabajo, Educación y Ambiente), 2007

2. **“Curso de post-grado en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear”**  
(Tomo 1)

Dictado por la ARN, con la colaboración de la CNEA, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y el Ministerio de Salud y Acción Social – Dirección Nacional de Salud y Control. Auspiciado por el OIEA (1.998).

3. **“Manual de Gestión de Residuos Especiales de la Universitat de Barcelona”.**

Autor: Moyano Baldoire, Albert. Año: 1.999

4. **“Mediciones de TENORM en una empresa relacionada con la industria petrolera”**

Autoras: Gnoni, Gabriela y Canoba, Analía  
Autoridad Regulatoria Nuclear, Argentina  
Presentado en Primer Congreso Americano del IRPA (International Radiation Protection Association). Acapulco, México, 4-8 setiembre 2006.

5. **“Gestión de residuos de materiales radiactivos naturales en la industria del petróleo”**

Autores: Bevilacqua, Arturo M. y Marino, Vicente P.

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) Año 2.000

Centro Atómico Bariloche Universidad Nacional de Cuyo, Instituto Balseiro

**6. “Informe sobre TENORM. Situación nacional e internacional”**

Autoras: Gnoni, Gabriela y Canoba, Analía

Autoridad Regulatoria Nuclear, Argentina

Publicado como PI 2/05 de la Autoridad Regulatoria Nuclear

**7. “La seguridad radiológica en la industria del petróleo. La conducta hacia la prevención”**

Autor: Truppa, Walter Adrián

Autoridad Regulatoria Nuclear

Presentado en Primer Congreso Americano del IRPA (International Radiation Protection Association). Acapulco, México, 4-8 setiembre 2006.