CAPITULO VI

MATERIALES RADIACTIVOS Y RADIACIONES IONIZANTES

SECCION I. Generalidades⁽¹⁾

A. Concepto

Los átomos de cualquier elemento están compuestos básicamente de protones, neutrones y electrones. Para los átomos de un mismo elemento, el número de protones es generalmente igual al número de neutrones y al de electrones. Algunos átomos del mismo elemento no poseen el mismo peso, pues el número de protones es diferente al número de neutrones; ello los convierte en **isótopos**. Un isótopo posee un desequilibrio por exceso de masa o de carga. Cuando este desequilibrio es muy grande, los átomos emiten partículas o radiaciones para eliminar: son los **isótopos radioactivos**.

La **radioactividad** es entonces, la propiedad que poseen algunos átomos, cuyos núcleos son inestables (radionucleidos) y decaen espontáneamente mediante transiciones hasta convertirse en núcleos estables (La condición óptima de estabilidad nuclear sería aquella en que el núcleo tuviese igual número de protones y neutrones). Se trata de un proceso de degradación nuclear.⁽²⁾

Este decaimiento radiactivo va acompañado de una emisión de partículas cargadas radiaciones corpusculares- y radiaciones -radiaciones electromagnéticas- (las partículas radioactivas son capaces de ionizar⁽³⁾ los átomos, por lo que se les llama radiaciones

⁽¹⁾ *Se tomó como base para esta sección el Curso básico de Toxicología Ambiental, de Lilia Albert, OPS, OMS, INIREB, 1985, pp. 137 a 145.*

⁽²⁾ *Otra definición la encontramos en Ministerio de Salud, División Saneamiento Ambiental, Depto. Contaminación Industrial, Curso Seguridad e Higiene del Trabajo, manual en tres tomos, 1980, III Tomo, p.165.
*Para aclarar más el concepto : Sección Control de Radiaciones Ionizantes, Depto. de Sust. Tóxicas y Medicina del Trabajo, Ministerio de Salud, Curso sobre cálculo de blindajes, sd., p.II-1.**

⁽³⁾ *Ionizar un átomo a partir de una partícula radioactiva, significa que debido a la energía de la partícula radioactiva el átomo se desprende de uno o varios de sus electrones (cargas negativas). Ministerio de Salud, División Saneamiento Ambiental,*

ionizantes); ocurre con una velocidad fija característica del material radioactivo de que se trate y no es influenciada por ningún agente químico o físico conocido.⁽⁴⁾

Al tiempo en el cual decaen la mitad de los radionucleidos de un material radioactivo, se le conoce como vida media.⁽⁵⁾

Por último, queremos explicar las razones por las cuales este estudio se aboca únicamente al conocimiento de las radiaciones ionizantes, dejando por fuera las radiaciones no ionizantes.⁽⁶⁾

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las formas de radiaciones. Así pues, si dibujamos una línea vertical partida a la mitad por una franja horizontal que represente a la luz visible, obtendríamos lo siguiente: en la parte superior las radiaciones ionizantes que

Depto. Contaminación Industrial, Curso Seguridad e Higiene del Trabajo, manual en tres tomos, 1980, III Tomo, p.170.

Otra definición la podemos encontrar en Sección Control de Radiaciones Ionizantes, Depto. de Sust. Tóxicas y Medicina del Trabajo, Ministerio de Salud, Curso sobre cálculo de blindajes, sd., p. I-2.

(4) Ministerio de Salud, División Saneamiento Ambiental, Depto. Contaminación Industrial, Curso Seguridad e Higiene del Trabajo, manual en tres tomos, 1980, III Tomo, pp. 166 y 167:

"Las partículas alfa no penetran las capas cornificadas de la piel, por lo que no constituyen un riesgo externo. Sin embargo, si se ingieren elementos emisores de partículas alfa se creará un serio problema de exposición."

"Las partículas beta interactúan con la materia mucho menos fácilmente que las partículas alfa y pueden recorrer algunos centímetros en los tejidos y muchos metros en el aire. La exposición a fuentes externas de partículas beta es potencialmente peligrosa y los elementos emisores beta ingeridos por el organismo crean riesgos internos."

Con relación a los rayos gama y a los rayos X, se dice que "... constituyen principalmente un riesgo externo y sus efectos biológicos son más conocidos que los de cualquiera otra de las radiaciones ionizantes."

(5) El período de demidesintegración "representa el tiempo que debe transcurrir para que el número de núcleos de una sustancia dada en una muestra se reduzca a la mitad de su valor inicial." Sección Control de Radiaciones Ionizantes, Depto. de Sust. Tóxicas y Medicina del Trabajo, Ministerio de Salud, Curso sobre cálculo de blindajes, sd., p.II-3

(6) Explicación facilitada por el Ing. Luis Bermúdez de la Sección Control de Radiaciones Ionizantes del Depto. de Registro y Control de Sustancias Tóxicas y Medicina del Trabajo.

comprenden las radiaciones ultravioleta, los rayos X y lo que se conoce como los radioactivos; en la parte inferior encontraríamos las ondas de radio (onda corta, onda larga), de televisión, las radiaciones ultrasonido, las microondas, laser, ..., que constituyen radiaciones no ionizantes. Las radiaciones no ionizantes producen efectos localizados, mientras que las ionizantes producen efectos mucho más dañinos, precisamente por su naturaleza. Sobre las primeras no existe ninguna regulación, a pesar de que son mucho más utilizadas. Si bien son menos peligrosas, debería existir algún tipo de regulación y control. El Proyecto de Código Ambiental las regulaba en un principio, imitando a la legislación argentina, pero las regulaciones luego se limitaron a las radiaciones ionizantes. Existe una razón histórica que explica el hecho de que se le dé más importancia, incluso a nivel político, a las radiaciones ionizantes. La razón es que la forma en que se dio a conocer este tipo de radiaciones fue por su uso bélico, durante la primera y segunda guerras mundiales, y es así como las recuerda la generalidad de la población mundial.

Para terminar este párrafo introductorio, queremos hacer una aclaración. A lo largo de este estudio, se emplea indistintamente los términos "atómico" y "nuclear". La radiación atómica se produce cuando el grupo de átomos en cuestión explota por completo (reacción en cadena). La radiación nuclear es la que es propia del átomo, de su núcleo. Otra distinción que queremos hacer es la siguiente: Las radiaciones electromagnéticas son las producidas por un equipo especialmente diseñado para ello; no son producidas por un material radioactivo.

En contraposición a los equipos, tenemos las fuentes radioactivas que son los materiales radioactivos. En cuanto a las fuentes,⁽⁷⁾ podemos decir que existen fuentes naturales y antropogénicas de la radioactividad. Esta puede llegar al hombre de muy diversas formas, como a través de los alimentos, del viento y del agua, viajando grandes distancias y concentrándose en las más diversas materias y tejidos. Se calcula que el 68% de la radioactividad total que recibe la tierra es natural.⁽⁸⁾ La fuente natural más importante es el sol. Pero además, la Tierra recibe este tipo de radiaciones del Universo en forma de radiaciones cósmicas. Por último, nuestro planeta posee material radioactivo: 15 de los 103 elementos naturales pueden presentar radioactividad. Se han identificado alrededor de 70 radionucleidos naturales diferentes.

Las fuentes artificiales se refieren al tipo de radiación que es provocada por el hombre, al "bombardear" muestras de elementos no radiactivos con "fotones de alta energía" y así provocar una inestabilidad en el núcleo de estos átomos. La gran mayoría de los isótopos son

⁽⁷⁾ *Lilia Albert, Curso básico de Toxicología Ambiental, OPS, OMS, INIREB, 1985, pp. 147 y 148*

⁽⁸⁾ *"Se denomina radiactividad natural, al proceso en el cual, átomos inestables, cambian en otros elementos, en forma espontánea, como el caso del radio, uranio, etc. Así como la radiación proveniente del espacio (Background)." Sección Control de Radiaciones Ionizantes, Depto. de Sust. Tóxicas y Medicina del Trabajo, Ministerio de Salud, Curso sobre cálculo de blindajes, sd., p.II-2*

producidos artificialmente.⁽⁹⁾ En cuanto a las fuentes artificiales se destaca la importancia de los procesos de producción y generación de energía. Además, existen 65 elementos más que el hombre puede volver radioactivos. Algunas fuentes antropogénicas son: los viajes en jet, la televisión a color, los relojes digitales y la generación de energía en reactores nucleares, en los cuales la mayoría de los isótopos que se producen son también radioactivos, e incluso si se utiliza el uranio -que es lo más común- puede llegar a producirse el plutonio, elemento con el cual se fabrican las bombas atómicas.

En relación con los efectos sobre la salud, la vía de entrada más común de las radiaciones ionizantes es la piel, y en general, toda superficie corporal. En cuanto a los elementos radioactivos, las principales vías de entrada son la inhalatoria y la digestiva. Una vez dentro del organismo, el material radioactivo seguirá el metabolismo del elemento esencial que más se le parezca en estructura y peso.

Los efectos de la radiación en el ser humano van desde alteraciones en la estructura molecular, como cambios en el material genético que será heredado (mutaciones), hasta deficiencias funcionales y rompimientos de las células, cáncer, daños en los tejidos y la muerte del organismo, además de muy diversas lesiones (pérdida de cabello, diarrea, infecciones, hemorragias, esterilidad).⁽¹⁰⁾ Por lo general, los efectos biológicos se dividen en somáticos y genéticos. Los efectos somáticos tales como radiodermatitis aguda y crónica, síndrome de radiación aguda y crónica, cáncer de la piel, leucemia, cataratas, esterilidad y disminución de la expectativa esperada, son debidos a accidentes, exposición ocupacional, en la industria o por radioterapia, entre otros. En cambio, los efectos genéticos se conocen poco o nada, pero se trata aquí de las posibles mutaciones.⁽¹¹⁾

Existe otra clasificación, más frecuentemente usada en radioprotección, que divide los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes en probabilísticos y determinísticos:

Efectos determinísticos: "Si un número suficientemente grande de células de un órgano o tejido mueren o no pueden reproducirse, habrá una pérdida de la función del órgano o tejido. Con muy contadas excepciones, se da en todo sistema, órgano o tejido, una reproducción celular, no obstante, dependiendo del número neto de células con capacidad reproductora original existentes después de una irradiación, el efecto será observable clínicamente. Si el tejido es vital y el daño

⁽⁹⁾ *Ministerio de Salud, División Saneamiento Ambiental, Depto. Contaminación Industrial, Curso Seguridad e Higiene del Trabajo, manual en tres tomos, 1980, III Tomo, p. 165*

⁽¹⁰⁾ *Lilia Albert, Curso básico de Toxicología Ambiental, OPS, OMS, INIREB, 1985, pp. 153 a 157*

⁽¹¹⁾ *Ministerio de Salud, División Saneamiento Ambiental, Depto. Contaminación Industrial, Curso Seguridad e Higiene del Trabajo, manual en tres tomos, 1980, III Tomo, p. 168*

suficientemente grande la consecuencia será la muerte del individuo."

Efectos probabilísticos: "Existe una dosis llamada umbral, en la cual se sobreentiende que los efectos biológicos no se manifiestan en el individuo expuesto, por lo menos en forma inmediata. Sin embargo, pueden darse efectos a mediano o largo plazo debidos al daño producido en las células. La multiplicación inicial de una célula modificada puede ser impedida o aislada por los mecanismos de defensa del cuerpo humano. No obstante, si ello no ocurre, luego de un retardo prolongado y variado, llamado período de latencia, puede producirse una proliferación incontrolada de células modificadas: un cáncer. Los cánceres producidos por irradiación, con o sin contribución de otros agentes genotóxicos, no son distinguibles a los producidos por otras causas."

B. Aplicaciones y usos

En cuanto a las aplicaciones, nos interesan principalmente los usos pacíficos que se le den a la radioactividad.⁽¹²⁾ En la industria, se utiliza principalmente para mejorar el control de los procesos de producción y la calidad de los productos, en el estudio de la lubricación y desgaste de la maquinaria móvil, en la elaboración de piezas de precisión y en las radiografías industriales. Otros usos industriales son: la generación de energía eléctrica, la hidrología, la detección y análisis de los contaminantes y los sedimentos existentes en el agua y en el aire.

En la medicina se emplea también de diversas formas, para evaluar la condición y el funcionamiento de distintos órganos del cuerpo humano; para el control y detección de enfermedades y lesiones, para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades parasitarias y hepáticas, trastornos de la tiroides; para la esterilización de productos médicos y radioterapia de los pacientes con cáncer. Estos son los usos más generalizados en Costa Rica, en lo que a equipos y fuentes radioactivas concierne.

En la alimentación se aprovecha para inhibir la germinación de legumbres y hortalizas, alargar el período de conservación de los productos frescos, eliminar los organismos patógenos, los microbios y los parásitos existentes en los alimentos, combatir el moho y sustituir aditivos necesarios en ciertos alimentos.

En la agricultura se utiliza para inducir mutaciones en las plantas, esterilizar insectos, en la fertilidad de los suelos, el riego y producción agrícola, y en la producción y sanidad pecuarias.

En Costa Rica, existen varios proyectos en los cuales se utiliza la energía atómica. Entre ellos citamos los siguientes :

- empleo de los isótopos en geotermia (ICE);
- ensayos no destructivos para el desarrollo industrial y otras aplicaciones (ITCR);

⁽¹²⁾ *"Una opción pacífica para un mundo de guerra", Crisol n° 43, Semanario Universidad, setiembre 1992*

- uso de técnicas nucleares en agricultura (UNA):
- aplicación de técnicas nucleares en la conservación de los alimentos y protección radiológica (UCR).

Según el Sr. Rafael Vega de la Unidad de Control de Radiaciones Ionizantes del MS, las tres áreas en que se emplea mayormente las radiaciones, son las siguientes:

- medicina nuclear (diagnóstico y tratamiento como se mencionó);
- industria (medidores de nivel de controles de calidad, sobre todo);
- investigación (como los proyectos que se citan en los párrafos precedentes)

Un uso que es bastante generalizado, y que el Sr. Vega incluyó dentro del aspecto de la medicina, es el de las radiografías que toman los odontólogos o dentistas, para fines de diagnóstico y tratamiento. Consultamos a una odontóloga sobre el tema. Las exposiciones a que se somete un paciente y el odontólogo son muy breves (rondan los tres segundos), por lo que no hay verdadero riesgo, y siempre se toma la precaución de preguntar si está embarazada, caso de que el paciente sea mujer.⁽¹³⁾

C. Riesgos y peligros

Entre las actividades que implican riesgos o peligros, encontramos las siguientes :

- producción de energía eléctrica en centrales nucleares
- transporte internacional y nacional de material radioactivo
- protección física
- desechos radioactivos
- irregularidades en el uso de equipos y fuentes radioactivas

Pueden presentarse una serie de accidentes nucleares. Tal es el caso de aquellos que se presentan en instalaciones industriales, por explosiones militares experimentales, durante el transporte de materiales radioactivos y bombas nucleares, y por aplicaciones médicas de energía atómica. Para ejemplificar la magnitud de las consecuencias que un accidente nuclear implica, recordemos la explosión de la central nuclear en Chernobyl en 1986, en que millares de hectáreas quedaron incultivables y muchísimas personas murieron o quedaron heridas, y aún ahora se estudian las posibles consecuencias relacionadas con las mutaciones genéticas en las nuevas generaciones. Un ejemplo no tan reciente, pero todavía vivo en nuestras memorias, es la explosión ocasionada por las bombas nucleares en Hiroshima y Nagasaki en que murieron aproximadamente dos millones de habitantes.

Hace poco en Costa Rica, hubo un caso de una posible pérdida de una fuente radioactiva, cesio 137, que podía contaminar incluso a una población completa y dañar el medio ambiente. Dicha fuente había sido aparentemente robada de Lámparas de Costa Rica, un domingo como a la una de la madrugada, en la localidad de Alajuelita. Se formaron dos grupos de trabajo: una

⁽¹³⁾ *Entrevista con la Dra. Olga Sancho Montero, quien es odontóloga.*

comisión central encargada de localizar a las posibles personas irradiadas, y otra comisión de investigación, encargada de hacer las mediciones de la radiación en el lugar en que supuestamente fue robada la fuente.⁽¹⁴⁾ En este caso, intervinieron los Bomberos y la Cruz Roja, pues se recibían llamadas constantemente. Inclusive, la Comisión de Energía Atómica intervino pidiendo ayuda a personal experto de Chile y de Estados Unidos. Pero al final, el dueño confesó que todo había sido una mentira.

Existe otro caso del cual se habló mucho hace unos años. El CATIE emprendió hace unos veinte años, con la colaboración de expertos extranjeros, una investigación para erradicar la mosca del Mediterráneo. Para ello, el OIEA donó dos fuentes radioactivas: una de cobalto 60 y la otra, de cesio 137. Estas fuentes se utilizan normalmente como grandes unidades irradiadoras de alimentos, como en el presente caso, y algunas veces, para esterilizar equipo médico. Al terminar la investigación, se abandonaron las fuentes como desecho.

Para esa época el Departamento de Radiaciones Ionizantes aún no se creaba. Fue después de su constitución, que a alguna persona se le ocurrió llamar e informar de esas fuentes. Se hicieron las investigaciones pertinentes y al final se giró una orden sanitaria que obligó a la institución a construir un depository permanente (por un período mínimo de treinta años) frente al CATIE. Dicho depository sufre una inspección unas dos veces al año, para comprobar que no existen fugas y que todo se encuentra bien.

En Costa Rica no contamos con arsenales nucleares, pero sin embargo, nos pueden afectar los problemas ligados a las explosiones atómicas de prueba, pues afectan no sólo al país que las realiza, sino también a todo el planeta; y los problemas ligados a los desechos radioactivos, que se pretenden exportar a los países subdesarrollados mediante convenios internacionales o diversos mecanismos de comercio internacional.

Por último, podemos concluir que en Costa Rica, el empleo local de material radioactivo no presenta mayores riesgos debido a que, entre los materiales peligrosos, estos son manejados con sumo cuidado. Ello se debe a que siempre pensamos en la radioactividad como una actividad sumamente peligrosa y destructiva, con lo que no escatimamos vigilancia y supervisión en su empleo.⁽¹⁵⁾ Con estas afirmaciones nos referimos a que las cantidades de equipos y fuentes radioactivas que se emplean en medicina y en proyectos de investigación, se utiliza con sumo cuidado.

⁽¹⁴⁾ *Entrevista con el Sr. Ronald Pacheco, de la Sección de Radiaciones Ionizantes del MS.*

⁽¹⁵⁾ *Sin embargo, a nivel institucional escasea el personal, y son pocas las personas realmente preparadas. Como ejemplos, la unidad de Radiaciones Ionizantes del MS cuenta con cinco empleados solamente; y la Comisión de Energía Atómica, aparte de los siete miembros que debe tener por ley, sólo cuenta con una secretaria. Además, sólo hay dos doctores en medicina nuclear en el país (así nos lo dijo la Dra. Patricia Mora, quien es uno de ellos).*

D. Marco institucional específico

1) Ley N° 4383 de 18 de agosto de 1969. Ley Básica de Energía Atómica para Usos Pacíficos

Esta ley es muy amplia, pues pretende abarcar prácticamente todos los aspectos relacionados con la energía atómica y equipos y fuentes radioactivas, como se desprende del texto de su artículo 2° y artículo 15 :

"Art.2.- La presente ley tiene por objeto :

- a) Fomentar las aplicaciones, el desarrollo y la investigación de la energía atómica con fines pacíficos;
- b) Regular la posesión y el uso de todas las sustancias radioactivas naturales o artificiales, y de equipos e instalaciones nucleares;
- c) Procurar la participación de la empresa privada en el desarrollo y aplicaciones de la energía atómica con fines pacíficos, siempre que esa participación no resulte incompatible con la seguridad de la nación y la salud de sus habitantes;
- d) Prevenir los peligros derivados de las radiaciones ionizantes; y
- e) Promover la cooperación internacional en el campo de las aplicaciones pacíficas de la energía atómica."

El ente encargado de cumplir estos amplísimos objetivos es la **Comisión de Energía Atómica** (artículo 3), bajo la directa supervisión del Poder Ejecutivo, con personería jurídica y patrimonio propio. Como se comprende, un ente con tales obligaciones debe contar también con amplias facultades, personal capacitado y recursos suficientes, para desempeñar adecuadamente sus funciones.

"Art.15.- La Comisión tendrá las siguientes funciones .

1. La supervisión, coordinación, fomento o realización de :
 - a) Los programas de investigación científica encaminados al desarrollo de las aplicaciones pacíficas de la energía atómica a la agricultura, la medicina y la industria;
 - b) **La producción, posesión, importación, exportación, transporte, comercialización y uso de sustancias radioactivas naturales o artificiales, y de equipos e instalaciones nucleares.**
 - c) La prospección en el territorio nacional de yacimientos minerales radioactivos; y
 - d) La divulgación de información técnica y científica nuclear.
2. Asesorar al Gobierno sobre la legislación necesaria para procurar una adecuada protección de los habitantes contra los peligros derivados de las radiaciones, así como en todos los asuntos de carácter técnico o legal relacionados con la energía atómica, para los que sea requerida.
3. Extender licencias a personas idóneas para la producción, posesión, importación, exportación, transporte, comercialización y uso de sustancias radioactivas naturales o artificiales, o de equipos e instalaciones para su producción o utilización.
4. Formular recomendaciones al Gobierno con el fin de orientar la política nacional e internacional del país en asuntos referentes a la utilización de la energía atómica; y

5. Procurar el mejor uso de las fuentes de asistencia técnica ofrecidas al país, de manera que rindan el mayor beneficio posible."

La Comisión se compone de siete delegados (art.4), cuatro de los cuales provienen de los siguientes Ministerios : Relaciones Exteriores y Culto, Salud Pública, Agricultura y Ganadería e Industria y Comercio; y tres delegados que provienen de la Universidad de Costa Rica. Todos ellos deben tener conocimientos especiales en energía atómica, según la ley, pero lo cierto es que muchas veces se eligen delegados que no cuentan con estos conocimientos mínimos, lo cual es lamentable y entorpece la labor de la Comisión.⁽¹⁶⁾

El art.12 le da una importante facultad a la Comisión, cual es la de poder "nombrar los funcionarios y el personal administrativo necesarios para el buen desenvolvimiento de sus actividades" y poder "establecer Comités de Expertos que puedan formular recomendaciones a la Comisión en los asuntos que ésta considere del caso." Sin embargo, la Comisión no cuenta con presupuesto suficiente -que apenas alcanza a cubrir los sueldos de los miembros de la misma-, lo que hace que actualmente cuenten sólo con una secretaria. Este mismo problema de presupuesto hace que la Comisión se dedique exclusivamente a conseguir donaciones del exterior con el fin de financiar a otras entidades (dependencias del MS o de las Universidades) para que sean éstas las encargadas de llevar a cabo los objetivos enumerados por el art.2 mencionado supra.

Otra facultad de la Comisión es "solicitar, directamente o por medio del Poder Ejecutivo, según el caso, el asesoramiento y colaboración de organismos nacionales, extranjeros o internacionales, oficiales o particulares, para la mejor solución de los problemas contemplados en la presente ley." (art.13) Y esta facultad queda muy bien complementada con la obligación correspondiente de las instituciones autónomas y dependencias del Estado, de "prestar los servicios, información o cualquier forma de colaboración que les sea requerida por la Comisión, dentro de sus facultades legales." (art.14)

La última facultad importante que citaremos aquí, es la de poder, "en casos muy calificados en que la salud y seguridad del público así lo requiera, ... tomar las indispensables medidas de emergencia a fin de evitar posibles daños." Por lo tanto, quiere decir lo anterior que en una situación de emergencia, la Comisión puede tomar las medidas necesarias para evitar daños contra la salud y la seguridad públicas. Además, vistas sus funciones y objetivos, parece ser que la Comisión sería el ente más apto para tomar esas decisiones.

2) Decreto Ejecutivo N° 11366-SPPS del 8 de abril de 1980. Reglamento de Protección contra las Radiaciones Ionizantes

El presente Reglamento debe aplicarse por parte de la Unidad de Control de Radiaciones

⁽¹⁶⁾ *Así lo manifestó la Dra. Patricia Mora, de la Comisión de Energía Atómica, quien a su vez trabaja en el Laboratorio de Física Nuclear de la UCR.*

Ionizantes del MS, en coordinación con la Comisión de Energía Atómica.

Las funciones que corresponden a cada institución, se irán estableciendo a través del presente análisis legal.

3) Ley N° 2524 de 17 de febrero de 1960. Convenio sobre cooperación entre el Gobierno de Costa Rica y el Gobierno de los Estados Unidos de América relativo al Empleo Civil de la Energía Atómica

Este convenio únicamente tuvo una vigencia de cinco años. Tenía por objeto poder desarrollar en Costa Rica un proyecto de investigación sobre la aplicación de los empleos pacíficos de la energía atómica, con la ayuda de Estados Unidos.

El primer artículo de esta ley, autoriza al Poder Ejecutivo para que suscriba un convenio con la UCR, en el cual ésta asuma los derechos que competen al gobierno de Costa Rica.

4) Ley N° 3440 del 26 de octubre de 1964. Estatuto del Organismo Internacional de Energía Atómica

Este es un organismo internacional que está encargado de procurar "acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero. En la medida que le sea posible se asegurará que la asistencia que preste, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares." (art.II)

Las funciones que corresponden a este organismo, podemos resumirlas de la siguiente manera:

1. Fomentar y facilitar en el mundo entero la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía atómica con fines pacíficos.
2. Proveer los materiales, servicios, equipo e instalaciones necesarias para la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía atómica con fines pacíficos, tomando en cuenta las necesidades de las regiones insuficientemente desarrolladas del mundo.
3. Alentar el intercambio de información científica y técnica y de formación de expertos, en materia de utilización de la energía atómica con fines pacíficos.
4. Establecer y aplicar salvaguardias destinadas a asegurar que los materiales fisionables especiales y otros, equipos, servicios, instalaciones e información suministrados por el Organismo, o a petición suya o bajo su control, no sean utilizados de modo que contribuyan a fines militares.
5. Establecer o adoptar en colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados interesados, normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad; y proveer a la aplicación de estas normas.
6. Adquirir o establecer instalaciones, establecimientos y equipo útiles para el ejercicio de sus funciones autorizadas.
7. Actuar de acuerdo con los principios y propósitos de las Naciones Unidas para fomentar

- la paz y la cooperación internacional y lograr el desarme mundial con las debidas salvaguardias.
8. Establecer un control sobre la utilización de los materiales fisionables especiales que reciba el Organismo, par que se utilicen sólo con fines pacíficos.
 9. En el ejercicio de sus funciones, no debe subordinar la prestación de asistencia a sus miembros a condiciones políticas, económicas, militares o de otro orden que sean incompatibles con las disposiciones del presente Estatuto.
 10. Con sujeción a las disposiciones del Estatuto y a los acuerdos que se concierten en conformidad con el mismo, el Organismo debe ejercer sus actividades con el debido respeto por los derechos soberanos de los Estados. (art.III)

5) Ley N° 6358 de 3 de setiembre de 1979. Acuerdo entre la República de Costa Rica y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado para la Proscripción de las armas nucleares en la América Latina y el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares

Mediante este acuerdo, "Costa Rica se compromete a aceptar la aplicación de salvaguardias, de conformidad con los términos del presente acuerdo, a todos los materiales básicos o materiales fisionables especiales en todas las actividades nucleares con fines pacíficos realizadas en Costa Rica, bajo su jurisdicción, o efectuadas bajo su control en cualquier lugar, a efectos únicamente de verificar que dichos materiales no se desvían hacia armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos."(art.1) Existe una excepción para el caso de que las cantidades de materiales nucleares no exceda de ciertas cifras (art.37).

El Organismo, por su parte, "tendrá el derecho y la obligación de cerciorarse de que las salvaguardias se aplicarán, de conformidad con los términos del presente acuerdo, a todos los materiales básicos o materiales fisionables especiales en todas las actividades nucleares con fines pacíficos realizadas en el territorio de Costa Rica, bajo su jurisdicción, o efectuadas bajo su control en cualquier lugar, a efectos únicamente de verificar que dichos materiales no se desvían hacia armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos." (art.2)

Por otro lado, es importante mencionar que el acuerdo se mantendrá vigente mientras Costa Rica "sea parte en el Tratado de Tlatelolco (14 de febrero de 1967) o en el Tratado de no proliferación (1° de julio de 1968, Londres, Moscú y Washington) o en ambos tratados."

SECCION II. Importación

1) Ley N° 4383 de 18 de agosto de 1969. Ley Básica de Energía Atómica para Usos Pacíficos

El artículo 21 detalla los casos en que se requiere de una licencia otorgada por la Comisión de Energía Atómica:

"Art.21.- Toda persona, oficial o particular, que pretenda producir, poseer, importar, exportar, comercializar o usar sustancias radioactivas naturales o artificiales o equipos

nucleares con fines de investigación, educación o entrenamiento, en la industria, la medicina, la agricultura o de cualquier otro orden, deberá obtener una licencia de la Comisión. Quedan exceptuados de la disposición anterior, la propia Comisión y las personas que ésta determine, cuando desarrollen sus actividades en nombre de la Comisión."

Observamos que este artículo hace una enumeración no taxativa, es decir, que para todos los casos posibles en que de algún modo se emplee o transporte sustancias radioactivas o equipos nucleares, se debe contar con una licencia extendida por la Comisión. Este sería un buen control, pues permite llevar registros. El problema sería más bien de ejecución, porque sería pretender abarcar absolutamente todos las fuentes y equipos radioactivos. Según parece, el legislador también pensó en ello, e incluyó una excepción :

"Art.22.- La Comisión podrá excluir del ámbito de la presente ley cualquier cantidad pequeña de sustancias radioactivas naturales o artificiales, siempre que lo permita la reducida importancia de los peligros inherentes a tal decisión y siempre que los límites máximos para la exclusión de tales cantidades hayan sido determinados por los organismos especializados "

Las licencias se clasifican en diversas categorías :

- generales o específicas, según se refieran a una categoría de sustancias radioactivas naturales o artificiales, o a una determinada sustancia radioactiva
- comerciales o no comerciales, si la actividad implica un ánimo de lucro o si es una actividad de fines puramente científicos (art.24)

En caso de incumplimiento por parte del beneficiario, las licencias pueden ser denegadas, suspendidas, modificadas o revocadas, previa audiencia a las partes afectadas. (art.25) Por otro lado, las licencias no pueden cederse, gravarse o enajenarse. (art.27)

En suma, podemos decir que la idea del mecanismo de las licencias es buena y permite un adecuado control, pero lo cierto es que en la práctica, la Comisión no procede a revisar cuidadosamente cada solicitud, sino que ratifica la decisión tomada -y emitida en forma de recomendación o visto bueno- por el MS en cuanto a la seguridad de los equipos y fuentes radioactivos, según lo manifestó la Dra. Patricia Mora de la Comisión de Energía Atómica.

2) Decreto Ejecutivo N° 11366-SPPS del 8 de abril de 1980. Reglamento de Protección contra las Radiaciones Ionizantes

"**Toda importación o exportación** de material radioactivo y de equipos productores o emisores de radiaciones directa o indirectamente ioizantes, deberá ser previamente aprobada por el Ministerio, con la sola excepción de las que disponga la Comisión de Energía Atómica para uso propio. En caso de duda acerca de la naturaleza de un material o equipo, los administradores de aduana consultarán al Ministerio o le solicitarán la presencia de un funcionario especializado en los recintos de almacenaje". (artículo 2)

Del texto de este artículo podemos apreciar cuál es el tipo de control ejercido sobre los movimientos hacia dentro y fuera del país de equipos y materiales radioactivos. El control es indirecto, por parte de los funcionarios del MS. Cuando el material o equipo radioactivo ingresa en el país, la primera persona que se encarga de controlar ese cargamento es el funcionario de aduanas. Sin embargo, estos funcionarios no están suficientemente capacitados para verificar en primer término cuándo están en presencia de un cargamento radioactivo. Si bien el artículo dispone que en caso de duda debe llamarse al MS, lo cierto es que un funcionario de aduanas podría ser engañado por el empaque en el que esté contenido el cargamento radioactivo o por otras razones. El MS interviene hasta que el funcionario de aduanas le manda llamar para que realice la respectiva inspección y extienda su autorización o la deniegue.

En la práctica, el proceso funciona como sigue:⁽¹⁷⁾

- a) Existe una primera etapa que es la **autorización de desalmacenaje**. Ella se concede dependiendo de la fuente de que se trate, de sus usos, de la justificación para la cual se esté importando, de los beneficios que apareje para la población, de si cumple con los requerimientos de seguridad, de si el personal que la va a utilizar está debidamente capacitado.
- b) Luego se procede a la **inspección de las instalaciones**, en la cual se revisan aspectos como la seguridad y los riesgos para los trabajadores, la población y el ambiente, y se realiza el correspondiente control de calidad.
- c) Por último, si todo está correcto, el Departamento emite su visto bueno y la Comisión de Energía Atómica emite la aprobación para la **licencia de operación**.

3) **Ley N° 2524 del 17 de febrero de 1960. Convenio sobre cooperación entre el Gobierno de Costa Rica y el Gobierno de los Estados Unidos de América relativo al Empleo Civil de la Energía Atómica**

El Convenio estipula la importación del isótopo U-235 de uranio enriquecido, que se requiera como combustible inicial y de repuesto para el funcionamiento de reactores para la investigación y los experimentos que se convengan. Se fijó un máximo de material radioactivo a importar, que sería de seis kilogramos.

En otra disposición, se establece que la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos puede vender o ceder a Costa Rica materiales primarios, nucleares especiales, subproductos, otros radioisótopos e isótopos estables para fines de investigación, en aquellas cantidades y bajo los términos y condiciones que puedan convenirse, cuando tales materiales no puedan ser obtenidos comercialmente.

SECCION III. Registro

1) **Decreto Ejecutivo N° 11366-SPPS del 8 de abril de 1980. Reglamento de Protección contra las Radiaciones Ionizantes**

⁽¹⁷⁾ *Entrevista con el Sr. Ronald Pacheco de la Sección de Radiaciones Ionizantes del MS.*

El trámite para la obtención de la **licencia** consta de los siguientes pasos (arts. 6-15)

- 1) El interesado envía una solicitud al MS con la descripción de las características técnicas de los equipos o fuentes, además de los planos y especificaciones del lugar donde se planea su instalación o almacenamiento.
- 2) El MS estudia la solicitud, hace las inspecciones y las modificaciones convenientes a los planos. Debe además comprobar que "el establecimiento respectivo contará con las condiciones de instalación y medios de seguridad adecuados al tipo y magnitud de la operación para proteger la salud de su personal, evitar la difusión de radiaciones al exterior, precaver los accidentes y para descargar desechos o residuos de modo que no constituyan fuente directa o indirecta de contaminación atmosférica, del agua o del suelo ni elementos de riesgo para la población vecina."
- 3) Si la resolución es afirmativa, el MS remite los documentos a la Comisión de Energía Atómica, quien en definitiva es quien otorga la licencia. Ya hemos visto que en la práctica debido a la falta de recursos y de personal, la Comisión no estudia las solicitudes, sino que se limita a otorgar las licencias siempre que el MS da su aprobación. Esta situación debe cambiar porque el legislador ha pensado en un mecanismo de control doble, control que en este caso únicamente queda asumido por el MS
- 4) Se concede la licencia por un período de dos años, renovable a solicitud del interesado, la cual autoriza a su titular a desarrollar únicamente las actividades específicamente descritas en ella. Si se constata algún incumplimiento -como un traslado de los equipos y fuentes a un lugar diferente del autorizado-, anomalías en el funcionamiento de los sistemas o riesgos no previstos anteriormente, se puede proceder a su cancelación. La licencia puede transferirse con la autorización previa del MS y de la CEA.

El Reglamento establece que el MS debe contar con un **Registro** en el cual "deberá inscribirse toda persona que importe, instale, manufacture, repare, comercie o use equipos productores o emisores de radiaciones ionizantes o sustancias radioactivas."(art.16) La inscripción en ese Registro es un requisito previo para poder realizar esos actos, o de lo contrario, se estarían realizando sin autorización. Se establece una excepción para el caso de los comerciantes e importadores, pues el reglamento señala que la inscripción de los mismos es sólo para fines informativos o estadísticos. Lo cierto es que no debería exceptuárseles de esa disposición, porque es un mecanismo de control sobre las personas que puedan exponerse a las radiaciones ionizantes, y no se ve una razón válida para excluir a los importadores y comerciantes, cuando ellos también pueden exponerse y exponer a sus empleados.

Actualmente están inscritas unas ochocientas personas, exceptuando a los odontólogos quienes tienen un nivel de exposición demasiado bajo, las cuales trabajan o se ven expuestas a radiaciones. Se realiza una inspección una vez al mes cuando ello es posible, pero normalmente, una vez cada dos meses, pues se necesita mayor personal para ello (el Departamento solamente cuenta con cinco personas).

Para realizar las inspecciones se siguen las recomendaciones de la Comisión Internacional de Prácticas Radiológicas, las cuales aconsejan que una persona no debe recibir más de veinte

miliciber al año. Para medir esta dosis máxima, cada persona o trabajador ocupacionalmente expuesto a radiaciones cuenta con dos dosímetros de termoluminiscencia, de forma tal que mientras el Departamento realiza la medición correspondiente, siempre porte un dosímetro.

2) Ley N° 6358 del 3 de setiembre de 1979. Acuerdo entre la República de Costa Rica y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado para la Proscripción de las armas nucleares en la América Latina y el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares

"Sobre la base del informe inicial a que se refiere el artículo 62, el Organismo abrirá un solo inventario de todos los materiales nucleares sometidos a salvaguardias en virtud del presente Acuerdo en Costa Rica sea cual fuere su origen y mantendrá al día dicho inventario basándose en los informes presentados ulteriormente y en los resultados de sus actividades de verificación." (art.41)

Costa Rica por su parte, debe organizar y mantener "un sistema de contabilidad y control de todos los materiales nucleares sometidos a salvaguardias en virtud del presente Acuerdo." (arts.7 y 51) Además de ello, debe tomar "las disposiciones necesarias para facilitar el examen de los registros por los inspectores..." (art.52) "Los registros se conservarán durante cinco años por lo menos". (art.53)

Existen dos tipos de registro que deben llevarse :

- a) registros contables de todos los materiales nucleares sometidos a salvaguardias (cambios en el inventario, resultados de las mediciones, ajustes,...)
- b) registros de operaciones correspondientes a las instalaciones que contengan tales materiales nucleares (datos de explotación, calibración de tanques e instrumentos, control de la calidad de las mediciones, medidas en caso de pérdida accidental o no,...) (arts. 51 a 58)

SECCION IV. Transporte

Presenta verdadero riesgo el transporte a través del país, o el depósito en nuestro suelo, de material altamente radioactivo y contaminante que es producido en los países industrializados, y que generalmente se trata de desechos radioactivos muy peligrosos. Sin embargo, si esta situación se está dando en el país, lo desconocemos, dado que no hay información ni control al respecto.

Pese al devastador daño potencial que causaría un accidente nuclear, una gran cantidad de barcos aún transporta materiales radioactivos, como aquellos destinados a los reactores nucleares en todo el mundo, combustible nuclear quemado y basura radioactiva; también

transportan materiales nucleares especiales con los cuales se puede producir armamento nuclear.⁽¹⁸⁾ Debemos agregar el agravante de que si bien algunos barcos sí están contruidos para estos propósitos, otros barcos comunes también transportan estos materiales radioactivos, mezclándolos con alimentos y artículos diversos.

En el Canal de Panamá, transitan anualmente poco menos de diez barcos con un promedio de 60 a 90 toneladas de combustible nuclear quemado, conteniendo una radioactividad 45% mayor que la liberada en el accidente de Chernobyl de 1986. Estos barcos no pagan una sobretasa por su carga, ni tampoco pagan un seguro contra accidentes. El combustible nuclear quemado es un subproducto altamente radioactivo de los reactores nucleares y está constituido por radionucleidos muy tóxicos, algunos de los cuales seguirán siendo radioactivos por decenas de miles de años. Acumula radioisótopos a través del proceso de fusión en el reactor tornándose cada vez más radioactivo. Al ser quemado completamente es extremadamente peligroso. Los principales riesgos asociados al transporte de combustible nuclear quemado, son los incendios a bordo, las varaduras, los choques y los naufragios.

Un accidente en esta zona, haría de Panamá una región inhabitable por cientos de años, y **podría contaminar la región centroamericana**. Es por ello que aunque el transporte no se realiza directamente a través de nuestro territorio, sí debe importarnos lo que ocurre en nuestro vecino país. También sería importante tomar en cuenta los riesgos del posible transporte de material radioactivo por nuestro país, en caso de que llegara a cristalizarse un proyecto de "Canal Seco"; y sobre todo, establecer los controles adecuados.

Greenpeace ha pronosticado que el tránsito de navíos aumentará considerablemente a partir de 1992, cuando los subproductos del combustible nuclear reprocessado (como combustible quemado con uranio altamente enriquecido, basura nuclear de alto nivel en forma vitrificada, y plutonio altamente refinado) sean devueltos desde Europa a Japón a través del Canal de Panamá. Esta situación se da porque de Japón se manda combustible nuclear hacia Europa para que ahí sea reprocessado, extrayendo uranio y plutonio; pero la basura nuclear debe ser devuelta a Japón, porque así se ha fijado por contrato

Otra situación similar se ha presentado con la firma de una serie de contratos entre Estados Unidos y más de cuarenta países en los últimos cuarenta años, que consisten en lo siguiente : Estados Unidos proporciona combustible nuclear quemado con uranio altamente enriquecido para los reactores nucleares de investigación, pero exige la devolución del mismo para ser reprocessado con el fin de utilizarlo en la fabricación de armamento nuclear. Sin embargo, la ciudadanía de ese país se ha opuesto a que el combustible vuelva a ingresar. Mientras se resuelve esta oposición, una planta procesadora en Escocia está negociando con varios países la posibilidad de almacenar y reprocessar su combustible (el cual eventualmente

⁽¹⁸⁾ "Canal hazard warning sounded", Fiona Neill, *The Tico Times*, August 28, 1992, p.27, y *Centroamérica amenazada por transportes nucleares*, Greenpeace, folleto de 6 pp, 1991