

**UNIVERSIDAD DE VALPARAISO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS JURIDICAS Y SOCIALES**  
**ESCUELA DE DERECHO**

ENERGIA ATOMICA Y MEDIO AMBIENTE,  
LEGISLACION NACIONAL.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS JURIDICAS.

*RAUL ANTONIO ORELLANA PLACENCIA*

*ENERO DE 2003*

## INDICE

<b>Introducción</b>	1
<b>Capitulo I: Las Energías</b>	3
1.- La Energía	3
2.- Leyes de la Termodinámica	5
3.- Las Energías en el Medio Ambiente y la intervención del hombre; el caso Chileno	6
*Energía solar	6
- Usos posibles de la energía solar	8
- Energía solar en Chile	9
*Energía eólica	11
- La energía eólica en Chile	12
*Energía hidroeléctrica	13
- La energía Hidroeléctrica en Chile	14
*Energía geotérmica	15
- Energía geotérmica en Chile	16
*Otras energías	17
*Energía atómica	18
<b>Capitulo II: Nociones generales relativas a la energía nuclear</b>	19
1.- Breve historia de la Energía nuclear	19
2.- Concepto de Energía Nuclear	23
3.- Atomo	23
*Concepto	23
*Estructura	24
*Isótopo	25
*El número atómico y el número másico	25
4.- Fisión nuclear	26
5.- Fusión nuclear	27
6.- Radioactividad	29
*La radiación alfa	29
*La radiación beta	29
*La radiación gamma	30
*Los neutrones	30

*Radiactividad natural	30
*Radiactividad artificial	31
7.- Reactores nucleares	32
*¿Que es un reactor nuclear?	32
*Elementos de un reactor nuclear	33
*Tipos de reactores nucleares	35
*Seguridad en los reactores	38
- Sistemas de control	38
- Sistemas de contención	38
*Ciclo del combustible nuclear	39
8.- Ventajas y desventajas de la energía atómica	43
*Ventajas	43
- Agricultura y Alimentación	43
- Hidrología	45
- Medicina	46
- Medio ambiente	48
- Industria e Investigación	49
*Desventajas	51
- La catástrofe nuclear de Chernobyl	51
- Ataque a Hiroshima y Nagasaky	53
 Capitulo III: La Ciencia Nuclear en los distintos ámbitos del Derecho	 <b>55</b>
1.- Concepto de Ciencia Nuclear	55
2.- Relaciones de la Ciencia Nuclear y el Derecho	56
*Ciencia Nuclear y Derecho Constitucional	56
*Ciencia Nuclear y Derecho Civil	58
*Ciencia Nuclear y Derecho Penal	60
*Ciencia Nuclear y Derecho Internacional	61
*Ciencia Nuclear y Derecho Administrativo	62
3.- Derecho de la Energía Nuclear	63

Capitulo IV: Legislación nacional relativa a la energía atómica	<b>67</b>
1.- Normas Nacionales. Historia	67
2.- Cuerpos legales que contienen normas relativas a la Energía Atómica.	
Catastro	70
*Textos que inciden en materia atómica	70
- Constitución Política de la República de 1980	70
- Código de Minería	71
- Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras	73
- Ley 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente	73
*Textos que regulan la energía atómica	74
- Ley N° 16.319, que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear	74
- Ley N° 18.302, de Seguridad Nuclear	80
 Capitulo V: La energía nuclear y el medio ambiente	 <b>97</b>
1.- Medio ambiente y radioactividad	97
2.- Impacto positivo de la energía nuclear en el medio ambiente	100
*La descontaminación	100
*Trazadores	105
3.- Impacto Negativo de la Energía Nuclear en el Medio Ambiente	107
*Uso pacifico de la energía nuclear	108
*Uso bélico de la energía nuclear	113
4.- Derecho, Medio Ambiente y Energía Nuclear	120
5.- Normativa Nacional Relativa al Medio Ambiente	122
*Constitución Política de la República	122

*Ley de Bases Generales del Medio Ambiente	123
*Responsabilidad civil por daño nuclear	125
*Seguridad nuclear	126
- Reglamento número 3	126
- Reglamento número 12	127
- Reglamento número 87	129
- Reglamento número 133	131
*Competencias ambientales aplicables en materia de energía nuclear	132
- Generación, uso y transmisión	133
- Prevención y combate de la contaminación radiactiva	139
<b>Conclusión</b>	146
<b>Bibliografía</b>	150

## INTRODUCCION.-

¿Puede existir una relación entre conceptos tan diferentes como Medio Ambiente, Energía Atómica y Legislación?.

La pregunta es válida, toda vez que se trata de tres conceptos que provienen de tres ramas diferentes de la ciencia, como son, la Ecología, la Física Teórica y el Derecho. A primera vista éstas carecen de relación, sin embargo, un análisis mas profundo permite contestar categóricamente que Sí a la pregunta formulada.

La forma en que estos tres conceptos se entrelazan, e inciden unos en otros, es el objeto de la presente memoria.

El Medio Ambiente como sustento y medida de la vida, se ha visto expuesto desde los albores de la humanidad a cambios que se relacionan directamente con la evolución del ser humano. Estos cambios se han acrecentado desde la época de la Revolución industrial, considerando sobretodo, el salto tecnológico producido en el último siglo y medio, que sido abismante.

Uno de los cambios mencionados, y quizás,. El potencialmente mas devastador (en caso de conflicto nuclear), es el estudio y aplicación práctica de la Energía Atómica. Sin embargo, debemos reconocer, que el tema no es nuevo y ya siglos antes de Cristo los sabios griegos se develaban cuestionándose la constitución de la materia. Ahora bien, solo con la gran revolución

tecnológica de fines del siglo XIX y XX, se ha logrado desarrollar en forma exponencial el potencial de este tipo de energía.

Las aplicaciones de esta energía, tanto en el ámbito pacífico como en el bélico serán objeto de someros análisis en el devenir de este trabajo, lo que nos permitirá en definitiva apreciar la incidencia de la energía nuclear en el medio ambiente.

Las posibles consecuencias del uso de la energía atómica, son tan amplias y generales, que afectan al medio ambiente y, por ende, a todos los individuos de la sociedad. Es precisamente ésta característica, su generalidad, la que obliga a actuar al derecho, el cual, como rama del saber que tiene por fin el regular y fiscalizar hechos y situaciones que afecten a la sociedad (humanidad dirán algunos) de una forma global, tiene el deber de intervenir la actividad nuclear.

El objeto de esta memoria es, a mas de esclarecer las relaciones que estos tres conceptos tienen entre si, el permitir obtener una visión global del potencial de la energía atómica en nuestro país.

## **CAPITULO I: LAS ENERGÍAS.-**

### **1.- La Energía.-**

La energía es la fuerza vital de nuestra sociedad. De ella dependen la iluminación de interiores y exteriores, el calentamiento y refrigeración de nuestras casas, el transporte de personas y mercancías, la obtención de alimento y su preparación, el funcionamiento de las fábricas, etc.

Hace poco más de un siglo las principales fuentes de energía eran la fuerza de los animales y la de los hombres y el calor obtenido al quemar la madera. El ingenio humano también había desarrollado algunas máquinas con las que aprovechaba la fuerza hidráulica para moler los cereales o preparar el hierro en las herrerías, o la fuerza del viento en los barcos de vela o los molinos de viento. Pero la gran revolución vino con la máquina de vapor, y desde entonces, el gran desarrollo de la industria y la tecnología han cambiado, drásticamente las fuentes de energía que mueven la moderna sociedad.

En la actualidad, el desarrollo de un país está ligado, en gran medida, a un creciente consumo de energía de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural.

Desde el punto de vista de las ciencias naturales, la energía es la habilidad para causar cambio o producir trabajo. Cualquier cambio químico o físico va acompañado de un cambio en energía.

La Energía existe en varias formas, así tenemos la Energía Potencial, que es aquella energía que está asociada con la posición de un objeto en relación con un campo de fuerza, como por ejemplo, una pelota en lo alto de una escalera tiene una energía potencial debido a la posición de la pelota en relación con la fuerza de gravedad tirando la pelota hacia abajo. Si la pelota fuese soltada y dejada caer hacia el suelo, la energía potencial que posee se convertiría en energía cinética, es decir la energía del movimiento.

Hay muchas formas diferentes de energía: energía lumínica, energía calorífica, energía mecánica, energía nuclear, etc. Cada una de estas formas de energía puede convertirse en otras formas. La conversión de energía de una forma a otra está regida por las Leyes de la Termodinámica.

## **2.- Leyes de la Termodinámica.-<sup>1</sup>**

Un selecto grupo de ingenieros, químicos y físicos, allá por los albores de la Revolución Industrial, se dieron cuenta que para estudiar los

---

<sup>1</sup> [www.lafacu.com/apuntes/fisica/termodin\\_conc\\_entrop/default.htm](http://www.lafacu.com/apuntes/fisica/termodin_conc_entrop/default.htm)

procesos que ocurren con la materia era conveniente trabajar con nuevos conceptos. Se creó así una nueva ciencia, la termodinámica, que tiene un pie en la química y otro en la física. En poco más de un siglo, quedaron firmemente establecidas sus tres leyes, que hoy son de aplicación muy general.

1.- ley cero de la Termodinámica, nos señala que si un sistema está en equilibrio con otros dos, estos últimos, a su vez, también están en equilibrio. Cuando los sistemas pueden intercambiar calor, la ley cero postula que la temperatura es una variable de estado, y que la condición para que dos sistemas estén en equilibrio térmico es que se hallen a igual temperatura.

2.- La Primera Ley de Termodinámica, algunas veces conocida como la ley de conservación de energía, postula que la energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede ser convertida de una forma a otra. En otras palabras, la central motriz que da energía a una casa no está creando esta energía, más bien está simplemente recogiendo de otra fuente, por ejemplo, energía calorífica de combustibles fósiles quemados o energía consistente de luz del poder solar. La primera ley de termodinámica implica que el total de energía existente en el universo es constante.

3.- La Segunda Ley de Termodinámica es un poco más complicada y se relaciona con el concepto de entropía (el cual es una medida de dispersión de la energía). Esta postula que el total de entropía del universo siempre está en aumento. La segunda ley atañe a la conversión de energía ya que implica que con un cambio en la energía, la entropía (que es una medida de desorden), aumenta. Prácticamente esto significa que la energía tiende a fluir cuesta abajo, de fuentes de alto grado, como la de combustibles fósiles, hacia fuentes de bajo grado, tales como el calor. Los combustibles fósiles se quemarán para soltar energía calorífica ya que la entropía aumenta durante el proceso.

### **3.- Las Energías en el Medio Ambiente y la intervención del hombre; el caso Chileno.-**

Existen muchas formas en que la energía se manifiesta en el medio ambiente, y la aplicación que de las diversas manifestaciones se hace por parte del hombre son también múltiples, así tenemos a modo de ejemplo:

#### \*ENERGIA SOLAR:

"The sun shines not on us, but in us" - "El Sol no brilla sobre nosotros, sino dentro de nosotros" (John Muir)<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> [www.censolar.es/menu2.htm](http://www.censolar.es/menu2.htm)

Recibe el nombre de energía solar aquella que proviene del aprovechamiento directo de la radiación del sol, y de la cual se obtiene calor y electricidad. El calor se obtiene mediante colectores térmicos, y la electricidad a través de paneles fotovoltaicos.

La recogida natural de energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol, los océanos y la atmósfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por las turbinas modernas se llama energía hidroeléctrica.

Gracias al proceso de fotosíntesis, la energía solar contribuye al crecimiento de la vida vegetal (biomasa) que, junto con la madera y los combustibles fósiles que desde el punto de vista geológico derivan de plantas antiguas, puede ser utilizada como combustible.

Asimismo, los océanos representan un tipo natural de recogida de energía solar. Como resultado de su absorción por los océanos y por las corrientes oceánicas, se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones verticales alcanzan 20 °C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando hay

grandes masas a distintas temperaturas, los principios termodinámicos predicen que se puede crear un ciclo generador de energía que extrae energía de la masa con mayor temperatura y transferir una cantidad a la masa con temperatura menor. (2ª Ley de la Termodinámica)

El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme. Lo EE.UU., por ejemplo, reciben anualmente alrededor de 1500 veces sus demandas de energía total. En un día de sol de verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio sería más que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa por 24 horas.

- Usos posibles de la energía solar:

- Calefacción doméstica
- Refrigeración
- Calentamiento de agua
- Destilación
- Generación de energía
- Fotosíntesis
- Hornos solares
- Cocinas
- Evaporación
- Acondicionamiento de aire
- Control de heladas
- Secado

Se han ensayado todos los usos citados de la energía solar en escala de laboratorio, pero no se han llevado a la escala industrial. En muchos casos, el costo de la realización de estas operaciones con energía solar no pueden competir con el costo cuando se usan otras fuentes de energía por la gran inversión inicial que es necesaria para que funcionen con energía solar y por ello la mayor parte de los estudios de los problemas de utilización de esta energía esta relacionado con problemas económicos.

- Energía Solar en Chile:

En Chile<sup>3</sup>, la energía solar es utilizada preferentemente en la zona norte del país, en donde existe uno de los niveles de radiación más altos del mundo. De acuerdo a la información disponible en el archivo solarimétrico nacional elaborado por la Universidad Técnica Federico Santa María, las radiaciones solares diarias para las regiones del país son las siguientes:

<b>Región</b>	<b>Radiación Solar</b> <b>(Kcal/ (m<sup>2</sup>/día) )</b>
<b>I</b>	4.554
<b>II</b>	4.828
<b>III</b>	4.346

<sup>3</sup> Información extraída de [www.cne.cl](http://www.cne.cl), Comisión nacional de Energía, Gobierno de Chile.

<b>IV</b>	4.258
<b>V</b>	3.520
<b>VI</b>	3.676
<b>VII</b>	3.672
<b>VIII</b>	3.475
<b>IX</b>	3.076
<b>X</b>	2.626
<b>XI</b>	2.603
<b>XII</b>	2.107
<b>RM</b>	3.570
<b>Antártica</b>	1.563

Las evaluaciones de tales registros demuestran que el norte de Chile presenta condiciones extraordinariamente favorables para la utilización de la energía solar. Específicamente entre las regiones I y IV, el potencial de energía solar puede clasificarse entre los más elevados del mundo.

El desarrollo de la tecnología fotovoltaica en nuestro país puede ilustrarse con algunos ejemplos de aplicación masiva:

Aplicaciones efectuadas por empresas de telecomunicaciones. Aplicaciones en retransmisión de televisión en sectores aislados. Sistemas de iluminación de faros con paneles fotovoltaicos. Electrificación rural.

En el marco del Programa de Electrificación Rural, municipalidades, Gobiernos Regionales y particulares han instalado estos sistemas para alumbrado y electrificación de viviendas. Entre 1992 y 1999 se han instalado cerca de 2.500 soluciones individuales con sistemas fotovoltaicos, para abastecer de energía eléctrica a viviendas rurales, escuelas y postas.

Actualmente la Comisión Nacional de Energía, en conjunto con el Gobierno Regional de la IV región, está trabajando en el diseño de un proyecto que tiene como objetivo proveer a más de 6000 viviendas rurales dispersas en la IV región, con energía solar fotovoltaica.

#### \*ENERGIA EOLICA:<sup>4</sup>

La energía eólica se considera una forma indirecta de energía solar, puesto que el sol, al calentar las masas de aire, produce un incremento de la presión atmosférica y con ello el desplazamiento de estas masas a zonas de menor presión. Así se da origen a los vientos como un resultado de este movimiento, cuya energía cinética puede transformarse en energía útil, tanto mecánica como eléctrica.

Alrededor de un 1 a un 2 por ciento de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica. Esto supone una energía alrededor de 50 a 100

---

<sup>4</sup> [www.appa.es/dch/la\\_eolica.htm#hist](http://www.appa.es/dch/la_eolica.htm#hist)

veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la tierra.

El primer gran uso de la energía eólica fue en la navegación marítima, posteriormente se comenzaron a desarrollar los molinos de viento, primero en Persia y luego en otras partes del mundo, sobre todo en Europa, por ejemplo en Holanda. Pero el uso inicial de los molinos fue para bombear agua, moler, aserrar y otras faenas. Actualmente esos molinos son piezas de museo y aunque algunos todavía funcionan, lo que hoy frecuentemente vemos son unas modernas torres aerodinámicas que producen electricidad.

- La energía Eólica en Chile:<sup>5</sup>

A través de la Comisión Nacional de Energía se ha incentivado el uso de éste tipo de energía principalmente en áreas rurales.

Estas actividades han estado orientadas a evaluación de los recursos disponibles en algunas zonas del país, y a la ejecución de proyectos pilotos demostrativos utilizando esta tecnología. Entre estas actividades se encuentran:

1.- Elaboración de un mapa eólico en la Xª región, que permite evaluar la disponibilidad de uso de este recurso en estas zonas. Este mapa ha permitido elaborar una cartera de proyectos híbridos Eólico -

---

<sup>5</sup> Información extraída de [www.cne.cl](http://www.cne.cl), Comisión nacional de Energía, Gobierno de Chile

Diesel para abastecer a más de 3100 familias distribuidas en 31 islas del Archipiélago de Chiloé, Xª Región.

2.- Proyecto demostrativo en tres localidades rurales de la IXª región, Puaucho, Isla Nahuehuapi y Villa Las Araucarias, orientado a suministrar energía eléctrica a cerca de 26 familias rurales, tres escuelas, dos postas rurales y una iglesia. Todos los sistemas están compuestos por generadores eólicos, sistema de baterías, grupo generador bencinero de respaldo y red de distribución en 220 Volts.

3.- Proyectos demostrativos de Isla Tac y Bahía San Pedro, Xª Región, actualmente en construcción.

#### \*ENERGIA HIDROELECTRICA<sup>6</sup>:

Esta constituye el aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente.

La potencia obtenida a través de los recursos hidráulicos depende del volumen de agua que fluye por unidad de tiempo y de la altura de caída de ésta.

Una central hidroeléctrica es un conjunto de obras destinadas a convertir la energía cinética y potencial del agua, en energía utilizable como es la electricidad. Esta transformación se realiza a través de la acción que el agua ejerce sobre una turbina

---

<sup>6</sup> [www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/140EnHidro.htm](http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/140EnHidro.htm)

hidráulica, la que a su vez le entrega movimiento rotatorio a un generador eléctrico.

Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica que el mundo entero puede dar, sólo se cubriría el 15% de la energía total que consumimos. En realidad se está utilizando alrededor del 20% de este potencial, aunque en España y en general en los países desarrollados, el porcentaje de explotación llega a ser de más del 50%.

Desde el punto de vista ambiental la energía hidroeléctrica es una de las más limpias, aunque esto no quiere decir que sea totalmente inocua, porque los pantanos que hay que construir suponen un impacto importante.

- La energía Hidroeléctrica en Chile<sup>7</sup>:

En Chile, la energía Hidroeléctrica constituye la mayor proporción de generación eléctrica, abasteciendo a gran parte del país a través del Sistema Interconectado central, con un 60.5 % de su capacidad instalada.

También existe en Chile la utilización de la Energía Hídrica de forma no convencional, existen regiones del país que presentan favorables condiciones geográficas y climáticas que las transforman en un lugar privilegiado para el aprovechamiento de la energía hídrica. Muchos lugares cordilleranos en casi toda la

---

<sup>7</sup> Información extraída de [www.cne.cl](http://www.cne.cl), Comisión nacional de Energía, Gobierno de Chile

extensión de las zonas central y sur, áreas como Chiloé continental y zonas aisladas desde la VIII Región al sur, son especialmente adecuados para la instalación de múltiples centrales de pequeño tamaño.

Actualmente se contabilizan alrededor de 110 instalaciones de este tipo en el país, destinadas principalmente a la electrificación de viviendas y telecomunicaciones.

#### \*ENERGIA GEOTERMICA:

<sup>8</sup>En los últimos 30 años, la ciencia geofísica avanzó rápidamente creciendo a la par con nuestro conocimiento de la estructura del planeta. En particular la teoría de las placas tectónicas permitió saber porque ciertas regiones tienen una mayor actividad volcánica o sísmica que otras, perfeccionándose también las técnicas de exploración.

Las plantas geotérmicas aprovechan el calor generado por la tierra. A varios kilómetros de profundidad en tierras volcánicas los geólogos han encontrado cámaras magmáticas, con roca a varios cientos de grados centígrados. Además en algunos lugares se dan otras condiciones especiales como son capas rocosas porosas y capas rocosas impermeables que atrapan agua y vapor de agua a altas temperaturas y presión y que

---

<sup>8</sup> [www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/geoter/geoter.html](http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/geoter/geoter.html)

impiden que éstos salgan a la superficie. Si se combinan estas condiciones se produce un yacimiento geotérmico.

Una vez que se dispone de pozos de explotación se extrae el fluido geotérmico que consiste en una combinación de vapor, agua y otros materiales. Éste se conduce hacia la planta geotérmica donde debe ser tratado. Primero pasa por un separador de donde sale el vapor y la salmuera y líquidos de condensación y arrastre, que es una combinación de agua y materiales. Esta última se envía a pozos de reinyección para que no se agote el yacimiento geotérmico. El vapor continúa hacia las turbinas que con su rotación mueve un generador que produce energía eléctrica. Después de la turbina el vapor es condensado y enfriado en torres y lagunas.

- Energía Geotérmica En Chile<sup>9</sup>:

Chile es un país ubicado, íntegramente, en lo que se conoce como el "Cinturón de Fuego del Pacífico". Esta es una región de nuestro planeta que se caracteriza por su intensa actividad sísmica y por una amplia actividad volcánica. Esto último es, probablemente, el rasgo más común que se observa en la historia geológica del país en los últimos 130 millones de años.

A pesar de que la energía geotérmica es abundante a lo largo de todo el territorio nacional, aún no ha sido completamente explorada ni utilizada como

---

<sup>9</sup> Información extraída de [www.cne.cl](http://www.cne.cl), Comisión nacional de Energía, Gobierno de Chile

fuelle para generar energía eléctrica y sólo ha sido utilizada hasta ahora con fines medicinales y turísticos.

Un importante hito en el desarrollo de este tipo de energía en nuestro País, lo constituye la publicación, el 7 de enero de 2000, de la Ley 19.657, sobre Concesiones de Energía geotérmica, la cual establece un marco apropiado para regular e incentivar la participación privada en la exploración y explotación de la energía geotérmica.

\*OTRAS ENERGIAS<sup>10</sup>:

- Energía Biomasa:

La biomasa consiste en convertir la energía solar almacenada en plantas terrestres y acuáticas, residuos provenientes de la agricultura y desechos animales; en energía que se pueda utilizar para producir calor, electricidad, combustible y productos químicos básicos.

- Energía Maremotriz:

Es la relacionada con los movimientos de agua en el mar en forma de corrientes, olas y mareas.

La energía del oleaje o de las mareas puede accionar turbinas que transformarían ese recurso mecánico en electricidad. La construcción de compuertas en áreas

---

<sup>10</sup> Información extraída de [www.cne.cl](http://www.cne.cl), Comisión nacional de Energía, Gobierno de Chile

con mareas muy intensas permitiría represas gigantescos volúmenes de agua que, después, podrían liberarse a voluntad y aprovecharse de manera análoga a como sucede en los pantanos de los ríos.

\*ENERGÍA ATÓMICA:

Ésta es aquella que se libera como resultado de cualquier reacción nuclear. Puede obtenerse bien por fisión o por fusión. En las reacciones nucleares se libera mayor cantidad de energía que en las producidas en explosiones convencionales.

En 1945 se puede decir que comenzó trágicamente la "Era Nuclear" con la caída de las primeras bombas atómicas en las ciudades de Hiroshima y Nagasaki, pero afortunadamente el hombre ha logrado el uso pacífico de esta energía como por ejemplo en la Medicina, Agricultura y por sobre todo la generación de energía eléctrica.

## **CAPITULO II: NOCIONES GENERALES RELATIVAS A LA ENERGIA**

### **NUCLEAR.-**

#### **1.- Breve historia de la Energía nuclear.-**

Cinco siglos antes de Cristo, los filósofos griegos se preguntaban si la materia podía ser dividida indefinidamente o si llegaría a un punto que tales partículas fueran indivisibles. Es así, como Demócrito formula la teoría de que la materia se compone de partículas indivisibles, a las que llamó átomos (del griego *átomov*, indivisible y del latín *atōmum*)<sup>11</sup>.

En 1803 el químico inglés John Dalton propone una nueva teoría sobre la constitución de la materia. Según Dalton toda la materia se podía dividir en dos grandes grupos: los elementos y los compuestos. Los elementos estarían constituidos por unidades fundamentales, que en honor a Demócrito, Dalton denominó átomos. Los compuestos se constituirían de moléculas, cuya estructura viene dada por la unión de átomos en proporciones definidas y constantes. La teoría de Dalton seguía considerando el hecho de que los átomos eran partículas indivisibles.

Hacia finales del siglo XIX, se descubrió que los átomos no son indivisibles, pues se componen de varios tipos de partículas elementales. La primera en ser

---

<sup>11</sup> [www.monografias.com/trabajos/enuclear/enuclear.shtml](http://www.monografias.com/trabajos/enuclear/enuclear.shtml)

descubierta fue el electrón en el año 1897 por el investigador Sir Joseph Thomson, quién recibió el Premio Nobel de Física en 1906.

El núcleo del átomo se descubre gracias a los trabajos realizados en la Universidad de Manchester, bajo la dirección de Ernest Rutherford entre los años 1909 a 1911. El experimento utilizado consistía en dirigir un haz de partículas de cierta energía contra una plancha metálica delgada, de las probabilidades que tal barrera desviara la trayectoria de las partículas, se dedujo la distribución de la carga eléctrica al interior de los átomos.

El modelo de Rutherford sirvió de base para el modelo propuesto por su discípulo Neils Bohr, marcando el inicio del estudio del núcleo atómico, por lo que a Rutherford se le conoce como el padre de la era nuclear.

El físico danés Niels Bohr (Premio Nobel de Física 1922), postuló que los electrones giran a grandes velocidades alrededor del núcleo atómico. Los electrones se disponen en diversas órbitas circulares, las cuales determinan diferentes niveles de energía.

El modelo de Bohr funcionaba muy bien para el átomo de hidrógeno. En los espectros realizados para otros átomos se observaba que electrones de un mismo nivel energético tenían distinta energía. Algo andaba mal. La conclusión fue que dentro de un mismo nivel energético existían subniveles.

En 1916, Arnold Sommerfeld modifica el modelo atómico de Bohr, en el cual los electrones sólo giraban en órbitas circulares, al decir que también podían girar en órbitas elípticas. Todavía Chadwick no había descubierto los neutrones, por eso en el núcleo sólo se representan, los protones.

En 1932, James Chadwick descubrió un tercer tipo de partícula sub-atómica a la que llamó el neutrón. Los neutrones ayudan a estabilizar los protones en el núcleo del átomo. Ya que el núcleo es una masa tan compacta, los protones cargados positivamente tienden a rechazarse entre ellos. Los neutrones ayudan a reducir la repulsión entre los protones y estabilizan el núcleo atómico. Los neutrones siempre residen en el núcleo de los átomos y son aproximadamente del mismo tamaño que los protones. Sin embargo, los neutrones no tienen una carga eléctrica, más bien son eléctricamente neutrales.

En cuanto a la generación de energía atómica, hasta el año 1931 se conocían muchas reacciones nucleares; unas naturales, las de los cuerpos radioactivos, y otras artificiales, obtenidas con bombardeos atómicos; pero unas y otras consistían en la ganancia de una carga positiva en el núcleo, por emisión de un electrón, o en la emisión simultánea de dos protones y dos neutrones bajo la forma de núcleo de helio o partícula alfa. Por tanto no había escisión sino solo deterioro del núcleo.

En el año 1934, el físico italiano Enrique Fermi, ayudado de varios colaboradores, emprendió en Roma una serie sistemática de experimentos para averiguar lo que sucedía al bombardear con neutrones los núcleos de los diversos átomos de la serie periódica de los elementos. Al llegar al Uranio, obtuvo la formación de nuevos isótopos, todos ellos radioactivos y, por consiguiente inestables.

A partir de ésta fecha el avance en la ciencia nuclear se ve enlazada con el avance armamentista derivado de la tensión de entre guerras.

A través del proyecto Manhattan, Estados Unidos, con la colaboración de una gran cantidad de científicos, nacionales y extranjeros, entre los que se destacaban Oppenheimer, Lawrence, Arthur y Karl Compton, Szilard, Fermi, Bohr, James Franck y Edward Teller, logró en definitiva obtener una Bomba Atómica, que inicia la era de armamento atómico.

A partir de ésta fecha, y hasta el día de hoy, la utilización pacífica de la energía nuclear, especialmente con relación a la generación de energía, ha logrado que se realicen estudios y se obtengan resultados, especialmente en el ámbito de los reactores nucleares y protección atómica.

## 2.- Concepto de Energía Nuclear.-

El diccionario de la Real Academia Española de la lengua define a energía como "1. f. Eficacia, poder, virtud para obrar. 2. f. Fís. Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios. (Símb. E).", y energía nuclear como "la obtenida por la fusión o fisión de núcleos atómicos."<sup>12</sup>

## 3.- Atomo.-

### \*CONCEPTO:

<sup>13</sup>Es la porción más pequeña de la materia. El primero en utilizar este término fue Demócrito (filósofo griego, del año 500 a. de C., porque creía que todos los elementos estaban formados por pequeñas partículas INDIVISIBLES. Átomo, en griego, significa INDIVISIBLE.

Actualmente sabemos que los átomos están formados por partículas. El diccionario de la Real Academia Española de la lengua define al átomo como "1. m. Fís. y Quím. Cantidad menor de un elemento químico que tiene existencia propia y se consideró indivisible. Se compone de un núcleo, con protones y neutrones, y de electrones orbitales, en número característico para cada elemento químico. 2. m. Partícula material de pequeñez extremada. 3. m. Cosa muy pequeña."

---

<sup>12</sup> Diccionario de la Real Academia Española. Edición 2001. [www.rae.es](http://www.rae.es)

<sup>13</sup> [www.fortunecity.com/campus/dawson/196/atomo.htm](http://www.fortunecity.com/campus/dawson/196/atomo.htm)

\*ESTRUCTURA<sup>14</sup>:

La constitución básica del átomo, reconoce la existencia de partículas con carga eléctrica negativa, llamados electrones, los cuales giran en diversas "órbitas" o niveles de energía, alrededor de un núcleo central con carga eléctrica positiva. El núcleo lo componen los protones con carga eléctrica positiva, y los neutrones que no poseen carga eléctrica. El átomo en su conjunto y sin la presencia de perturbaciones externas es eléctricamente neutro.

ELECTRÓN

Es una partícula elemental con carga eléctrica negativa igual a  $1,602 \times 10^{-19}$  Coulomb y masa igual a  $9,1083 \times 10^{-28}$  g, que se encuentra formando parte de los átomos de todos los elementos

NEUTRÓN

Es una partícula elemental eléctricamente neutra y masa ligeramente superior a la del protón, que se encuentra formando parte de los átomos de todos los elementos

PROTÓN

Es una partícula elemental con carga eléctrica positiva igual a  $1,602 \times 10^{-19}$  Coulomb y cuya masa es 1837 veces mayor que la del electrón. La misma se encuentra formando parte de los átomos de todos los elementos

---

<sup>14</sup> [enciclopedia.us.es/wiki.phtml?title=%C1tomo](http://enciclopedia.us.es/wiki.phtml?title=%C1tomo)

\*ISOTOPO<sup>15</sup>:

Los átomos del mismo elemento pueden tener diferente número de neutrones; las diferentes versiones posibles de cada elemento son llamadas isótopos. Por ejemplo, el isótopo más común del hidrógeno no tiene ningún neutrón; también hay un isótopo del hidrógeno llamado deuterio, con un neutrón, y otro, tritio, con dos neutrones.

\*EL NÚMERO ATÓMICO Y EL NÚMERO MÁSCICO<sup>16</sup>.

El número de neutrones en cualquier átomo también puede variar. Dos átomos de un mismo elemento que contienen un número diferente de neutrones se denominan isótopos. Por ejemplo, normalmente el hidrógeno no contiene neutrones. Sin embargo, existe un isótopo del hidrógeno que contiene 1 neutrón (comúnmente llamado deuterio). El número atómico (Z) es el mismo en ambos isótopos, pero la masa atómica aumenta uno en el deuterio, a medida que el átomo se vuelve más pesado por el neutrón de más.

Si designamos por "X" a un elemento químico cualquiera, su número atómico (Z) y másico (A) se representa por la siguiente simbología: AZX

---

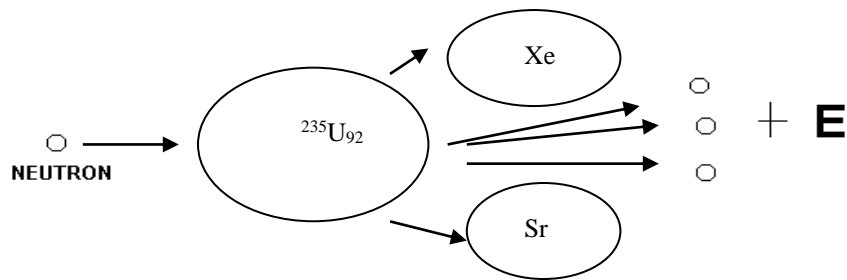
<sup>15</sup> [www.miexamen.com/Isotopos.htm](http://www.miexamen.com/Isotopos.htm)

<sup>16</sup> [atelier.uarte.mct.pt/fq/atomo/natomico.htm](http://atelier.uarte.mct.pt/fq/atomo/natomico.htm)

#### 4.- Fisión Nuclear<sup>17</sup>.-

La fisión nuclear es un proceso en el cual un núcleo atómico pesado, y por tanto inestable, se rompe para dar lugar a dos o más núcleos más ligeros, uno o más neutrones y una astronómica cantidad de energía, que se genera al desintegrarse una pequeña cantidad de masa en la reacción y viene dada por la ecuación de Einstein  $e = mc^2$ , donde  $m$  es la masa desintegrada y  $c$  la velocidad de la luz. Normalmente, la fisión de un núcleo se consigue mediante el bombardeo de éste con un neutrón.

Tenemos la esquematización de la siguiente reacción de fisión nuclear donde U es Uranio, Sr es Estroncio y Xe es Xenón.



<sup>17</sup> [www.cepb.una.py/nuclear/fusion.html](http://www.cepb.una.py/nuclear/fusion.html)

En esta reacción se producen dos nuevos núcleos, uno de Estroncio y otro de Xenon y tres neutrones, que pueden chocar con otros núcleos de Uranio, induciendo otros procesos de fisión nuclear. Así, se puede producir una reacción en cadena. Si la cantidad de Uranio existente es mayor o igual que la llamada masa crítica se produce una reacción en cadena autosostenida, ya que los neutrones liberados en una fisión provocan sucesivamente la fisión de nuevos núcleos atómicos de Uranio. Esta reacción en cadena ocurre de manera descontrolada en las bombas atómicas, y de forma controlada en los reactores de fisión nuclear que se usan para producir energía.

#### **5.- Fusión Nuclear<sup>18</sup>.-**

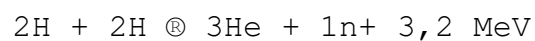
La fusión nuclear ocurre cuando dos núcleos atómicos muy livianos se unen, formando un núcleo atómico más pesado con mayor estabilidad. Estas reacciones liberan energías tan elevadas que en la actualidad se estudian formas adecuadas para mantener la estabilidad y confinamiento de las reacciones. La energía necesaria para lograr la unión de los núcleos se puede obtener utilizando energía térmica o bien utilizando aceleradores de partículas. Ambos métodos buscan que la velocidad de las partículas aumente para así vencer las fuerzas de

---

<sup>18</sup> Otto Oldenberg, Física Atómica y Nuclear, pg. 305-334

repulsión electrostáticas generadas al momento de la colisión necesaria para la fusión. Para obtener núcleos de átomos aislados, es decir, separados de su envoltura de electrones, se utilizan gases sobrecalentados que constituyen el denominado Plasma Físico. Este proceso es propio del Sol y las estrellas, pues se tratan de gigantescas estructuras de mezclas de gases calientes atrapadas por las fuerzas de gravedad estelar. El confinamiento de las partículas se logra utilizando un "Confinamiento Magnético", o bien un "Confinamiento Inercial". El Confinamiento Magnético aprovecha el hecho que el plasma está compuesto por partículas (núcleos) con carga eléctrica. Se sabe que si una de estas partículas interactúa con un Campo Magnético su trayectoria y velocidad cambian, quedando atrapadas por dicho Campo. El Confinamiento Inercial permite comprimir el plasma hasta obtener densidades de 200 a 1000 veces mayor que la de sólidos y líquidos. Cuando se logra la compresión deseada se eleva la temperatura del elemento, lo que facilita aún más el proceso de la fusión.

La fusión nuclear se puede representar por el siguiente esquema y relación de equilibrio:



## 6.- Radioactividad<sup>19</sup>.-

La radiactividad es una característica de ciertos elementos que se manifiesta en procesos o reacciones nucleares que van acompañados por la liberación de considerables cantidades de energía.

Cuando el núcleo atómico es inestable a causa del gran número de protones que posee (ocurre en los elementos más pesados, es decir con  $Z = 83$  o superior), la estabilidad es alcanzada, con frecuencia, emitiendo energía. La energía emitida son partículas con carga eléctrica u ondas electromagnéticas, que ionizan el medio que atraviesan. Una excepción lo constituye el neutrón, que no posee carga, pero ioniza la materia en forma indirecta.

En las desintegraciones radiactivas se tienen varios tipos de radiación: alfa, beta, gamma y neutrones<sup>20</sup>.

### \*LA RADIACIÓN ALFA:

Son partículas de carga positiva análoga a un núcleo de helio, produce una elevada ionización, tiene corto recorrido (2 cm en el aire). En su interacción con el cuerpo humano no son capaces de atravesar la piel.

### \*LA RADIACIÓN BETA:

Son electrones, es decir, partículas de carga negativa, presentan menor poder de ionización que la

---

<sup>19</sup> Otto Oldenberg, ob. Citada, pg. 239-250

<sup>20</sup> [www.imagenmedica.com.mx/tips/Radiaci%F3n%20Alfa,%20Beta%20y%20de%20Neutrones.htm](http://www.imagenmedica.com.mx/tips/Radiaci%F3n%20Alfa,%20Beta%20y%20de%20Neutrones.htm)

alfa, debido a su pequeña masa, tiene un recorrido de metros en el aire. En el cuerpo humano pueden llegar a sobrepasar la piel pero no sobrepasan el tejido subcutáneo.

\*LA RADIACIÓN GAMMA:

Es radiación electromagnética muy energética, tiene un poder de penetración mucho mayor que la radiación alfa y beta, puede atravesar el cuerpo humano. Se requiere de 1 m. de espesor de hormigón armado o pocos cm. de plomo para detenerla.

\*LOS NEUTRONES:

Proceden de reacciones de fisión o de reacciones nucleares con otras partículas. Pueden ser muy penetrantes debido a que no tienen carga, su mayor cualidad es la de producir elementos radiactivos al interaccionar con elementos estables.

La radioactividad se puede presentar como:

\*RADIATIVIDAD NATURAL:

El físico francés Henri Becquerel, en 1896, mientras investigaba con cuerpos fluorescentes - como el sulfato de uranio y el potasio-, halló una nueva propiedad de la materia como es su capacidad de emitir radiaciones. Este descubrimiento, al que luego Marie Curie llamó "radiactividad", se debía a que ciertos elementos tienen la propiedad de emitir radiaciones semejantes a los rayos X en forma espontánea. Tal

radiación era penetrante y provenía del cristal de uranio sobre el cual se investigaba.

La radiactividad del elemento no depende de la naturaleza física o química de los átomos que lo componen, sino que es una propiedad radicada en el interior mismo del átomo (propiedad intensiva o intrínseca de la materia). Es un fenómeno que se origina en el núcleo de los átomos radiactivos, el cual es inestable a causa del gran número de protones que posee o bien de la relación protón/neutrón y ocurre en elementos más pesados como el bismuto con  $Z = 83$  o superior. Para alcanzar la estabilidad puede emitir una partícula alfa, una partícula beta o una radiación gamma.

Marie y Pierre Curie al proseguir los estudios encontraron fuentes de radiación natural bastante más poderosas que el uranio original, entre estos el polonio y el radio. Hoy en día se conocen más de 40 elementos radiactivos naturales, que corresponden a los elementos más pesados. Por arriba del número atómico 83, todos los núcleos naturales son radiactivos.

#### \*RADIATIVIDAD ARTIFICIAL<sup>21</sup>:

Al bombardear diversos núcleos atómicos con partículas alfa de gran energía, se pueden transformar en un núcleo diferente y se transforma en un elemento que no existe en la naturaleza. Los esposos Irene Curie y

---

<sup>21</sup> [www.cepb.una.py/nuclear/radiactividad.html](http://www.cepb.una.py/nuclear/radiactividad.html)

Frédéric Joliot, experimentando con tales procesos descubren la radiactividad artificial, pues se percatan que al bombardear ciertos núcleos con partículas procedentes de fuentes radiactivas estos se vuelven radiactivos. Si la energía de las partículas es adecuada, entonces puede penetrar en el núcleo generando su inestabilidad y por ende, induciendo su desintegración radiactiva.

Desde el descubrimiento de los primeros elementos radiactivos artificiales, el hombre ha logrado en el tiempo obtener una gran cantidad de ellos. Es clave en este proceso la aparición de los llamados aceleradores de partículas y de los reactores nucleares. Estos últimos son fuente importante de neutrones que son utilizados para producir gran variedad de radioisótopos.

## **7.- Reactores Nucleares<sup>22</sup>.-**

\*¿QUE ES UN REACTOR NUCLEAR?:

<sup>23</sup>Es una instalación física donde se produce, mantiene y controla una reacción nuclear en cadena. Por lo tanto, en un reactor nuclear se utiliza un combustible adecuado que permita asegurar la normal producción de energía generada por las sucesivas fisiones. Algunos reactores pueden disipar el calor obtenido de las

---

<sup>22</sup> [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)

<sup>23</sup> [www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energia-Vs-Ambiente/nuclear.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energia-Vs-Ambiente/nuclear.htm)

fisiones, otros sin embargo utilizan el calor para producir energía eléctrica.

El primer reactor construido en el mundo fue operado en 1942, en dependencias de la Universidad de Chicago (USA), bajo la atenta dirección del famoso investigador Enrico Fermi. De ahí el nombre de "Pila de Fermi", como posteriormente se denominó a este reactor. Su estructura y composición eran básicas si se le compara con los reactores actuales existentes en el mundo, basando su confinamiento y seguridad en sólidas paredes de ladrillos de grafito.

#### \*ELEMENTOS DE UN REACTOR NUCLEAR:

Un reactor produce y controla la liberación de energía de los átomos, mediante la división del núcleo (fisión nuclear). En un reactor de potencia nuclear la energía liberada es usada para generar electricidad.

Se libera una gran cantidad de calor, el cual es transferido desde el núcleo vía el refrigerante que circula a través del reactor. El vapor se produce ya sea directamente en el refrigerante, o indirectamente vía transferencia de calor a un sistema de refrigeración secundario. Este vapor es utilizado para operar las turbinas que producen electricidad.

Encontramos los siguientes componentes Típicos:

Vasija a presión del reactor: En la mayoría de los reactores el combustible está contenido dentro de una vasija a presión. Sin embargo, en algunos diseños, las barras de combustibles están contenidas dentro de tubos a presión individuales.

Combustible: Generalmente pallets de óxido de Uranio enriquecido arreglados en barras de zirconio. (material anticorrosivo muy resistente). Las barras de combustibles generalmente son colocadas verticalmente.

Moderador: Usado para termalizar los neutrones rápidos producidos en el proceso de fisión, Esto permite que ellos sean capturados por otro núcleo de modo que el proceso de fisión continúe. El moderador puede estar en forma de un sólido, tales como grafito, o un líquido, tal como el agua.

Barras de Control: Hechas de material absorbente de neutrones, tales como cadmio o boro endurecidas con acero. Estas pueden ser movidas hacia adentro o hacia afuera del núcleo del reactor para controlar la tasa de su reacción o pararlo completamente.

Refrigerante: Líquido o gas que circula a través del reactor, removiendo el calor del núcleo.

Generador de Vapor: Parte del sistema de refrigeración. Este separa el vapor del refrigerante y lo dirige hacia las turbinas para generar electricidad.

Contención: Los reactores están contenidos dentro de una contención que actúa de blindaje contra las radiaciones y está diseñado para prevenir la liberación de radiactividad en el medio ambiente. La carencia de una contención es un diseño débil de algunos reactores soviéticos.

\*TIPOS DE REACTORES NUCLEARES<sup>24</sup>:

Existen diversas formas de clasificar a los reactores nucleares así encontramos:

Por un lado tenemos:

Según la velocidad de los neutrones que emergen de las reacciones de fisión. Se habla de reactores rápidos o bien reactores térmicos.

Según el combustible utilizado. Hay reactores de Uranio natural (la proporción de Uranio utilizado en el combustible es muy cercana a la que posee en la naturaleza), de Uranio enriquecido (se aumenta la proporción de Uranio en el combustible).

---

<sup>24</sup> [www.miexamen.com/Como%20funciona%20un%20reactor.htm](http://www.miexamen.com/Como%20funciona%20un%20reactor.htm)

Según el moderador utilizado. Se puede utilizar como moderador el agua ligera, el agua pesada o el grafito.

Según el refrigerante utilizado. Se utiliza como refrigerante el agua (ligera o pesada), un gas (anhídrido carbónico, aire), vapor de agua, sales u otros líquidos. Estos materiales pueden actuar en cierto tipo de reactores como refrigerante y moderador a la vez.

Por otro lado tenemos:

- a.- Los Reactores de Investigación.
- b.- Los Reactores de Potencia.

a.- Los Reactores de Investigación.

Utilizan los neutrones generados en la fisión para producir radioisótopos o bien para realizar diversos estudios en materiales.

b.- Los Reactores de Potencia.

Estos reactores utilizan el calor generado en la fisión para producir energía eléctrica, desalinización de agua de mar, calefacción, o bien para sistemas de propulsión.

Hay dos tipos de reactores de potencia de mayor uso en el mundo: el Reactor de Agua en Ebullición y el Reactor de Agua a Presión:

- a.- Reactor de Agua en Ebullición (BWR)

Ha sido desarrollado principalmente en Estados Unidos, Suecia y Alemania.

Utiliza agua natural purificada como moderador y refrigerante. Como combustible dispone de Uranio-238 enriquecido con Uranio-235, el cual como se sabe, facilita la generación de fisiones nucleares.

El calor generado por la reacciones en cadena se utiliza para hacer hervir el agua. El vapor producido se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico. El vapor que sale de la turbina pasa por un condensador, donde es transformado nuevamente en agua líquida. Posteriormente vuelve al reactor al ser impulsada por un bomba adecuada.

#### b.- Reactor de Agua a Presión (PWR)

Es ampliamente utilizado en Estados Unidos, Alemania, Francia y Japón.

El refrigerante es agua a gran presión. El moderador puede ser agua o bien grafito. Su combustible también es Uranio-238 enriquecido con Uranio-235. El reactor se basa en el principio de que el agua sometida a grandes presiones puede evaporarse sin llegar al punto de ebullición, es decir, a temperaturas mayores de 100 °C. El vapor se produce a unos 600 °C, el cual pasa a un intercambiador de calor donde es enfriado y condensado para volver en forma líquida al reactor. En el intercambio hay traspaso de calor a un circuito

secundario de agua. El agua del circuito secundario, producto del calor, produce vapor, que se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico.

\*SEGURIDAD EN LOS REACTORES:

- Sistemas de control:

Básicamente está constituido por las barras de control y por diversa instrumentación de monitoreo.

Las barras de control son accionadas por una serie de sistemas mecánicos, eléctricos u electrónicos, de tal manera de asegurar con rapidez la extinción de las reacciones nucleares.

La instrumentación de monitoreo se ubica en el interior o en el exterior del núcleo del reactor y su finalidad es mantener constante vigilancia de aquellos parámetros necesarios para la seguridad: presión, temperatura, nivel de radiación, etc..

- Sistemas de contención:

Constituido por una serie de barreras múltiples que impiden el escape de la radiación y de los productos radiactivos.

La primera barrera, en cierto tipo de reactores, es un material cerámico que recubre el Uranio utilizado como elemento combustible.

La segunda barrera es la estructura que contiene al Uranio, es decir, se trata de las barras de combustible.

La tercera barrera es la vasija que contiene el núcleo del reactor. En los reactores de potencia se denomina vasija de presión y se construye de un acero especial con un revestimiento interior de acero inoxidable.

La cuarta barrera lo constituye el edificio que alberga al reactor en su conjunto. Se conoce con el nombre de "Edificio de Contención" y se construye de hormigón armado de, a lo menos, 90 cm de espesor. Se utiliza para prevenir posibles escapes de productos radiactivos al exterior, resistir fuertes impactos internos o externos, soportar grandes variaciones de presión, soportar grandes terremotos y mantener una ligera depresión en su interior que asegure una entrada constante de aire desde el exterior, de tal forma de evitar cualquier escape de material activado.

#### \*CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR<sup>25</sup>:

El Ciclo del Combustible Nuclear son todos los procesos por los cuales se somete al Uranio desde que se extrae de la tierra hasta su utilización en el reactor y

---

<sup>25</sup> [www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Trabajos/enuclear2/PARTE1.htm](http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Trabajos/enuclear2/PARTE1.htm)

su posterior reelaboración o su almacenamiento como residuo. Consta de las siguientes etapas:

1.- Primera etapa de Minería y Concentración del Uranio:

En esta etapa se extrae el mineral y se separa el Uranio que contiene. Posteriormente se eliminan las impurezas que aún contiene el mineral de Uranio obtenido en el proceso de separación inicial. La concentración del mineral consiste en utilizar procesos físico-químicos para aumentar los contenidos de Uranio a valores superiores al 70%. En todo el proceso se utiliza Uranio natural cuya composición isotópica es de aproximadamente: 99% de Uranio-238, 0,7% de Uranio-235 y 0,006% de Uranio-234.

2.- Segunda etapa de Conversión y Enriquecimiento:

El Uranio concentrado se purifica por medio de sucesivos tratamientos en disoluciones y precipitaciones hasta que se convierte en un elemento llamado Hexafloruro de Uranio. Posteriormente el Hexafloruro de Uranio se enriquece, es decir, se aumenta la proporción de átomos de Uranio-235 con respecto al Uranio-238. Para ello se realiza una separación selectiva a nivel atómico, utilizando procesos de difusión gaseosa, ultracentrifugación, procesos aerodinámicos, intercambio químico o métodos de separación por láser.

3.- Tercera etapa de Fabricación de Elementos Combustibles:

El Uranio enriquecido se somete a presión y altas temperaturas para transformarlo en pequeños cuerpos cerámicos. Las pastillas cerámicas se colocan en el interior de unas varillas rellenas con un gas inerte. Las varillas se apilan en un tubo fabricado de una aleación de circonio, dando forma al llamado Elemento Combustible.

4.- Cuarta etapa de Uso del Combustible en un reactor:

Los Elementos Combustibles se introducen en el interior del reactor y forman parte del núcleo. El Uranio presente en los Elementos Combustibles genera las fisiones que activan al reactor y a medida que transcurre el tiempo se gasta, dejando como desecho los productos de fisión, por ejemplo el Plutonio.

En las centrales de potencia el combustible gastado se almacena temporalmente en la propia instalación, en una piscina especialmente adecuada para ello, lo que permite bajar la actividad de los productos de fisión de vida corta.

5.- Quinta etapa de Reelaboración:

Se sabe que en el combustible gastado se ha consumido sólo una pequeña fracción del Uranio que contiene. Se procede entonces a la reelaboración del combustible con el objeto de separar el Uranio que aún es

utilizable. En el proceso de reelaboración también se pueden aislar ciertas cantidades de Plutonio u otros productos de fisión, los cuales son de utilidad en el funcionamiento de algunos tipos de reactores. La reelaboración es compleja y demanda fuertes inversiones en plantas industriales de alta tecnología.

#### 6.- Sexta etapa de Almacenamiento de Residuos:

El almacenamiento de los residuos puede ser temporal o definitivo. El almacenamiento temporal supone, en algunos casos, el control y posterior reelaboración del combustible gastado. Si no es posible llevar a cabo la reelaboración el combustible gastado se almacena en forma definitiva.

Los residuos radiactivos se pueden clasificar según su origen, su forma (sólidos, líquidos, gaseosos), su nivel de radiactividad, por la vida media de los isótopos radiactivos que contienen (de vida larga, de vida corta), por la intensidad de las radiaciones que emiten, por su radiotoxicidad, o bien por sus necesidades de almacenamiento.

El almacenamiento definitivo generalmente se aplica a aquellos residuos de alta actividad y vida larga, y se puede realizar enterrándolos a distancias relativamente cortas respecto de la superficie terrestre (menos de 20 metros). También, se pueden almacenar en formaciones geológicas de mediana o gran profundidad (decenas a centenares de metros).

Es importante señalar, que el volumen de residuos radiactivos producidos por una central nuclear dependerá de las características de orden técnico del reactor que los produce. Es así como, los reactores de investigación poseen un núcleo pequeño con alta emisión de neutrones, generando cantidades de residuos bastante menores en comparación a los reactores de potencia.

## **8.- Ventajas Y Desventajas De La Energía Atómica<sup>26</sup> <sup>27</sup>.-**

### \*VENTAJAS:

Gracias al uso de reactores nucleares hoy, en día es posible obtener importantes cantidades de material radiactivo a bajo costo. Es así como desde finales de los años 40, se produce una expansión en el empleo pacífico de diversos tipos de Isótopos Radiactivos en diversas áreas del quehacer científico y productivo del hombre.

Estas áreas se pueden clasificar en:

#### - Agricultura y Alimentación

a) Control de Plagas.

Se sabe que algunos insectos pueden ser muy perjudiciales tanto para la calidad y productividad de cierto tipo de cosechas, como para la salud humana. En muchas regiones del planeta aún se les combate con la ayuda de gran variedad de productos químicos, muchos de

---

<sup>26</sup> [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)

<sup>27</sup> [members.es.tripod.de/elena2/introduccion.htm](http://members.es.tripod.de/elena2/introduccion.htm)

ellos cuestionados o prohibidos por los efectos nocivos que producen en el organismo humano. Sin embargo, con la tecnología nuclear es posible aplicar la llamada "Técnica de los Insectos Estériles (TIE)", que consiste en suministrar altas emisiones de radiación ionizante a un cierto grupo de insectos machos mantenidos en laboratorio. Luego los machos estériles se dejan en libertad para facilitar su apareamiento con los insectos hembra. No se produce, por ende, la necesaria descendencia. De este modo, luego de sucesivas y rigurosas repeticiones del proceso, es posible controlar y disminuir su población en una determinada región geográfica. En Chile, se ha aplicado con éxito la técnica TIE para el control de la mosca de la fruta, lo que ha permitido la expansión de sus exportaciones agrícolas.

b) Mutaciones.

La irradiación aplicada a semillas, después de importantes y rigurosos estudios, permite cambiar la información genética de ciertas variedades de plantas y vegetales de consumo humano. El objetivo de la técnica, es la obtención de nuevas variedades de especies con características particulares que permitan el aumento de su resistencia y productividad.

### c) Conservación de Alimentos.

En el mundo mueren cada año miles de personas como producto del hambre, por lo tanto, cada vez existe mayor preocupación por procurar un adecuado almacenamiento y mantención de los alimentos. Las radiaciones son utilizadas en muchos países para aumentar el período de conservación de muchos alimentos. Es importante señalar, que la técnica de irradiación no genera efectos secundarios en la salud humana, siendo capaz de reducir en forma considerable el número de organismos y microorganismos patógenos presentes en variados alimentos de consumo masivo.

La irradiación de alimentos es aplicada en Chile en una planta de irradiación multipropósito ubicada en el Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre, con una demanda que obliga a su funcionamiento ininterrumpido durante los 365 días del año.

### - Hidrología

Gracias al uso de las técnicas nucleares es posible desarrollar diversos estudios relacionados con recursos hídricos. En estudios de aguas superficiales es posible caracterizar y medir las corrientes de aguas lluvias y de nieve; caudales de ríos, fugas en embalses, lagos y canales y la dinámica de lagos y depósitos.

En estudios de aguas subterráneas es posible medir los caudales de las napas, identificar el origen de

las aguas subterráneas, su edad, velocidad, dirección, flujo, relación con aguas superficiales, conexiones entre acuíferos, porosidad y dispersión de acuíferos.

- Medicina

a) Vacunas.

Se han elaborado radiovacunas para combatir enfermedades parasitarias del ganado y que afectan la producción pecuaria en general. Los animales sometidos al tratamiento soportan durante un período más prolongado el peligro de reinfección siempre latente en su medio natural.

b) Medicina Nuclear.

Se ha extendido con gran rapidez el uso de radiaciones y de radioisótopos en medicina como agentes terapéuticos y de diagnóstico.

En el diagnóstico se utilizan radiofármacos para diversos estudios de:

Tiroides.

Hígado.

Riñón.

Metabolismo.

Circulación sanguínea.

Corazón.

Pulmón.

Trasto gastrointestinales.

En terapia médica con las técnicas nucleares se puede combatir ciertos tipos de cáncer. Con frecuencia se utilizan tratamientos en base a irradiaciones con rayos gamma provenientes de fuentes de Cobalto-60, así como también, esferas internas radiactivas, agujas e hilos de Cobalto radiactivo. Combinando el tratamiento con una adecuada y prematura detección del cáncer, se obtienen terapias con exitosos resultados.

c) Radioinmunoanálisis.

Se trata de un método y procedimiento de gran sensibilidad utilizado para realizar mediciones de hormonas, enzimas, virus de la hepatitis, ciertas proteínas del suero, fármacos y variadas sustancias.

El procedimiento consiste en tomar muestras de sangre del paciente, donde con posterioridad se añadirá algún radioisótopo específico, el cual permite obtener mediciones de gran precisión respecto de hormonas y otras sustancias de interés.

d) Radiofármacos.

Se administra al paciente un cierto tipo de fármaco radiactivo que permite estudiar, mediante imágenes bidimensionales (centelleografía) o tridimensionales (tomografía), el estado de diversos órganos del cuerpo humano.

De este modo se puede examinar el funcionamiento de la tiroides, el pulmón, el hígado y el riñón, así como el volumen y circulación sanguíneos. También, se utilizan radiofármacos como el Cromo - 51 para la exploración del bazo, el Selenio - 75 para el estudio del páncreas y el Cobalto - 57 para el diagnóstico de la anemia.

- Medio Ambiente

En esta área se utilizan técnicas nucleares para la detección y análisis de diversos contaminantes del medio ambiente. La técnica más conocida recibe el nombre de Análisis por Activación Neutrónica, basado en los trabajos desarrollados en 1936 por el científico húngaro J.G. Hevesy, Premio Nobel de Química en 1944. La técnica consiste en irradiar una muestra, de tal forma, de obtener a posteriori los espectros gamma que ella emite, para finalmente procesar la información con ayuda computacional. La información espectral identifica los elementos presentes en la muestra y las concentraciones de los mismos.

Una serie de estudios se han podido aplicar a diversos problemas de contaminación como las causadas por el bióxido de azufre, las descargas gaseosas a nivel del suelo, en derrames de petróleo, en desechos agrícolas, en contaminación de aguas y en el smog generado por las ciudades.

- Industria e Investigación

a) Trazadores.

Se elaboran sustancias radiactivas que son introducidas en un determinado proceso. Luego se detecta la trayectoria de la sustancia gracias a su emisión radiactiva, lo que permite investigar diversas variables propias del proceso. Entre otras variables, se puede determinar caudales de fluidos, filtraciones, velocidades en tuberías, dinámica del transporte de materiales, cambios de fase de líquido a gas, velocidad de desgaste de materiales, etc..

b) Instrumentación.

Son instrumentos radioisotópicos que permiten realizar mediciones sin contacto físico directo. Se utilizan indicadores de nivel, de espesor o bien de densidad.

c) Imágenes.

Es posible obtener imágenes de piezas con su estructura interna utilizando radiografías en base a rayos gamma o bien con un flujo de neutrones. Estas imágenes reciben el nombre de Gammagrafía y Neutrografía respectivamente, y son de gran utilidad en la industria como método no destructivo de control de calidad. Con

estos métodos se puede comprobar la calidad en soldaduras estructurales, en piezas metálicas fundidas, en piezas cerámicas, para análisis de humedad en materiales de construcción, etc..

d) Datación.

Se emplean técnicas isotópicas para determinar la edad en formaciones geológicas y arqueológicas. Una de las técnicas utiliza el Carbono-14, que consiste en determinar la cantidad de dicho isótopo contenida en un cuerpo orgánico. La radiactividad existente, debida a la presencia de Carbono-14, disminuye a la mitad cada 5730 años, por lo tanto, al medir con precisión su actividad se puede inferir la edad de la muestra.

e) Investigación.

Utilizando haces de neutrones generados por reactores, es posible llevar a cabo diversas investigaciones en el campo de las ciencias de los materiales. Por ejemplo, se puede obtener información respecto de estructuras cristalinas, defectos en sólidos, estudios de monocristales, distribuciones y concentraciones de elementos livianos en función de la profundidad en sólidos, etc..

En el ámbito de la biología, la introducción de compuestos radiactivos marcados ha permitido observar las actividades biológicas hasta en sus más mínimos detalles,

dando un gran impulso a los trabajos de carácter genético.

\*DESVENTAJAS:

La actual actividad energética, derivada de la energía atómica, tiene enormes impactos: lluvia ácida, contaminación de mares y suelos, destrucción de bosques, residuos radioactivos, el cambio climático global y el agotamiento de recursos no renovables.

La energía núcleo - eléctrica, representa una enorme amenaza para la salud humana y los ecosistemas. Sus riesgos e impactos se extienden desde la minería de Uranio, la fabricación de los combustibles nucleares, la propia operación de las plantas atómicas y la incesante generación de residuos altamente radioactivos.

Su vínculo con la industria de armamentos y sus problemas técnicos y económicos no resueltos hacen necesario un rápido abandono de la opción nuclear.

Algunas de las desventajas de la ENERGÍA ATÓMICA, se presentan a través de casos concretos, así:

- 1986. La catástrofe nuclear de Chernobyl<sup>28</sup>:

En Ucrania, a unos 100 kilómetros al sur de Kiev el 26 de abril de 1986 a la 1:23 hs. de (Moscú) el reactor numero 4 de la central nuclear de Chernobyl sufre

---

<sup>28</sup> [www.bbc.co.uk/spanish/seriesigloxx04a.shtml](http://www.bbc.co.uk/spanish/seriesigloxx04a.shtml)

el mayor accidente nuclear conocido en su tipo hasta el presente.

Solo 90 minutos después de haberse decidido reducir paulatinamente la potencia de generación para iniciar un test en el circuito refrigerador del reactor una suma de circunstancias atribuibles a fallas en los sistemas de control, la riesgosa desactivación del sistema de seguridad exigida por el test y la ineficaz actuación de los operadores ante la emergencia desatan la catástrofe.

A solo 2 minutos de haberse iniciado una incontrolada generación de vapor en el núcleo del reactor queda fuera de control, superando en 100 veces los máximos admitidos; estallan por sobrepresión los conductos de alimentación y la coraza protectora de grafito del núcleo produciéndose un pavoroso incendio y la expulsión al exterior de 8 toneladas de combustible radiactivo tras una doble explosión.

Las consecuencias de la catástrofe afectaron, en definitiva, a un área con casi 5 millones de habitantes. Las brigadas especializadas enfrentaron la heroica tarea de sofocar los incendios y neutralizar las fugas radiactivas, al menos 30 de sus integrantes murieron por exposición radiactiva letal.

- Ataque a Hiroshima y Nagasaki:

En agosto de 1939, el sabio Albert Einstein había escrito al presidente de Estados Unidos, advirtiéndole de que la desintegración nuclear en cadena podía producir una bomba atómica más devastadora que cualquiera de las armas hasta entonces conocidas. En un esfuerzo secreto con Canadá y Gran Bretaña, Roosevelt dió curso a un trabajo de investigación que cinco años más tarde culminaría con el lanzamiento de la bomba atómica sobre la población civil de Hiroshima.

El 6 de agosto despegaba rumbo a Hiroshima la primera formación de bombarderos B-29. Uno de ellos, el Enola Gay, piloteado por el coronel Paul Tibbets, llevaba la bomba atómica; otros dos aviones lo acompañaban en calidad de observadores. Súbitamente apareció sobre el cielo de Hiroshima el resplandor de una luz blanquecina rosada, acompañado de una trepidación monstruosa que fue seguida inmediatamente por un viento abrasador que barría cuanto hallaba a su paso. Las personas quedaban calcinadas por una ola de calor abrazador. Muchas personas murieron en el acto, otras yacían retorciéndose en el suelo, clamando en su agonía por el intolerable dolor de sus quemaduras. Quienes lograron escapar milagrosamente de las quemaduras de la onda expansiva, murieron a los veinte o treinta días como consecuencia de los mortales rayos gamma. Generaciones de japoneses debieron soportar malformaciones en sus nacimientos por

causa de la radiactividad. Unas cien mil personas murieron en el acto y un número no determinado de víctimas se fue sumando con el paso de los días y de los años por los efectos duraderos de la radiactividad.

El 9 de agosto otra bomba, esta vez de plutonio, caía sobre la población de Nagasaki. Los efectos fueron menos devastadores por la topografía del terreno pero 73.000 personas perdieron la vida y 60.000 resultaron heridas.

**CAPITULO III: LA CIENCIA NUCLEAR EN LOS DISTINTOS AMBITOS  
DEL DERECHO-.**

**1.- Concepto de ciencia nuclear.-**

Se define a la ciencia como el "conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales"<sup>29</sup>, y nuclear como "perteneciente o relativo al núcleo de los átomos"<sup>30</sup>.

El profesor de la rama de Física Teórica, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, don Igor Saavedra, quien obtuvo el Premio Nacional de Ciencias en el año 1982, nos dice que, "Al referirse a la Ciencia Nuclear, cabe hacerlo en relación a las posibilidades actuales y futuras de obtener energía a partir de fenómenos nucleares. Quizás sea importante tener presente este alcance pues es el tipo de problemas que deberemos enfrentar en el plano relativamente breve."<sup>31</sup>

Así, es posible definir la ciencia nuclear, como el conjunto de conocimientos relativos al núcleo de los átomos, y específicamente a la posibilidad de obtener energía a través de fenómenos nucleares, conocimientos que obtenidos mediante la observación y razonamiento y

---

<sup>29</sup> Diccionario de la Real Academia Española. Edición 2001. [www.rae.es](http://www.rae.es)

<sup>30</sup> Diccionario de la Real Academia Española. Edición 2001. [www.rae.es](http://www.rae.es)

<sup>31</sup> Cita extraída de la Memoria "Sistema Nuclear Internacional Descripción y Normativa", Raúl Leal Osorio, 1989. Universidad de Valparaíso.

sistemáticamente estructurados, permiten deducir principios y leyes generales a su respecto.

## **2.- Relaciones de la Ciencia Nuclear y el Derecho.-**

No debe parecer extraña la vinculación de la Ciencia Nuclear y la Ciencia del Derecho, toda vez que la ciencia nuclear constituye un nuevo y vasto campo de situaciones que el derecho debe regular.

No debemos olvidar que la obtención de energía a través de procesos nucleares controlados y demás fines pacíficos, constituyen una industria con características especiales que "en un lapso de tiempo no muy grande habrá de tener una aplicación generalizada e importante en orden a la satisfacción de determinadas necesidades colectivas"<sup>32</sup> lo que imponen una regulación expresa, lo anterior sin olvidar los usos bélicos que se le pueden dar a la energía atómica.

En un afán pedagógico distinguiremos las distintas ramas jurídicas y la forma en que cada una de ellas se vincula con la ciencia nuclear, así:

### \*Ciencia Nuclear y Derecho Constitucional:

El Derecho Constitucional, es aquella rama del derecho que regula la organización del estado, determina

---

<sup>32</sup> Lorenzo Martín-Retortillo, Energía Nuclear y Derecho.

las atribuciones del Gobierno y garantiza los derechos fundamentales.

El derecho constitucional, y dentro de éste, la Constitución, en su carácter de norma fundamental de regulación del estado, no contiene normas de carácter particular que puedan ser relacionadas con la ciencia nuclear, y así, solo es posible reconocer una vinculación entre ambas en temas generales.

Los elementos que son objeto de estudio de la ciencia nuclear, en cuanto puede incidir de manera negativa en la salud de las personas y el medio ambiente, vinculan a la ciencia nuclear con el derecho constitucional.

No existe duda que la actividad nuclear, en especial la radiación, genera una contaminación que no solo afecta a las personas sino al medio ambiente en general.

En Chile, esta vinculación aparece de manifiesto en los arts. 19 N° 8 y 9 de la Constitución Política del Estado de 1980, en donde se consagran el Derecho a vivir en un Medio Ambiente libre de contaminación y el Derecho a la protección de la Salud, respectivamente.

A saber, nos señala el artículo 19 N° 8 que, "La Constitución asegura a todas las personas: 8.° El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este

derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza.”

La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente.”

\*Ciencia Nuclear y Derecho Civil:

El Derecho Civil se puede definir como el derecho privado común y general. Es general por que rige las relaciones jurídicas ordinarias y mas generales del ser humano prescindiendo de cualquier otra circunstancia subjetiva, y es común por que regula todas las relaciones jurídicas que no están disciplinadas por otras ramas, y por que los principios que informan a esta disciplina también están informando a las demás ramas del derecho privado.<sup>33</sup>

La ciencia nuclear desarrolla actividades nucleares, tanto experimentales como efectivas, las cuales poseen un alto grado de peligrosidad, lo que se traduce en que el daño, de producirse, sea extenso.

Es precisamente en esta materia, o sea el de la responsabilidad por daños producidos por accidentes nucleares, en donde el derecho civil se vincula con la ciencia nuclear, como aparece de manifiesto en el Título V la ley 18.302, sobre seguridad nuclear.

---

<sup>33</sup> Apuntes de clases Derecho Civil I, Profesora Susana Bontá Medina, Universidad de Valparaíso. 1996

En dicho Título se consagra la responsabilidad civil por daños derivados de accidentes nucleares, que recaea en quien "haya asumido la calidad de explotador"<sup>34</sup>, en la correspondiente licencia o autorización dado por la comisión. Esta responsabilidad tiene el carácter de objetiva y limitada.

La responsabilidad será objetiva por cuanto basta la producción del daño, independiente de la concurrencia de dolo o culpa, para que el sujeto sea vea obligado a la indemnización.

Será limitada a un monto "equivalente en moneda nacional de la suma de 75 millones de dólares, moneda de Estados Unidos de América, el que se reajustará automáticamente en el porcentaje de la variación de los derechos Especiales de Giro del Fondo Monetario Internacional, entre la fecha de la ley y la del accidente nuclear."<sup>35</sup>

El rasgo de común del derecho civil se encuentra expresamente consagrado en el art 52 inc. 2° de la Ley 18.302, sobre Seguridad Nuclear, que señala "La responsabilidad civil de los terceros cuando hayan ejecutado tales hechos, se regirá por las reglas del derecho común".

---

<sup>34</sup> Art. 50 Ley 18.302

<sup>35</sup> Art. 60 Ley 18.302

\*Ciencia Nuclear y Derecho Penal:

El derecho penal puede ser definido como "la rama del derecho público nacional que se ocupa del delito, de la pena y del delincuente".<sup>36</sup>

Se puede definir el delito como una acción (u omisión) realizada por un sujeto, por negligencia o con intención positiva, acción descrita previamente por el legislador, y respecto de la cual existe coincidencia, en un tiempo y lugar determinado, de la necesidad de su sanción.

La ciencia nuclear, al tener como objeto de estudio al átomo y sus aplicaciones positivas y negativas, requiere un control legislativo que permita como ultima ratio la sanción de aquellas conductas que pongan en riesgo a la sociedad.

Lo anterior ha sido recogido por el legislador en diversos cuerpos legales, con carácter de tipos genéricos como específicos. En el primer caso encontramos el art. 291 del Código Penal que señala "los que propagaren indebidamente organismos, productos elementos o agentes químicos, virales, bacteriológicos, radiactivos, o de cualquier otro orden que por su naturaleza sean susceptibles de poner en peligro la salud animal o vegetal, o el abastecimiento de la población, serán penados con presidio menor en su grado máximo".

---

<sup>36</sup> Introducción a la vida cívica. Jaime Williams B. Y Antonio Dougnac R.. Editorial Universitaria. 1989

Como tipos específicos encontramos a un conjunto de delitos y sus sanciones consagrados en el Párrafo II, artículos 41 a 48, del Título IV de la Ley N° 18.302 de Seguridad Nuclear.

Dentro de las conductas delictivas tipificadas encontramos la producción de daño nuclear; la alarma pública infundada; la revelación de información clasificada; el robo o hurto de materiales radiactivos, entre otros.

\*Ciencia Nuclear y Derecho Internacional:

Según el profesor Santiago Benadava podemos definir al Derecho Internacional como " el orden jurídico de la comunidad de estados, o sea, el conjunto de reglas y principios jurídicos que rigen las relaciones entre los estados"<sup>37</sup>

El estudio de la ciencia nuclear, como se ha señalado, se refiere al átomo y todos sus usos, siendo su potencial muy vasto, lo que hace necesaria, y mas aún, imprescindible la colaboración internacional.

Esta colaboración se manifiesta en tratados y convenciones internacionales (principal fuente del Derecho Internacional) entre los cuales cabe destacar:

- a.** Acuerdo Relativo a la Explotación Conjunta de Minerales Radioactivos entre Chile y los Estados Unidos de América. (D.O. 12 Sep. 1957)

---

<sup>37</sup> Extraído de cátedra de ciencias sociales y humanísticas, Academia de Guerra Naval. [www.acanav.cl](http://www.acanav.cl)

- b.* Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe. Firmado en México el 27 de septiembre de 1967.
- c.* Convención de Viena sobre responsabilidad civil por daños nucleares de 21 de Mayo de 1963, ratificado por Chile mediante Decreto N° 18 de 8 de Enero de 1990. (D.O. 8 de Marzo de 1990)
- d.* Estatuto del Organismo Internacional de Energía Atómica. Firmado en Nueva York el 26 de octubre de 1956
- e.* Tratado sobre la no-proliferación de las armas nucleares. Washington el 10 de febrero de 1995.
- f.* Convención sobre seguridad nuclear. Firmada en Viena el 20 de octubre de 1994.

\*Ciencia Nuclear y Derecho Administrativo:

El Derecho Administrativo, puede ser definido como aquel que "regula el funcionamiento de la administración pública, las relaciones del Estado con sus funcionarios y el proceso de toma de decisiones mediante las cuales se concretiza la administración".<sup>38</sup>

La actividad nuclear, que puede ser encuadrada dentro del campo genérico de la actividad industrial, permite relacionar a ésta actividad con el estado a través de dos elementos, "en primer lugar, a la

---

<sup>38</sup> Extraído de [www.tilac.org](http://www.tilac.org)

actuación, a la asunción de actividades por los órganos públicos en el sector industrial, con objeto de crear un cuerpo de actuaciones y de resultados que supla la deficiencia de actuaciones privadas o que pueda ser el primer paso para un desarrollo posterior por parte de los particulares. (...) En segundo lugar, que en todo caso, pero de forma necesariamente significativa en el supuesto de actuación de sujetos particulares, se atribuyen a los órganos públicos importantes competencias de intervención, encaminadas a controlar y encauzar las actividades molestas o peligrosas y a defender, de esta forma, una serie de intereses jurídicamente necesitados de defensa: la seguridad, la salubridad, la pureza de los elementos, la misma vida humana y animal, etcétera.”<sup>39</sup>

En Chile, ésta relación se manifiesta en la existencia de una serie de normas que regulan a la actividad, desde la prospección, exploración y explotación minera de sustancias no concesibles, hasta la ejecución de actividades nucleares. Indudablemente es en éste ámbito donde asume una gran importancia la Ley 16.319 que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

### **3.- Derecho de la Energía Nuclear.-**

El problema que plantean las aplicaciones de la energía nuclear, ha llevado a algunos autores a sugerir

---

<sup>39</sup> Lorenzo Martín-Retortillo. Energía Nuclear y Derecho. Pág. 45 y 46

la existencia del Derecho Nuclear como rama independiente dentro del Universo Jurídico.

Para poder considerar un área del derecho como rama independiente, es necesario que ésta cuente con autonomía. La expresión autonomía lleva consigo la idea de gobierno por si mismo, independencia, lo que en materia jurídica, según lo señalado por don Emilio Langle<sup>40</sup> implica no pensar "en una autonomía completa, integral. Solo hay que hablar de autonomía relativa, puesto que siempre ha de existir estrecha conexión entre las varias ramas jurídicas".

Existen diversos métodos para determinar la autonomía de una rama jurídica, así para algunos la distinción responde a que cada rama trata de resaltarse o diferenciarse respecto de las otras por presentar un núcleo de principios que son comunes, engarzados entre sí conjuntamente por la posibilidad de una consideración sistemática de la materia.

Por otra parte un sector de la doctrina distingue tres clases de autonomía; la didáctica, la legislativa y la científica:

La didáctica, se da al nivel de las Universidades, o sea, una rama será autónoma en la medida que se imparta como ramo separada de las demás.

La Autonomía legislativa, se logra con la dictación de un ordenamiento positivo propio y orgánico,

---

<sup>40</sup> Cita extraída de la Memoria "Derecho Nuclear Legislación Chilena y Derecho Nuclear Internacional", Manuel Allendes P., 1985. Universidad de Valparaíso

debiendo por tanto existir un conjunto de leyes complementados con reglamentos y decretos que se refieran al tema.

En cuanto a la autonomía científica, se consigue cuando la doctrina da un tratamiento particular, con métodos propios de investigación y homogénea a una rama jurídica, independiente de si tiene o no autonomía legislativa.

En cuanto al primer tipo de autonomía, no existe aún completamente, sin perjuicio de la existencia de una serie de cursos tanto de pre, como de post grado que tratan ésta materia. La segunda y tercera clase de autonomías se encuentran plenamente justificadas, con la dictación de una serie de leyes y tratados internacionales que regulan la materia y una gran bibliografía, tanto nacional como internacional, relativos a ésta área.

Mas aun, nos encontramos con una gran cantidad de material emanado de las distintas organizaciones nacionales e internacionales que tienen por principal objeto a la energía atómica, tales como la Comisión Chilena de Energía Atómica, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), etc.

En opinión del profesor Fernando Fueyo "para reconocer la autonomía es necesario y suficiente que haya un conjunto de normas que respondan a principios propios,

homogéneos y originales que por sí formen un sistema dentro de un determinado campo".<sup>41</sup>

Creo que, sea considerando una u otra forma de ver la autonomía de una rama del derecho, el derecho de la energía nuclear ha logrado un alto grado de autonomía, permitiendo identificarla como un área medianamente definida del universo jurídico, que día a día va adquiriendo mas nitidez.

Lo anterior se confirma con las palabras de Henry Puget quien ya en el año 1958 señaló "asistimos hoy, con la energía atómica, a la eclosión de una disciplina jurídica que dentro de muy poco tiempo puede tener plena autonomía, pues nació rompiendo los moldes de figuras jurídicas consolidadas durante muchos años"<sup>42</sup>.

---

<sup>41</sup> Cita extraída de la Memoria "Derecho Nuclear Legislación Chilena y Derecho Nuclear Internacional", Manuel Allendes P., 1985. Universidad de Valparaíso

<sup>42</sup> Cita extraída de la Memoria "Derecho Nuclear Legislación Chilena y Derecho Nuclear Internacional", Manuel Allendes P., 1985. Universidad de Valparaíso

**CAPITULO IV: LEGISLACION NACIONAL RELATIVA A LA ENERGÍA  
ATÓMICA- .**

**1.- Normas nacionales. Historia.-**

La preocupación nacional respecto a la Energía Nuclear, se plasma en una serie de Decretos sectoriales, que concluyen con la dictación de la Ley de seguridad Nuclear.

En primer lugar encontramos el Decreto N° 379 de 22 de febrero de 1952, del Ministerio de Economía y Comercio, que declara como esenciales para el abastecimiento del país todos los minerales radioactivos ubicados en terrenos de cualquier dominio.

Posteriormente el 5 de Marzo de 1952, se dicta el Decreto N° 430, del Ministerio de Economía y Comercio, en donde, se crea el Comité Coordinador de Estudios sobre Minerales radioactivos, que entre sus funciones tenía la coordinación de los estudios sobre minerales radiactivos, e intervención en todo lo relativo a la distribución, venta, tránsito o exportación de dichos minerales. El mismo decreto establece la obligación, por parte de toda persona natural o jurídica, que poseyera materiales radioactivos en cualquier cantidad, de declarar dicha posesión al departamento de Minas y Petróleos.

Luego tenemos el Decreto N° 457, del Ministerio de Relaciones Exteriores, dictado con fecha 27 de Octubre

de 1955, el cual crea el Comité Consultivo de Energía Atómica, fijando su composición, indicando cuales eran sus fines inmediatos. Con el Decreto N° 306, del mismo Ministerio y de fecha 6 de Junio de 1958, se crea del Comité Permanente para los Asuntos Interamericanos de Energía Atómica, dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Le sigue el Decreto N° 432 de 16 de Abril de 1964, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción que crea la Comisión Nacional de Energía Nuclear, y se le otorga funciones de Investigación, de Asesoría, de Fomento y Prevención, respecto al uso pacífico de la Energía Nuclear. Esta comisión fue derogada por el art. 1° transitorio de la ley 16.319 de 23 de Octubre de 1965 que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Precisamente en el artículo 5° de la ley N° 16.319, hoy derogado por el art. 244 del Código de Minería por ser contraria e incompatible con los preceptos de dicho código, se establecía que el Estado se reserva para sí los yacimientos de materiales atómicos naturales que estuvieren en terrenos francos, o en aquellos descubiertos por pertenencias mineras de sustancias comprendidas en el art. 3° inc. 2° y siguientes del Código de Minería, cualquiera sea el dueño de éstos, siempre que no hubiere manifestación inscrita vigente al 30 de Junio de 1964

Siguiendo a través de la historia, ya en el año 1979, se estableció la reserva del Litio por parte del Estado con el D. L. 2886, reserva que se extendió a toda pertenencia, existente o futura.

En el año 1983 el Código de Minería, en concordancia con lo establecido en los arts. 3° y 15 de la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras publicado un año antes, señala que no es susceptible de concesión minera el Litio, estableciendo además que el estado tiene un derecho de primera opción de compra del Torio y Uranio.

El 02 de Mayo de 1984, se publica en el Diario Oficial, la Ley 18.302, Ley de Seguridad Nuclear, en razón de la importancia de la materia y "por exigirlo el interés nacional".

En el año 1994 se dicta la Ley 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que establece en su art. 10 los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, y que deben someterse al sistema de evaluación, sistema que se encuentra establecido en el art. 11 de la misma ley. En su letra d) el citado art. 10 señala como actividad susceptible de causar impacto ambiental a los "Reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas".

## **2.- Cuerpos legales que contienen normas relativas a la Energía Atómica.- Catastro.-**

El conjunto de textos legales que regulan a la Energía Nuclear y, que se encuentran vigentes actualmente, es muy variada.

En razón de esquematizar este catastro es que se distinguirá entre:

1. Textos que inciden en materia atómica, y;
2. Textos que regulan la Energía Atómica.

### \*TEXTOS QUE INCIDEN EN MATERIA ATÓMICA.

#### - Constitución Política de la República de 1980 (C.P.R.):

La C.P.R., como norma fundamental que tiene por finalidad la organización del estado, determinar las atribuciones del Gobierno y garantizar los derechos fundamentales, no contiene normas de carácter particular y así, encontramos algunas referencias a la energía atómica, básicamente, en relación con la protección del medio ambiente.

El capítulo III de la C.P.R., denominado de los Derechos y Deberes Constitucionales, consagra en el art. 19 N° 8 el Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, contaminación que puede provenir de distintas fuentes, entre ellas, la energía atómica. La protección de éste derecho se encuentra asegurado a

través de la Acción constitucional de Protección establecida en el art. 20 inc. 2º de la C.P.R..

En el mismo art. 19, se establece en su numeral 24, el derecho de propiedad sobre toda clase de bienes, señalando, sin embargo en su sexto inciso, que "El estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de todas las minas (...)", incluyendo dentro de éstas a las minas que contengan sustancias radioactivas susceptibles de generar energía atómica, lo anterior, en concordancia con lo dispuesto por el Código de Minas y la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, que se comentarán a continuación.

- Código de Minería (Ley 18.248, D.O. 14.10.83):

Las referencias a la energía atómica en éste texto legal, se encuentran limitadas a los elementos que sirven para de combustible atómico.

El art. 1º nos indica (en concordancia con lo señalado por la C.P.R.) que "El Estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de todas las minas (...)". El art. 7 nos indica que "No son susceptibles de concesión minera los hidrocarburos líquidos o gaseosos, el litio, los yacimientos de cualquier especie existentes en las aguas marítimas sometidas a la jurisdicción nacional (...)" haciendo referencia directa a un elemento radioactivo.

Desde el art. 9° al art. 11°, inclusive, se establece la regulación para el caso en que se constituya una "concesión minera sobre las sustancias concesibles de un yacimiento, aunque éste contenga también sustancias no concesibles", debiendo el productor comunicar al estado la existencia de las sustancias no concesibles.

El Estado podrá exigir a los productores la separación de los productos mineros para entregárselos o para enajenarla por cuenta de él, debiendo el Estado reembolsar los gastos en que haya incurrido el productor. De no cumplir con lo anterior, el art. 11 establece las sanciones a las que se puede ver sometido el productor.

Se señala a su vez que las referencias al Estado de este artículo se entenderán hechas a la Comisión Chilena de Energía Nuclear, tratándose del litio.

Respecto al Torio y Uranio, elementos radioactivos, el art. 10 señala que el Estado tiene el derecho de primera opción respecto a los productos mineros en que estos elementos tengan presencia significativa, derecho que deberá ejercer la Comisión Chilena de Energía Nuclear por cuenta del Estado. A mas de lo anterior, se establece en el art. 2° transitorio que "Dentro del plazo de ciento ochenta días, contado desde la fecha de publicación de este Código, sólo la Comisión Chilena de Energía Nuclear podrá presentar pedimentos y manifestaciones respecto de torio o uranio".

- Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras  
(Ley 18.097, D.O. 21.01.82):

Esta ley repite textual en su art 3° inc. 4°, lo que debe entenderse por sustancia mineral no concesible, con referencia al Litio, ya visto en le art. 7° del Código de Minería.

De importancia resulta que ésta ley, de publicación anterior al Código de Minería, declara en su art. 15 inc. 3° que tienen valor estratégico los productos minerales en los que el torio y el uranio tengan presencia significativa, teniendo el estado la primera opción de compra.

- Ley 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente  
(D.O. 09.03.94)

Esta ley consagra en su art. 1°, el Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, estableciendo diversos instrumentos de gestión ambiental que lo permitan cautelar.

En este contexto nos encontramos con el sistema de evaluación de impacto ambiental, regido en el párrafo 2° del Libro II de esta ley, que con relación al art. 10 letra e), del mismo cuerpo legal, impone a todo aquel que desee ejecutar o modificar "reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas" la obligación de desarrollar una evaluación de impacto ambiental previa.

Amplía esta obligación el art. 11 de la ley al señalar que requerirá "la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental" esta actividad (nuclear), dado el "Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos" (art. 11, letra a))

Es de competencia de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la región en que se realizarán las obras, conocer de las declaraciones de impacto ambiental o estudios de impacto ambiental, a menos, que se trate de un proyecto o actividad que pueda causar impactos ambientales en zonas situadas en distintas regiones o que existan dudas al respecto, la competencia será de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

\*TEXTOS QUE REGULAN LA ENERGÍA ATÓMICA.

- Ley N° 16.319, que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear

Esta ley, publicada en el Diario Oficial el 23 de octubre de 1965, consta de 4 títulos y dos artículos transitorios.

El objetivo principal de esta ley es la creación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, que según lo dispone el art. 1° transitorio será para todos los efectos legales la continuadora de la Comisión

nacional de Energía Nuclear establecida por decreto supremo 432, de 16 de Abril de 1964.

Esta Ley consta de 4 títulos y dos artículos transitorios. Los capítulos son:

I.- Nombre, naturaleza, domicilio, objeto y patrimonio;

II.- Control y reserva de materiales atómicos naturales;

III.- Organización y Administración; y,

IV.- Disposiciones generales.

Para efectos del análisis de la presente ley se distinguirán los siguientes tópicos:

(a) De la comisión, generalidades.-

(b) De la comisión Organización y atribuciones.-

(c) De la Energía Atómica y Materiales Atómicos.-

(d) Reglas Generales.-

(a) De la comisión, generalidades.-

La comisión Chile de Energía Nuclear, denominada genéricamente la Comisión, es una persona jurídica de derecho público con patrimonio propio. Como Organismo de administración autónoma se relaciona con el gobierno a través del Ministerio de Minería, y tiene su domicilio en la ciudad de Santiago.

Se rige por las disposiciones de la Ley 16.319, por sus reglamentos y por los reglamentos internos que dicte su Consejo.

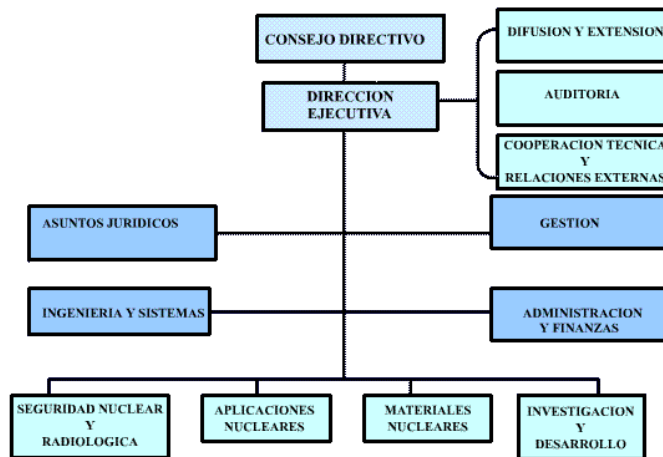
Se señala como su objeto el "atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica y de los materiales fértiles fisionables y radioactivos", siendo sus funciones, para llevar a cabo este objetivo, los siguientes:

- 1.- Asesorar al Gobierno en todo lo relativo a la energía nuclear;
- 2.- Elaborar y proponer planes de investigación, desarrollo, utilización y control de la energía nuclear;
- 3.- Ejecutar estos planes;
- 4.- Fomentar la exploración, explotación y beneficio de los materiales nucleares;
- 5.- Propiciar la enseñanza, investigación y difusión de la utilización de la energía nuclear;
- 6.- Colaborar con el Servicio Nacional de Salud en lo referente a los riesgos propios de la utilización de la energía nuclear.
- 7.-Ejercer el control de la producción, adquisición, transporte, importación y exportación, uso y manejo de los elementos fértiles, fisionables y radioactivos; y
- 8.- Elaboración de una memoria anual que deberá ser entregada a las Comisiones de Minería, Economía y Comercio e ambas ramas del Congreso.

Para poder cumplir con el objeto señalado previamente, la comisión cuenta con un patrimonio propio, formado por los aportes que se le asigne anualmente la

ley de presupuesto, frutos e intereses de bienes de la comisión, aportes que se les otorguen en conformidad a convenios internacionales, donaciones y herencias, etc.

(b) De la comisión Organización y atribuciones.-



La Comisión es dirigida y administrada por un Consejo Directivo integrado por siete miembros, todos designados por el Presidente de la República. El Presidente del Consejo Directivo es su representante directo, los demás miembros son propuestos por las siguientes autoridades y estamentos: Ministro de Minería, Ministro de Salud, Consejo de Rectores y Comandantes en Jefe de cada una de las ramas de la Fuerzas Armadas.

La dirección y administración de la Comisión corresponde a este Consejo Directivo, el que designa un Director Ejecutivo que administra la Comisión a través de una delegación de facultades que, para tales efectos, le otorga el Consejo Directivo.

Entre otras facultades se le permite: a) Adquirir, enajenar, gravar y administrar toda clase de bienes, especialmente materiales de interés nuclear; b) Aprobar anualmente el presupuesto y la planta de personal; etc.

La ley en comento, establece atribuciones y deberes fundamentales tanto del presidente de la Comisión en su art. 11°, como del Director Ejecutivo en el art. 12°.

Respecto al Presidente de la Comisión, posee la obligación de presidir las sesiones del Consejo Directivo, citar al Consejo a sesiones extraordinarias, y la proposición al presidente de la intervención de Chile en Organismos, Congresos o Comisiones relativas a la materia.

Por su parte, el Director Ejecutivo deberá asistir a las sesiones del Consejo Directivo; hacer cumplir y ejecutar los acuerdos del Consejo Directivo, siendo el representante judicial y extrajudicial de la Comisión, teniendo las facultades del inciso primero del art. 7° del Código de Procedimiento Civil, siendo necesaria autorización expresa del Consejo Directivo para aquellas enumeradas en el inciso segundo del mismo artículo.

(c) De la Energía Atómica y Materiales Atómicos.-

El art. 2º nos dice que se debe entender por energía atómica aquella generada por procesos o fenómenos nucleares, tales como la fisión y la fusión nuclear y la emisión de partículas y de radiaciones. Se entienden sinónimas las expresiones energía atómica y nuclear.

Señala a su vez que son materiales nucleares naturales el uranio y el torio y cualquier otro que determine la ley, y son materiales de interés nuclear, el zirconio, niobio, titanio, hafnio, berilio, cadmio, cobalto, litio. Agua pesada, helio, uranio, torio, gadolinio y cualquier otro que se determine por decreto supremo. Se le entrega al reglamento la definición de los otros conceptos de importancia, tales como materiales fértiles, fisiónable, fusiónable, radiactivos y otros.

El título II de la ley, establece que el control de la exploración, explotación y beneficio de materiales atómicos naturales, del comercio de estos materiales ya extraídos y sus concentrados, derivados y compuestos, y el acopio de materiales de interés nuclear solo puede realizarse por parte de la Comisión.

Solo podrá la Comisión producir energía nuclear con fines pacíficos, o a quien le hubiere otorgado licencia previa.

Los materiales atómicos naturales y el litio extraído, sus concentrados, derivados y compuestos, no podrán ser objeto de acto jurídico alguno, a menos que se

celebren o ejecuten por la Comisión, con ésta o con su autorización.

(d) Reglas Generales.-

Contempladas a partir del art. 13, indica, entre otras cosas que los funcionarios y el personal menor de la Comisión quedarán sometidos al régimen de previsión de la Caja Nacional de Empleados Públicos.

Se establecen excenciones de impuestos, derechos, gravámenes, contribución o tasa respecto a a) toda donación herencia o legado; b) enajenaciones o adquisiciones de materiales nucleares; c) Exportación de los mismos; y d) documentos en que consten los actos o contratos señalados. Mas aún, las donaciones no requerirán del trámite de las insinuaciones.

La comisión, según lo preceptuado en el art. 17°, quedará sujeta a la fiscalización de la Contraloría General de la República.

La Universidades reconocidas por el Estado, Universidad de Chile y Técnica del Estado, conservarán los derechos y atribuciones otorgados por las leyes vigentes, exepcto en lo concerniente a las funciones concedidas en el art. 3° de esta ley a la Comisión.

- Ley N° 18.302, de Seguridad Nuclear.

Fue publicada en el Diario Oficial con fecha 02 de Mayo de 1984, consta de 67 artículos, distribuidos en

6 títulos. Su última modificación es de 1 de Octubre de 2002 con la ley 19.825.

Los títulos de los que se compone son:

I De la Autoridad reguladora;

II Definiciones;

III De la seguridad nuclear;

IV De las Infracciones de las normas legales y reglamentarias sobre seguridad y protección nuclear;

V De la responsabilidad civil por daños nucleares;

VI De las instalaciones radiactivas.

Se realizará un análisis de los aspectos mas relevantes de la ley.

Ambito de aplicación, objeto y autoridad.

El ámbito de aplicación de ésta ley serán "todas las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear y con otras instalaciones y las sustancias nucleares y materiales radiactivos que se utilicen en ellas como de su transporte", y su objeto "la protección de la salud, la seguridad y el resguardo de las personas, los bienes y el medio ambiente y a la justa indemnización o compensación por los daños que dichas actividades provocaren; de prevenir la apropiación indebida y el uso ilícito de la energía, sustancias e instalaciones nucleares; y de asegurar el cumplimiento de

acuerdos o convenios internacionales sobre la materia que sea parte chile".

La autoridad encargada de la regulación, supervisión, control y fiscalización de las actividades indicadas será la Comisión Chilena de Energía Nuclear y el Ministerio de Minería en su caso. El Director Ejecutivo de la Comisión, será el encargado de cumplir y poner en ejecución los acuerdos adoptados por la Comisión.

#### Definiciones.

El art. 3 y 4 otorgan definiciones para una gran cantidad de conceptos, que unidos a los existentes en la Ley 16.319 y su reglamento, dan un glosario de términos jurídico - técnicos aplicables a esta materia.

Entre los conceptos mas destacables encontramos los de: a) Seguridad nuclear, se define como "el conjunto de normas, condiciones y prácticas que tienen por objeto la protección de las personas, los bienes y el medio ambiente, contra riesgos radiológicos derivados del uso de la energía nuclear, de los materiales radiactivos y de otras fuentes de radiaciones ionizantes".<sup>43</sup>; b) Desechos radiactivos son "cualquier material radiactivo obtenido durante el proceso de producción o utilización de combustibles nucleares, o cuya radiactividad se haya originado por la exposición a las radiaciones inherentes

---

<sup>43</sup> Art. 3º nº 2 Ley 18.302

a dicho proceso, y los radioisótopos que habiendo alcanzado la etapa final de su elaboración y pudiendo ser ya utilizados con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales, sean desechados.”<sup>44</sup>; Explotador de una instalación nuclear será “La persona natural o jurídica a cuyo nombre se otorga por la Comisión la autorización para explotar una instalación nuclear.”<sup>45</sup>; Autorización es la “licencia o permiso otorgado por la Comisión, a petición de un solicitante, para que éste pueda ejecutar actividades específicas, relativas a la energía nuclear, en instalaciones nucleares o con sustancias nucleares.”<sup>46</sup>; Accidente nuclear, será “cualquier hecho o sucesión de hechos que, teniendo un mismo origen, hayan causado daños nucleares”,<sup>47</sup> entendiéndose por tales “a) La pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales, somáticas, genéticas y síquicas que afecten a las personas, y los daños y perjuicios que se produzcan en los bienes como resultado directo o indirecto de las propiedades radiactivas o de la combinación de éstas con las propiedades tóxicas, explosivas u Otras propiedades peligrosas de los combustibles nucleares o de los productos o desechos radiactivos que se encuentren en una instalación o de las sustancias nucleares que procedan o se originen en ella o se envíen a ella. b) La pérdida de

---

<sup>44</sup> Art. 3º nº 6 Ley 18.302

<sup>45</sup> Art. 3º nº 11 Ley 18.302

<sup>46</sup> Art. 3º nº 12 Ley 18.302

<sup>47</sup> Art. 3º nº 13 Ley 18.302

vidas humanas, las lesiones corporales, somáticas, genéticas y síquicas que afecten a las personas, y los daños y perjuicios que se produzcan como resultado directo o indirecto de radiaciones ionizantes que emanen de cualquier otra fuente de radiaciones que se encuentren dentro de una instalación nuclear”<sup>48</sup>

De la seguridad nuclear, medidas, autorizaciones, inspecciones.

Para realizar cualquier actividad que implique la utilización de materias radiactivas, tales como ingreso o tránsito de sustancias nucleares, emplazamiento, construcción, puesta en servicio de instalaciones nucleares, será necesario contar con autorización emanada de la comisión. En el caso de centrales nucleares de potencia, plantas de enriquecimiento, plantas de reprocesamiento y los depósitos de almacenamiento permanente de desechos radioactivos necesitarán contar con autorización por decreto supremo expedido por el Ministerio de Minería.

Otorga gran importancia el legislador a la garantía constitucional de vivir en un medio ambiente libre de contaminación, imponiendo la obligación de que se considere especialmente ésta garantía al momento de otorgar una autorización.

---

<sup>48</sup> Art. 3º nº 14 Ley 18.302

Mas aún se establece, con relación a lo señalado precedentemente, que no se podrá autorizar el almacenamiento de desechos nucleares o radioactivos en territorio nacional, salvo que se produzcan u originen en el.

Dentro de las medidas de seguridad nuclear establecidas en la ley, artículos 5 a 12, encontramos:

- Corresponderá a la comisión determinar el número y otorgar autorización a las personas que deban trabajar en una instalación nuclear o radiactiva, quienes serán sometidos a exámenes físicos, psíquicos y profesionales. Los exámenes físicos serán realizados periódicamente cuando estas personas se encuentren expuestas a radiaciones ionizantes.
- Toda persona que trabaje en una instalación radioactiva o nuclear o con sustancias nucleares, deberá someterse a capacitación relativa a los riesgos que esto involucra y las medidas de seguridad que debe observar.
- Se establece un código de señales que permitan identificar a un objeto como radiactivo.
- Todo transporte de sustancias nucleares o materiales radioactivos, debe hacerse de la manera mas segura directa y rápida posible, debiendo la dirección nacional de aduanas darle preferencia.
- Es obligatorio para toda instalación radiactiva o nuclear contar con planes de emergencia, revisados y

aprobados por la comisión, para el evento de un accidente nuclear. También deberá contar con medidas de seguridad y medios de protección física para la prevención de daños que puedan derivarse de hurtos, robos o pérdidas de sustancias nucleares.

- Toda persona que, directa o indirectamente, tenga noticia de un accidente nuclear o anomalía en el funcionamiento de una instalación o equipo nuclear, o cualquier actividad relacionada, deberá ponerlas en conocimiento de la comisión en un plazo máximo de 24 horas. La misma obligación existe respecto a aquellas personas que tengan conocimiento de un abandono, pérdida, hurto o robo de sustancias nucleares o materiales radiactivos, o las encontraren.

#### Autorizaciones:

Las autorizaciones son otorgadas por la comisión. Contendrá la individualización de la persona o personas que en calidad de explotador asumen la responsabilidad por los daños nucleares que ellos produjeran, para lo cual se deberá indicar en la solicitud el nombre y domicilio del explotador.

Las autorizaciones así otorgadas solo habilitan para los actos, operaciones o instalaciones nucleares determinados en ellas mismas y a la persona o persona que las obtengan quienes no podrán invocarlas para otros sujetos.

No podrán revocarse, suspenderse o modificarse estas licencias, sino por causa prevista en el acto de su otorgamiento o por incumplimiento de las condiciones y exigencias impuestas por ella, la ley o los reglamentos. Tampoco podrán renunciarse anticipadamente, salvo que se otorguen, a juicio de la comisión, los resguardos y garantías necesarias y suficientes en cuanto al cierre definitivo y demás que señale el reglamento.

#### Inspecciones:

Corresponde a la comisión ejercer las facultades de supervisión, control, fiscalización e inspección de todas las actividades relacionadas con los usos de la energía nuclear, sustancias nucleares e instalaciones y material radiactivo.

Este cometido se hará a través de inspectores especializados perteneciente a la planta de su personal, los que deberán contar con título profesional universitario y estudios especializados o experiencias en materias de seguridad nuclear y radioprotección, así como salud física y mental compatible. En todo caso, se podrán designar inspectores temporales, que deberán contar con los requisitos ya vistos.

Los inspectores son funcionarios públicos y tendrán la calidad de ministros de fe en las actuaciones

que realicen en cumplimiento de su cometido, aún los temporales.

Se faculta a los inspectores a ingresar, en todo momento, a cualquier instalación, planta, centro, laboratorio, establecimiento o equipo nuclear, debiendo el explotador otorgar todas las facilidades. En caso de que los inspectores verifiquen hechos que puedan entrañar riesgos nucleares, deberán tomar las medidas necesarias para dar seguridad a las personas y el medio ambiente, para lo cual contarán con el auxilio de la fuerza pública, cuando fuere necesario, previa autorización escrita de la comisión.

#### Infracciones a la Seguridad Nuclear: competencia y procedimiento.

Serán de competencia de la comisión las infracciones a las normas legales y reglamentarias sobre seguridad y protección nuclear y radiológica, y el incumplimiento de las condiciones y exigencias de las autorizaciones que otorga o de las instrucciones y medidas que adopte.

Las sanciones que podrá imponer la comisión de acuerdo a lo dispuesto en el art. 34, son:

1.- Multa, a beneficio fiscal, por el valor de diez a diez mil unidades de fomento, según la gravedad de la infracción o incumplimiento.

2.- Suspensión de la autorización para cualquier actividad relacionada con la energía nuclear y los materiales nucleares, hasta por un año.

3.- Revocación definitiva de la autorización.

Las sanciones impuestas por acuerdo de la comisión se harán efectivas por el Director ejecutivo por medio de una resolución notificada personalmente al afectado, o en virtud del art. 44 del Código de procedimiento Civil, sin necesidad de certificar que el individuo se encuentra en el lugar o previa orden judicial. El domicilio será el señalado por el afectado en la licencia correspondiente.

En contra de la resolución que impone la sanción, se podrá reclamar ante la misma comisión dentro de los 5 días siguientes a la notificación. Se otorga un plazo de 8 días para acompañar y producir todas las pruebas que estime necesario rendir y hubiere ofrecido en su escrito. El reclamo debe quedar resuelto tan pronto la causa quede en estado de fallo o a mas tardar, dentro de tercero día.

Las notificaciones, que no requieran una forma especial, serán mediante carta certificada en donde se extractará la resolución que se pretende notificar.

La prueba se apreciará en conciencia, y no procederán los recursos de casación en la forma y el fondo.

Procede la apelación en contra de la sentencia que falle la reclamación, en el solo efecto devolutivo, dentro del plazo de 5 días desde la notificación de ésta. El tribunal competente será la Corte de Apelaciones de Santiago, se fallará en cuenta y sin esperar la comparecencia de las partes, salvo que estime conveniente traer los autos en relación o escuchar alegatos.

Requisito previo para conceder la apelación será la consignación, en la cuenta corriente de la Corte de Apelaciones de Santiago, del 20% de la multa aplicada o 10 UTM si la resolución no aplicare multa.

Una vez que la resolución que se pronuncie en el procedimiento quede ejecutoriada o cause ejecutoria, corresponderá a la comisión, a través del Director Ejecutivo, hacerla efectiva. Las multas deberán ser enteradas en arcas fiscales dentro de los 5 días siguientes de ejecutoriada la sentencia que impone la sanción, y se podrá apremiar al infractor con arresto hasta por dos meses, prudencialmente aplicado, pudiendo repetirse el apremio. Para el cumplimiento de las demás sanciones se podrá solicitar el auxilio de la fuerza pública. En todo caso la comisión está obligada a tomar todas las medidas necesarias tendientes a evitar los daños que puedan producir las sustancias y elementos nucleares.

El artículo 38 de esta ley, contiene una norma de remisión, que señala que en todo aquello no previsto

por esta ley se aplicarán las normas contenidas en el Libro I del Código de Procedimiento Civil, esto es, las disposiciones comunes a todo procedimiento.

Es necesario tener presente que las sanciones impuestas por la comisión, no obstan a que la licencia o autorización continúe vigente y el titular de ésta deba seguir cumpliendo con las normas legales, reglamentarias y de la autorización que lo obligan.

#### Delitos contra la Seguridad Nuclear.

Como hemos señalado en los capítulos anteriores, los efectos del uso de la energía nuclear, sin las medidas de seguridad adecuadas, pueden ser catastróficos.

Por esto el legislador se ha preocupado de establecer una serie de conductas con el carácter de delitos y cuasidelitos, que de otro modo, dado el principio de legalidad que informa al derecho en general, y especialmente, al derecho penal conocido con el aforismo Nullum crimen nulla poena sine lege (art. 19 n° 3 inc. 8°), solo podrían subsumirse en conductas típicas genéricas como la establecida en los arts. 246, 291, 314, 315 todos del Código Penal.

Las conductas sancionadas en la ley son:

- Ataque, daño o sabotaje de instalaciones, plantas, centros, laboratorios o establecimientos nucleares;

- Robo o hurto de sustancias nucleares o materiales radiactivos, o quien de cualquier manera los sustrajere o se apropiare de ellos ilícitamente. También se sanciona al que por descuido o negligencia inexcusable diere ocasión a que otro cometa el hurto, robo, sustracción o apropiación ilícitos.
- La revelación sin autorización, obtención ilícita o uso indebido de información calificada como reservada por el reglamento y relacionada con la producción, procesamiento, utilización o aplicación de la energía nuclear. También se sanciona al que por descuido o negligencia inexcusable permite que se produzcan algunas de las conductas indicadas.
- La provocación de alarma pública, divulgando noticias falsas de accidentes, riesgos o peligro debido a la producción, manejo o uso de la energía nuclear.
- Realización de actividades relativas al uso pacífico de la energía nuclear, sin la debida autorización, licencia o permiso de la comisión, y que constituyan peligro para la vida, o para los bienes o la integridad de las personas, o para los bienes, los recursos naturales o el medio ambiente.
- La amenaza de causar un daño nuclear con la finalidad de alterar el orden constitucional o la seguridad pública o de imponer exigencias o arrancar decisiones a la autoridad o intimidar a la población.
- El provocar un daño nuclear, por dolo o negligencia.

Señala finalmente la ley, respecto a esta materia, en su art. 48, que los efectos utilizados para la comisión de estos delitos que caigan en comiso pasarán a ser de propiedad de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

#### Responsabilidad civil por daños nucleares.

Esta materia se encuentra regulada desde el art. 49 a 66 en la ley en comento, distinguiéndose los siguientes ámbitos: a) De la Naturaleza de la Responsabilidad; b) De la persona responsable; c) De las excenciones de la responsabilidad; d) Del límite de responsabilidad; e) Del seguro o garantía financiera.

Se establece una responsabilidad de carácter objetiva y limitada, responsabilidad que corresponderá a:

a.- Cuando los daños sean producto de un accidente nuclear en una instalación, planta, centro, laboratorio o establecimiento nuclear: la persona que en la licencia o autorización otorgada por la comisión, hubiere asumido la calidad de explotador de ellas.

b.- Cuando los daños nucleares sean ocasionados por sustancias nucleares procedentes o que se originen en las instalaciones señaladas en la letra anterior: será responsable el respectivo explotador, siempre y cuando se den algunos de los supuestos establecidos en el art. 50 inc. 2.º,.

c.- Respecto a los daños producidos por sustancias nucleares enviadas a las instalaciones del explotador: será responsable éste siempre que hubiere asumido esta responsabilidad por escrito o se haya hecho cargo de estas sustancias o cuando estas hubieren ingresado al territorio nacional, si le son enviadas del extranjero.

d.- En el caso de los daños producidos por sustancias nucleares abandonadas, sustraídas, robadas, hurtadas o perdidas: será responsable el explotador de la instalación, planta, centro, establecimiento de la cual procedan.

e.- La responsabilidad de terceros, cuando ésta existiere, será determinada según las reglas generales establecidas por el derecho común.

f.- En caso de corresponder la responsabilidad a más de un explotador, y no pudiera determinarse la proporción de cada uno, serán solidariamente responsables del monto máximo de la indemnización.

g.- El daño producido durante el transporte de sustancias nucleares o materiales radiactivos: será de responsabilidad del transportista, considerado como explotador, si así se expresa en el acuerdo aprobado por la comisión. En todo caso será considerado explotador, todo transportista que utilice el espacio aéreo nacional, el mar territorial, el mar presencial y la zona económica exclusiva.

Como hemos señalado, la responsabilidad establecida en la ley es limitada, siendo su limitación la suma de 75 millones de dólares, moneda de Estados Unidos de América, el que se reajustará automáticamente en el porcentaje de la variación de los Derechos Especiales de Giro del Fondo Monetario Internacional, entre la fecha de la ley y la del accidente nuclear.

La regla general, en materia de responsabilidad, es que no se responde por el caso fortuito ni la fuerza mayor, sin embargo, la ley en su art. 56 coloca de cargo del explotador la responsabilidad por caso fortuito o fuerza mayor, salvo en el caso de que el daño se produjera por accidente nuclear derivado directamente de hostilidades de conflicto armado exterior, insurrección o guerra civil.

Los daños causados por los riesgos concretos o siniestros derivados de la industria nuclear, no tienen comparación en lo absoluto con los daños ocasionados por otro tipo de siniestros y por tanto los montos de las indemnizaciones hacen necesario que se contraten seguros o garantías por parte de los explotadores. Sin embargo, las compañías aseguradoras son reacias a incorporar en las pólizas tradicionales los riesgos derivados de la energía nuclear. Es por esto, que las legislaciones, entre ellas la nuestra, han establecido el seguro o garantía financiera obligatoria respecto de los explotadores de instalaciones nucleares, lo que ha

llevado a nivel mundial a enfrentar el problema de seguro a través de los "pools" de seguros, en que el riesgo se distribuye a través de distintos aseguradores o empresas de seguros.

El art. 62, establece que "todo explotador deberá caucionar su responsabilidad mediante la contratación de seguros o la constitución de garantías, por el límite máximo" ya señalado. Deberá el explotador someter a aprobación previa de la comisión las condiciones del seguro, la entidad aseguradora, o de las garantías en su caso. Solo acreditándose lo anterior se podrá obtener la autorización por parte del explotador.

Complementando lo anterior, se establece en el art. 65, que "cuando el explotador no pueda obtener, total o parcialmente, un seguro que cubra su responsabilidad, podrá solicitar la garantía del Estado, y éste podrá concederla, para la parte no cubierta del seguro o para su totalidad."

La acción para reclamar por los daños nucleares prescribirá en el plazo de 10 años, contados desde la fecha ocurrió o se denunció por un inspector el accidente nuclear.

Como excepción a la regla general, y dada la naturaleza del daño, el demandante podrá modificar su demanda, en razón de agravarse el daño producido, hasta antes de que se dicte la sentencia de segunda instancia, lo que se tramitará como incidente.

## **CAPITULO V: LA ENERGIA NUCLEAR Y EL MEDIO AMBIENTE.-**

### **1.- Medio Ambiente Y Radioactividad.-**

La energía nuclear, que ha desarrollado el hombre con gran celeridad durante los últimos 100 años, encuentra su origen en la radiactividad natural que proviene del espacio exterior, en lo que se conoce como radiación cósmica, y de la propia corteza terrestre.

La radiación cósmica varía con la latitud, siendo mayor en los polos que en el ecuador y con la altura ya que es mínima al nivel del mar y duplica su intensidad cada 1.500 metros de altura. La radiación terrestre procede de elementos radiactivos de la composición geológica de la tierra.<sup>49</sup>

El termino radiación cósmica es muy amplio e incluye las partículas primarias energéticas de origen extraterrestre que interaccionan con la atmósfera de la Tierra (rayos cósmicos primarios) y las partículas secundarias que se generan por dicha interacción con los componentes de la atmósfera (rayos cósmicos secundarios). También hay que tener en cuenta los llamados radionucleidos cosmogénicos.<sup>50</sup>

La radiación cósmica primaria galáctica consiste fundamentalmente en un bombardeo de protones y una menor proporción de núcleos de Helio (partículas

---

<sup>49</sup> [www.gea-es.org/sitio\\_redrad\\_cont.html](http://www.gea-es.org/sitio_redrad_cont.html)

alfa), electrones y núcleos más pesados, lo que se suma a enormes cantidades de protones y partículas alfa que llegan a la Tierra desde el sol y que reciben el nombre de rayos cósmicos solares o viento solar.

La radiación cósmica primaria galáctica al incidir con los núcleos que forman la atmósfera producen reacciones que originan otros núcleos y que a su vez producen nuevas reacciones con la formación de otras partículas como piones, mesones, kaones, etc., en una cascada de partículas, en lo que se conoce como rayos cósmicos secundarios.<sup>51</sup>

Como consecuencia de la radiación cósmica secundaria con los núcleos de los átomos de los elementos que se encuentran en la atmósfera, se produce una serie de radionucleidos inducidos a los que se denominan cosmogénicos, y que se encuentran tanto en la superficie de la Tierra como en la atmósfera.<sup>52</sup>

La radiactividad natural, presente en la tierra, como se ha dicho en el segundo capítulo, se presenta cuando el núcleo atómico es inestable a causa del gran número de protones que posee, la estabilidad es alcanzada, con frecuencia, emitiendo energía. La energía emitida son partículas con carga eléctrica u ondas electromagnéticas, que ionizan el medio que atraviesan.

En la corteza terrestre existen 68 isótopos radiactivos. Los más importantes son el potasio -40 (<sup>40</sup>K),

---

<sup>50</sup> Alberto Virto, [www.astrored.org](http://www.astrored.org)

<sup>51</sup> [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec\\_9.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec_9.htm)

el rubidio -87 ( $^{87}\text{Rb}$ ) y aquellos que integran las tres cadenas naturales: serie del uranio -235 ( $^{235}\text{U}$ ) compuesta por 17 radioisótopos, serie del uranio -238 ( $^{238}\text{U}$ ) compuesta por 19 radioisótopos y serie del torio -232 ( $^{232}\text{Th}$ ) compuesta por 12 radioisótopos.<sup>53</sup>

El 88% de la dosis radiactiva efectiva recibida por un individuo promedio procede de fuentes naturales. Del 12% correspondiente a fuentes artificiales, el 94,5% son consecuencias de aplicaciones médicas (diagnóstico y terapia) y sólo 5,5% ocasionadas por otras fuentes (lluvia radiactiva, centrales nucleares, industrias no nucleares, bienes de consumo, ocupacional).

Ese 88% de radiación natural recibida por los seres humanos, y que se libera al medio ambiente, se manifiesta en diversas actividades, tales como, la extracción de minerales radiactivos y actividades industriales como la extracción de petróleo y gas donde se concentran "ciertos isótopos del radio en aguas de formación bajo la forma de sales de calcio, bario y estroncio y la presencia en cuencas gasíferas del gas radón-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) que suele concentrarse, posteriormente, en las fracciones de etano y propano".<sup>54</sup>

Cada elemento radiactivo tiene su propia vida. Algunas partículas sólo son activas durante periodos de tiempo muy cortos mientras que otras, como el uranio 235, se mantienen activas durante miles de millones de años.

---

<sup>52</sup> [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec\\_9.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec_9.htm)

<sup>53</sup> <http://www.ecoportal.net/articulos/radianat.htm>

En el transcurso de este tiempo y en sucesivas desintegraciones, los elementos inestables se transforman en otros, para terminar convirtiéndose en elementos estables. De este modo el uranio 235 se transforma en radón antes de convertirse en plomo. Cada paso se produce a un ritmo determinado. A este ritmo se lo llama semivida. Cuando ha transcurrido una semivida, la cantidad de sustancia radiactiva se reduce a la mitad y así sucesivamente.

La semivida del uranio 235 es 4.000 millones de años; la del radio 226 es 1.600 años; y la del radón 222 es 4 días.

## **2.- Impacto Positivo De La Energía Nuclear En El Medio**

### **Ambiente.-**

No obstante los daños potenciales y catastróficos que generaría el uso indebido de la energía atómica a nivel mundial, no es menos cierto que su uso pacífico otorga beneficios al medio ambiente.

Estos beneficios se manifiestan en aspectos tales como:

#### **\*LA DESCONTAMINACION:**

La comunidad mundial<sup>55</sup> comienza a comprender que ninguna fuente energética está libre de riesgos y que al elegir las fuentes de energía debemos tomar en cuenta los

---

<sup>54</sup> [www.miexamen.com/Isotopos.htm](http://www.miexamen.com/Isotopos.htm)

<sup>55</sup> OIEA, división de Información Pública, en [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)

factores medioambientales. Es preciso reducir los riesgos que el aumento de la dependencia de los combustibles sólidos entraña, como el efecto de invernadero, la contaminación del aire, el deterioro de la capa de ozono y la acidificación del medio ambiente.

Al fin de reducir los riesgos, se necesita aumentar la eficiencia energética y orientarse hacia fuentes de energía cuya emisión de gases de invernadero sea menor.

El informe de 1990 del Grupo Intergubernamental sobre cambios climáticos estima que la utilización de energía es causante de un 46% de las emisiones anuales de gas de invernadero, y predice un aumento de esta cifra de 65%.

Ese Grupo Intergubernamental también concluye que para estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> en sus niveles actuales es preciso reducir en más de un 60% las actuales liberaciones anuales de CO<sub>2</sub>.

Los países de la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) son responsables de un 45% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>, de un 49% de las emisiones mundiales de SO<sub>2</sub> y de un 50% de las emisiones de NO<sub>x</sub>, relacionadas todas ellas con la actividad humana. Cada año se añaden a la atmósfera unas 20.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. El aporte de sulfuros es de unas 65 millones de toneladas al año.

Si la electricidad que en el mundo se genera actualmente con energía nuclear se hubiese en cambio generado con carbón, las emisiones totales de CO<sup>2</sup> habrían sido superiores en aproximadamente un 9%.

La energía nucleoelectrónica añade un 0,1% a los niveles de las radiaciones naturales, mientras que el carbón añade un 25% al dióxido de carbono natural y entraña una multiplicación por 10 del dióxido de azufre, de acuerdo con el Foro Nuclear Británico.

Veinticuatro países generan electricidad en el mundo en centrales nucleares. Existen actualmente en el mundo 437 centrales nucleares que generan electricidad. Otras 36 centrales nucleares están en construcción.

Casi la mitad de esos países produce más de un tercio de su electricidad con energía nuclear y en algunos la parte correspondiente a la energía nuclear fluctúa entre un 50% y un 70%.

A las centrales corresponde cerca de un 17% de la producción total de electricidad en el mundo.

La energía nuclear ha desempeñado un papel importante para reducir en las últimas dos décadas en el mundo la utilización de petróleo para generar electricidad. Sobre la base de una evaluación de todos los combustibles (carbón, petróleo y gas natural) que se habrían utilizado de 1973 a 1989 para generar electricidad si las centrales nucleares no se hubiesen construido, la energía nuclear evitó la combustión de un

total acumulativo de 15 500 millones de barriles de petróleo en el mundo entero. En 1989 el petróleo generó en el mundo menos de un 10% de toda la electricidad, mientras que en 1973 generó más de un 25%.

De acuerdo con un estudio hecho por Science Concepts, Inc. para el USCEA, una central nuclear podría generar un kilowatio-hora de electricidad durante 30 años a un costo nivelado (promedio) de 4,3 centavos. Este costo resultaría competitivo frente al de la electricidad generada con carbón (4,8 centavos), sería un 30% inferior al costo de la electricidad generada con gas (6,1 centavos) y un 47% más bajo que el de la electricidad generada con petróleo (8,1 centavos).

Una central nuclear típica produce anualmente unas 30 toneladas de combustible usado lo que no representa una cantidad grande. En los Estados Unidos, por ejemplo, las centrales nucleares producen anualmente apenas unas 3000 toneladas de combustible usado, en comparación con 300 millones de toneladas de desechos químicos que en su mayoría siguen siendo eternamente peligrosos, a diferencia de los desechos nucleares que pierden lentamente su radiactividad.

Un ejemplo claro se da en Europa donde la energía nuclear, genera un tercio de la energía eléctrica que se produce en la Unión Europea, evitando así, la emisión de 700 millones de toneladas de CO<sup>2</sup> por año a la atmósfera. Esta cifra equivale a que todos los coches que

circulan por Europa, unos 200 millones, se retiren de las calles.

A escala mundial, en 1.996, se evitó la emisión de 2,33 billones de toneladas de CO<sup>2</sup> a la atmósfera, gracias a la energía nuclear.

**CONSUMOS Y RESIDUOS DE URANIO, CARBÓN Y FUEL-OIL**

**PARA UNA CENTRAL TIPO 1.000 MW**

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>CARBÓN</b>	<b>FUEL-OIL</b>	<b>NUCLEAR</b>
Consumo medio por Kw/hora	380 gr.	230 gr.	4,12 mg. Uranio
Consumo Anual	2,5 millones de toneladas	1,52 millones de toneladas	27,2 toneladas
Transporte anual	66 barcos de 35.000 toneladas o 23.000 vagones de 100 toneladas	5 petroleros de 300.000 toneladas + oleoductos	3 ó 4 camiones
CO <sub>2</sub> , millones de toneladas	7,8	4,7	cero
SO <sub>2</sub> , toneladas	39.800	91.000	cero
NO <sub>2</sub> , toneladas	9.450	6.400	cero
Cenizas de	6.000	1.650	cero

filtros, toneladas			
Escorias, toneladas	69.000	Despreciables	cero
Cenizas volantes, toneladas	377.000	cero	cero
Radiación: gases, Curios/año	0,02-6	0,001	1,85
Radiación: líquido, Curios/año	cero	cero	0,1
Radiación: sólidos	despreciable	cero	13,5 m <sup>3</sup> , (alta) 493 m <sup>3</sup> , (media y baja)

\*TRAZADORES:

Los Trazadores corresponden a isótopos radiactivos y estables, que son ideales para determinar en forma exacta las cantidades de sustancias contaminantes y los lugares donde se presentan, de igual forma permiten conocer las causas de la contaminación.

Por otra parte la aplicación de radiotrazadores permite determinar, tiempos de residencia; caudales o velocidades de fluidos en ductos industriales y en corrientes naturales como ríos o canales; lugares de filtración o bloqueos en sistemas de tuberías enterradas; filtraciones en embalses y estanques; velocidades de aguas subterráneas; etc.

Las posibilidades de detectar contaminantes en cantidades muy pequeñas y observar su movimiento, hace que los isótopos sean un medio ideal para estudiar el desplazamiento de las sustancias contaminantes, tanto en el aire como en el suelo.

En Hidrología e Hidrogeología permiten, en casos favorables, la determinación de áreas de recarga, altura de la recarga, origen de las aguas que aportan a una cuenca, causas de la salinización y mecanismos de recarga, evapotranspiración en la zona no saturada y el balance hídrico de reservorios superficiales, como lagos, diques y embalses. Asimismo, en los campos geotérmicos tienen utilidad como geotermómetros, indicadores del origen de la recarga, así como la diferenciación entre aguas meteóricas y juveniles.

Los recursos hídricos juegan un papel fundamental en el desarrollo de las ciudades y en las actividades industriales, mineras y agrícolas en la zona árida del Norte de Chile. Las aguas subterráneas son el componente principal de los recursos hídricos en esta

región. El uso racional de las aguas subterráneas requiere de una evaluación del balance hídrico del acuífero de manera que la extracción no comprometa el recurso a largo plazo. Uno de los componentes principales del balance hídrico es la cantidad de recarga al acuífero. El otro componente es el tiempo de residencia del agua subterránea que tiene implicaciones para la extracción y protección del recurso subterráneo. Los isótopos ambientales son una de las herramientas que se ha usado en los estudios de recursos hídricos en el norte de Chile.

### **3.- Impacto Negativo de la Energía Nuclear en el Medio Ambiente.-**

La energía nuclear, desde su producción hasta el almacenamiento de sus residuos, supone la exposición a una serie de peligros, que de materializarse en daños efectivos, supondrían graves y permanentes perjuicios al medio ambiente y la vida humana que se prolongarían por generaciones.

El uso pacífico de la energía nuclear, a través de la utilización de materiales radiactivos en centrales nucleares, isótopos como trazadores, la lluvia radiactiva, y los desechos nucleares, constituye una amenaza efectiva al medio ambiente. En cuanto al uso

bélico de la energía nuclear ésta supone por si misma un impacto negativo en el medio ambiente.

Así nos encontramos:

\*USO PACIFICO DE LA ENERGÍA NUCLEAR:

La basura radiactiva es uno de los mayores peligros que ofrece la industria nuclear. La polémica sobre el destino de aquella ha resurgido con especial virulencia en los últimos tiempos. La fisión del uranio 235 origina calor, y de este calor se obtiene energía eléctrica. Pero además de calor se producen residuos inevitables, algunos con baja o media radiactividad, y otros con muy alta radiactividad. De estos residuos, dos de ellos, el uranio y el plutonio son recuperados: el primero como nuevo combustible, el segundo para la fabricación de bombas atómicas. Todos los demás residuos, quedan como basuras a desechar sumamente peligrosas.

Por ejemplo, el zirconio 93, que forma el 6,5% de estas basuras y que tiene una vida media de cinco millones de años; el cesio 135 (6,4%) la tiene de tres millones de años; el tecnecio 99 (6,1%) quinientos mil años, el rubidio 87, que forma el 2,5% de los residuos radiactivos, pierde la mitad de su actividad al cabo de sesenta millones de años. Se necesitan aproximadamente trescientos años para que la radiactividad de un curio (unidad de medida para la radiactividad) de estroncio 90 o cesio 137 descienda a un milicurio. Los residuos de alta actividad que produce una tonelada de combustible

irradiado incluyen unos cien mil curios de cada uno de ellos. Un reactor de mil produce al menos, veinticinco toneladas de combustible irradiado cada año. Multiplíquense estas cifras por el número de reactores actualmente en actividad, en construcción o en proyecto, y el panorama resulta estremecedor.

Durante todo el ciclo del combustible nuclear, los materiales implicados comparten una propiedad común: todos ellos están sometidos a algún grado de radiactividad. Por lo tanto, hay que añadir, a todos los desechos anteriores una gran cantidad de materiales sólidos que quedan contaminados con radiactividad en el transcurso de las operaciones diarias; trapos de piso, toallas de papel, guantes, vidrios rotos de las muestras de laboratorio.

Nicholas Lenssen<sup>56</sup> nos señala al respecto "Imagine que después de un salto de mil años en el tiempo, usted se encuentra en una misteriosa zona prohibida, cuajada de cúpulas de cemento y envuelta en alambradas herrumbradas. Esas instalaciones abandonadas estarían vigiladas por una especie de cofradía, cuyos integrantes impedirían a todo el mundo el acceso a esos lugares peligrosos. Así podría concluir la historia de unos 500 reactores nucleares civiles construidos en la segunda mitad del siglo xx."

---

<sup>56</sup> [http://www.unesco.org/courier/1999\\_03/sp/planete/txt1.htm](http://www.unesco.org/courier/1999_03/sp/planete/txt1.htm)

Lo anterior lo advertía en 1990 François Chevenier, director del Organismo de Gestión de los Desechos Radiactivos de Francia al señalar que "Sería irresponsable de nuestra parte disfrutar de electricidad gracias a la energía nuclear y dejar que las generaciones siguientes se las arreglen con los desechos".<sup>57</sup>

Otra amenaza al medio ambiente lo constituyen los satélites militares con material nuclear, puestos en órbita durante los últimos 40 años.

Entre 1961 y 1988, EE UU y la URSS colocaron en órbita de la Tierra decenas de satélites militares alimentados por reactores nucleares o por pilas de plutonio. En 1988 se lanzó el último, pero ahora hay más de 50 satélites agotados con carga nuclear dando vueltas al planeta y descontrolados, que irán cayendo al suelo o al mar en los próximos años. "Hay unos mil kilos de combustible nuclear en órbita y unos 1.600 kilos de material radiactivo de los reactores",<sup>58</sup> dice Miguel Belló-Mora, del Grupo Asesor de Basura Espacial de la Agencia Europea del Espacio (ESA).

Nueve de los 56 satélites nucleares que están actualmente en órbita son estadounidenses (el último fue lanzado en 1976) y el resto, de la antigua URSS. Sólo dos son artefactos de telecomunicaciones, los demás son satélites espías de observación de la Tierra, casi todos dotados de cámaras ópticas o infrarrojas para ver de

---

<sup>57</sup> [http://www.unesco.org/courier/1999\\_03/sp/planete/txt1.htm](http://www.unesco.org/courier/1999_03/sp/planete/txt1.htm)

<sup>58</sup> [www.deimos-space.com/Eng/articles/elpais\\_15\\_07\\_2001.html](http://www.deimos-space.com/Eng/articles/elpais_15_07_2001.html)

noche y a través de las nubes. Son 31 sistemas con reactores nucleares, cada uno con 31 kilos de uranio 235, el resto llevan generadores de radio isótopos -pilas nucleares- con plutonio o polonio.

“Se utilizaron reactores y generadores nucleares porque estos satélites tenían tecnologías primitivas que exigían mucha energía, y que los antiguos paneles solares no podían suministrar”, explica Belló-Mora. “En 1988, la ONU sacó una reglamentación prohibiendo colocar en órbita nada que pueda causar problemas en 300 años”.

Todos estos satélites nucleares fueron situados en el espacio a unos 900 kilómetros de altura sobre la superficie de la Tierra, en órbitas polares con una leve inclinación respecto al eje de rotación terrestre, de manera que sobrevuelan todos los rincones del planeta excepto unas reducidas áreas en los casquetes polares. Los reactores, al ir blindados, no se destruyen al reeentrar en la atmósfera. La Agencia Internacional para la Energía Atómica (AIEA) tiene diseñados planes de emergencia e instrucciones para actuar en caso de reentradas no controladas de satélites con energía nuclear.

Desde su puesta en órbita, estos satélites han ido perdiendo altura y se calcula que la mayoría caerán en el plazo de 20 años. Como sobrevuelan toda la Tierra, pueden caer en cualquier lugar, pero hay que tener en

cuenta que dos terceras partes de la superficie del planeta son agua y que la población está muy concentrada en determinadas áreas, por lo que el riesgo de que estos artefactos causen daños importantes o víctimas no son muy grandes.

La lluvia radiactiva se encuentra muy relacionada con éstos satélites, toda vez que ya han sucedido hechos en el pasado, de reingresos con graves consecuencias para el medio ambiente. De las siete reentradas de equipos en órbita consideradas peligrosas que ha habido hasta el momento, en tres de ellas el riesgo se debía a la carga nuclear. En enero de 1978 se produjo el peor de estos accidentes de caída, cuando reentró en la atmósfera el satélite soviético Cosmos 954, con un generador nuclear que no se quemó al entrar en contacto con el aire. El artefacto generó una estela de lluvia radiactiva del 2.000 kilómetros de longitud en el norte de Canadá, recuerda Belló-Mora, ingeniero espacial de la empresa Deimos Space. Tras el accidente, los soviéticos recogieron el reactor y descontaminaron la zona.

Otro satélite del mismo tipo, el Cosmos 1402, cayó en el Atlántico en enero de 1983, y el Cosmos 1900 sufrió un accidente en una maniobra de aparcamiento del satélite en una órbita segura y se produjo la reentrada del mismo en septiembre de 1988.

Junto a estos tres casos, completan la lista de las siete reentradas de riesgo -por la masa del artefacto, no por radiactividad-, la de la estación espacial estadounidense Skylab, en julio de 1978, que cayó en el Océano Indico y el Oeste de Australia; la de la estación soviética Saliut 7, cuyos fragmentos cayeron en Argentina en febrero de 1991; la del módulo lunar ruso Cosmos 398, en diciembre de 1995 y la del satélite militar chino China 40 FSW 1-5, en marzo de 1996.

Los satélites con carga nuclear son ahora simplemente piezas muy peligrosas de basura espacial, no están operativos, carecen de combustible para hacer maniobras de control de sus trayectorias y se conoce su posición y órbita sólo gracias a los rastreos por radar.<sup>59</sup>

#### \*USO BÉLICO DE LA ENERGÍA NUCLEAR:

El uso bélico de la energía nuclear que se manifiesta en la utilización de bombas atómicas como las usadas en Hiroshima o Nagasaki y en las pruebas previas necesarias para el perfeccionamiento de estos artefactos, ha provocado en los últimos 100 años graves daños al medio ambiente.

La tasa de mutación de habitantes de Kazajstán, en la antigua Unión Soviética, se ha acelerado producto de las pruebas nucleares efectuadas allí entre 1949 y 1956.

---

<sup>59</sup> [www.deimos-space.com/Eng/articles/elpais\\_15\\_07\\_2001.html](http://www.deimos-space.com/Eng/articles/elpais_15_07_2001.html)

A lo largo de varias generaciones las mutaciones genéticas son más comunes, según concluye un estudio publicado en la revista Science. Los datos indican que las pruebas provocaron un aumento del 80% en la tasa de mutación de los afectados directos, y del 50% en sus hijos, aunque las tasas bajan notablemente a partir de los años 50.

Otro caso de contaminación nuclear se presentó durante los últimos enfrentamientos bélicos que se han producido en el mundo, así lo informó la organización FreeNews que señala, "Por ahora (3 de enero de 2001), como mínimo, hay unos 50 casos de soldados que estuvieron en Yugoslavia con cáncer fulminante probablemente debido al uranio utilizado en la munición: 35 en Italia (6 muertos ya), 12 en Bélgica, 6 en Holanda, 2 en el Estado español (un muerto ya), 1 en Portugal también muerto.

El uranio usado en la munición que la OTAN utilizó en Yugoslavia y en la guerra del Golfo probablemente tiene el mismo origen: proviene de desechos de centrales nucleares civiles como ha denunciado al Ministerio de defensa Belga el experto en protección nuclear, biológica y química (NBC) Maurice André.

¿Por qué el gran daño?. Las causas son sencillamente que el uranio de las cabezas de los proyectiles es muy inflamable y tras el impacto se convierte en cenizas de menos de una milésima de

milímetro que van a ir a contaminar el aire, el agua, la tierra, los alimentos y a las personas.

Esas partículas radioactivas quedarán presentes para siempre en nuestro medio ambiente como lo han hecho las liberadas durante decenas de años por la irresponsabilidad del complejo militar-industrial que ha promovido la generalización de la energía nuclear."

Otro ejemplo de contaminante radiactivo típico son los restos radiactivos aéreos que resultan de desastres relacionados con plantas y armas nucleares, el isótopo radiactivo de estroncio es químicamente similar al calcio y se desplaza en los ecosistemas de igual modo que éste último. De manera semejante, se incorpora en los huesos y dientes pudiendo producir lesiones como cáncer óseo. Su vida media es de 28 años, es decir que en 28 años aún se conservará la mitad de él y la otra mitad se habrá degradado en productos no radiactivos. En otros 28 años, la otra mitad no habrá llegado a cero, pero se habrá reducido en 50% de nuevo, por lo que puede decirse que en 56 años el estroncio radiactivo se habrá reducido a la cuarta parte. Este es un tiempo muy prolongado para llevarlo en los huesos.

Esto no es especulación vana. El "musgo" del reno, un líquen del ártico, posee la capacidad de concentrar sustancias de la precipitación y del polvo atmosférico. Este concentra el estroncio radiactivo que, luego, se reconcentra (más o menos como los plaguicidas

persistentes) cada vez que el reno ingiere los líquenes. Cuando los esquimales y lapones ordeñan al reno, el estroncio radiactivo se concentra aún más y puede llegar al cuerpo de un niño. En la cadena trófica pasto-vaca-hombre, ocurre una magnificación biológica similar, aunque menos definida.

Los efectos ecológicos indirectos de la guerra nuclear se concentran más allá de todo cálculo, pero es probable que en un intercambio nuclear en el cual dos naciones estuviesen involucradas, destruiría casi todos los ecosistemas terrestres, porque los residuos nucleares aéreos son arrastrados alrededor del globo por la circulación atmosférica.

La contaminación atmosférica radiactiva ha disminuido en forma parcial por un tratado firmado en 1963 que prohíbe las pruebas atmosféricas de armas nucleares en un gran grupo de naciones, las cuales estuvieron de acuerdo con los términos del mismo.

Sin duda alguna la peor amenaza para el medio ambiente lo constituye una posible Guerra Nuclear, tal como nos lo señala Guillermo Mora en *Atomos para la Paz*<sup>60</sup>:

"Jamás ha habido duda alguna en la mente de las personas informadas, acerca de que una guerra nuclear tendría efectos desastrosos que ni siquiera podemos imaginar, pero durante mucho tiempo, se prestó muy poca atención a las probables consecuencias ecológicas del

---

<sup>60</sup> [www.cepb.una.py/nuclear/guerra.html](http://www.cepb.una.py/nuclear/guerra.html)

intercambio nuclear. En un congreso de dos días, en otoño de 1983, los científicos llegaron a la conclusión de que las consecuencias de la guerra nuclear serían, por mucho, las más serias, excediendo las lesiones inmediatas y muerte, y produciendo un horrendo clímax en el despojo ambiental de nuestra civilización.

La concentración biológica de isótopos como el estroncio-90, se ha estudiado desde el decenio de 1950 y, es obvio que, incluso, un intercambio nuclear limitado produciría una contaminación ambiental de enormes alcances por la lucha radiactiva. También es claro, desde hace tiempo, que gran parte de la capa protectora de ozono se destruiría por la acción de los óxidos de nitrógeno generados por la guerra nuclear. Lo que resulta nuevo es una concientización de lo que el humo, hollín y tierra pulverizada, producidos por las explosiones nucleares, provocarían en el ambiente de la Tierra.

Ya antes ha entrado polvo disperso en la atmósfera de la Tierra. Hay algunos datos (y otras especulaciones) de que el polvo desprendido por el bombardeo de asteroides en la Tierra pudo ser responsable de la gran extinción de especies que se observa en el registro fosilífero. Incluso en tiempo históricos, grandes erupciones volcánicas han desprendido gran cantidad de ceniza en la atmósfera, lo cual produjo un cambio climático marcado, aunque temporal. La erupción del volcán Tambora, de Indonesia, en 1815, disperso cerca

de 25 millas cúbicas, de las cuales una buena parte no cayó en la tierra de inmediato. Esto produjo un desastre en la agricultura de 1816, el "año sin verano", en el cual hubo tres heladas de muerte durante la época de crecimiento de Nueva Inglaterra y privaciones externas, en el hemisferio Norte.

Parece ser probable que el polvo y hollín de un intercambio nuclear, incluso si éste fuera "moderado", oscurecería la luz del Sol en todo el hemisferio Norte, y quizá también en el Sur. Aun en verano, las temperaturas caerían inmediatamente, debajo del punto de congelación, llegando quizá, hasta -15 o -20 °C. El frío persistiría congelando grandes cuerpos de agua, en muchos casos hasta el fondo. Como los océanos permanecerían más o menos calientes por un tiempo considerable, la marcada diferencia de temperaturas entre el agua y la tierra produciría tormentas de una violencia sin paralelo. La oscuridad y el frío prolongadas podrían causar la muerte de muchos animales y plantas, y quizá la mayor parte de ellos se extinguiría, según los conferencistas. Esto se aplica en especial a la vida tropical, pero incluso las especies de zonas templadas sufrirían una reducción, en especial si el intercambio ocurriera en verano.

Aunque la recuperación ecológica ocurriría en unos pocos años, la agricultura convencional sería imposible, no sólo por la alteración climática, sino por la destrucción de las necesidades agrícolas de origen

industrial, como fertilizantes vegetales, combustible y maquinaria agrícola, y otros. La gente hambrienta tendría que cazar y los pocos animales sobrevivientes quizá también morirían de inanición. Además, las enfermedades por radiaciones y otros estados patológicos, producidas por la contaminación química resultante de incendio de materiales sintéticos, debilitarían incluso a los supervivientes.

Los autores de un artículo, resumen las conclusiones de la conferencia enfatizando que los supervivientes, al menos en el hemisferio Norte, padecerían frío, escasez de agua, de alimento y combustible, consecuencias pesadas de la radiación y contaminantes, enfermedad, estrés psicológico y, todo esto, en penumbra u oscuridad. Los autores, también opinaron que casi todas las plantas tropicales se extinguirían, al igual que la mayor parte de los vertebrados de zonas templadas.

Este tema ha sido estudiado desde 1983, por varios gobiernos y agencias; aunque estos estudios moderan un poco las conclusiones originales, en general los cambios mínimos. Incluso una moderada reducción en la temperatura de la Tierra, casi con certeza produciría hambruna y sufrimiento de una magnitud sin precedentes, en especial en el hemisferio Norte. La recuperación de nuestra civilización industrial, puede no ser tan

improbable como los conferencistas aseguran, pero de ninguna manera está garantizada.”

#### **4.- Derecho, Medio Ambiente y Energía Nuclear.-**

La humanidad desde su origen se ha visto enfrentada a la suerte que le depara la naturaleza, y en general su desarrollo ha ido paralelo a su afán de poder controlarla.

Lo anterior se inicia con el descubrimiento del fuego que, desemboca hoy en día, en los avances tecnológicos que progresan día a día.

Sin embargo, durante muchos siglos, el desarrollo humano se ha realizado en un antagonismo excesivo respecto a la naturaleza.

El daño ecológico ha sido inmenso y las consecuencias a largo plazo solo pueden ser vislumbradas someramente en la actualidad.

Siendo el derecho una rama del saber, cuya finalidad es la de regular situaciones que afecten a los diversos individuos, es claro que a éste le compete la regulación de actos o hechos que puedan afectar al medio ambiente, toda vez que cualquier daño ecológico redundará en un daño a los individuos en particular y a la humanidad en general.

Así, el derecho se ha visto compelido, por la fuerza de los hechos, a regular los peligros o daños que se puedan o que se hayan producido al medio ambiente.

“La preocupación por el medio ambiente es relativamente reciente, apenas 25 años, y su proceso para ser reconocido como derecho humano todavía no ha concluido. La doctrina especializada más relevante hace ya algún tiempo que viene señalando que es un derecho humano y propone su reconocimiento formal o positivización tanto en el ámbito internacional como en el nacional.”<sup>61</sup>.

Lo anterior, ha llevado en la actualidad a considerar seriamente que “Las violaciones a derechos humanos originadas en problemas ambientales revisten una extrema gravedad ya que en la mayoría de los casos se trata de conductas o actividades sistemáticas, que afectan a grupos de personas o comunidades enteras, con continuidad en el tiempo y efectos que se multiplican y trascienden su origen, vulnerando múltiples derechos humanos.”<sup>62</sup>.

En esta línea, y tal como fue señalado en el Capítulo Tercero, la ciencia nuclear tiene por finalidad “obtener energía a través de fenómenos nucleares”, generación que supone una serie de riesgos para el medio ambiente, entre otros, aquellos derivados de la extracción de minerales atómicos naturales, exposición a

---

<sup>61</sup> Demetrio Loperena Rota. [www.cica.es/aliens/gimadus/loperena.html](http://www.cica.es/aliens/gimadus/loperena.html)

<sup>62</sup> Centro de Derechos Humanos y Medio Ambiente. [www.cedha.org.ar](http://www.cedha.org.ar)

materiales radiactivos, riesgos de una planta nuclear, y, por supuesto un desastre nuclear a gran escala derivado de una guerra atómica.

Han sido precisamente éstos riesgos los que han llevado al derecho a regular esta actividad desde sus inicios, primero a nivel internacional y luego a nivel nacional.

#### **5.- Normativa Nacional Relativa al Medio Ambiente.-**

Antes del año 1994, año en que se dicta la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, la legislación que tocaba el tema estaba dispersa y sin un sentido orgánico claro<sup>63</sup>.

#### \*CONSTITUCIÓN POLITICA DE LA REPUBLICA

En el año 1980 se consagra el Derecho a vivir en un Medio Ambiente libre de contaminación, como un derecho fundamental en el art. 19 n° 8 de la Constitución Política de la República, derecho que se ve protegido por la acción constitucional de protección del art. 20 del mismo cuerpo legal que establece: "El que por causa de actos u omisiones arbitrarios o ilegales sufra privación, perturbación o amenaza en el legítimo ejercicio de los derechos y garantías establecidos en el (...) podrá ocurrir por sí o por cualquiera a su nombre, a la Corte de Apelaciones respectiva, la que adoptará de inmediato

---

<sup>63</sup> [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

las providencias que juzgue necesarias para restablecer el imperio del derecho y asegurar la debida protección del afectado, sin perjuicio de los demás derechos que pueda hacer valer ante la autoridad o los tribunales correspondientes.

Procederá, también, el recurso de protección en el caso del N° 8° del artículo 19, cuando el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada.”.

Así, la exigencia para la protección de éste Derecho es doble, es necesario que la acción (no omisión) sea arbitraria e ilegal y por otro lado sea imputable a autoridad o persona determinada.

#### \*LEY DE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE

A partir del 9 de Marzo de 1994, se publica la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la que entregó una serie de instrumentos legales que permitieron llenar un vacío importante en el ordenamiento jurídico chileno, al estructurar por primera vez un sistema normativo ambiental para el país.

Lo importante de esta ley es su capacidad para organizar el tema, ya que como su nombre lo indica, dicta normas generales que permiten ordenar la normativa ambiental existente y futura.

En este contexto se creó también la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), como servicio público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonios propios, cuya función es proponer e implementar las políticas ambientales, coordinar el aparato público para gestión de las mismas y promover la participación del sector privado y la ciudadanía en estas materias.

La Ley N° 19.300 creó además, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), un importante instrumento de gestión al cual deben someterse los proyectos de inversión y/o actividades productivas, con el fin de determinar los efectos reales que tendrán sobre el medio ambiente. De este modo, se intenta evitar más daño ecológico y establecer los responsables cuando se produzca un perjuicio al ambiente<sup>64</sup>.

El objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental, que se aplica tanto a proyectos o actividades del sector público como privado, es asegurar que el desarrollo de sus actividades sean sustentables desde el punto de vista del medio ambiente.

La Ley en comento, contempla que ciertos proyectos o actividades, susceptibles de causar impacto ambiental, deberán someterse a un Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En función de sus efectos, características o circunstancias, deberán presentar una

---

<sup>64</sup> [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

Declaración de Impacto Ambiental o un Estudio de Impacto Ambiental.

\*RESPONSABILIDAD CIVIL POR DAÑO NUCLEAR:

La responsabilidad civil por daño nuclear, queda establecida en la Ley de Seguridad Nuclear, Título V, arts. 49 a 66.

Esta será una responsabilidad de carácter objetiva y limitada, es objetiva por cuanto basta la producción del daño, para que surja la obligación de indemnizar; siendo su limitación la suma de 75 millones de dólares, moneda de Estados Unidos de América, el que se reajustará automáticamente en el porcentaje de la variación de los Derechos Especiales de Giro del Fondo Monetario Internacional, entre la fecha de la ley y la del accidente nuclear.

En cuanto a la responsabilidad de terceros, será determinada según las reglas generales contenidas en el derecho común, tal como lo señala el art. 52 inc. 2° de la Ley de seguridad Nuclear, lo que en concordancia con el art. 51 inc. 3° de la ley 19.300, nos remite al Título XXXV del libro IV del Código Civil.

La responsabilidad por el daño Ambiental, en tanto la reparación del medio ambiente dañado, se regirá por las normas contenidas en el Título III, artículos 51-63, de la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, 19.300.

\*SEGURIDAD NUCLEAR:

La seguridad nuclear se encuentra regulada en Chile por un conjunto de normas de las que se destaca en primer lugar la ley de Seguridad Nuclear, N° 18.302 cuya última modificación se produjo el 1° de octubre de 2002 con la ley 19.825, que corresponde a un conjunto de disposiciones que norman esta materia de manera genérica, entregando a diversos reglamentos la regulación específica, dentro de los mas importantes encontramos:

- Reglamento Número 3 "DE PROTECCION RADIOLOGICA DE INSTALACIONES RADIATIVAS", Decreto Supremo No. 3 del 3 de Enero de 1985.

Este reglamento "establece las medidas de protección personal radiológicas y los límites de dosis radiactivas que pueden recibir las personas ocupacionalmente expuestas, con el objeto de prevenir y evitar la sobreexposición a las radiaciones ionizantes y sus efectos en la salud."<sup>65</sup>

Se considerarán personas ocupacionalmente expuestas "aquellas que se desempeñe en las instalaciones radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes", las que deberán portar durante su jornada de trabajo "un dosímetro personal destinado a detectar y registrar las radiaciones ionizantes que pudiere recibir,

---

<sup>65</sup> art. 1° reglamento numero 3 de protección radiológica de instalaciones radiactivas

el que le será proporcionado por el empleador cada vez que sea necesario", el que deberá ser remitido trimestralmente al Instituto de Salud Pública.

Se establece en el art. 12 del reglamento, los límites de dosis (LD) para trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.

Corresponde a los Servicios de Salud y el Servicio de Salud del Ambiente en la Región Metropolitana fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones de éste reglamento.

- Reglamento Número 12 "REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE SEGURO DE MATERIALES RADIATIVOS", Decreto Ley No. 12 del 10 de junio de 1985.

Este reglamento tiene por finalidad establecer "las condiciones que debe cumplir el transporte de materiales radiactivos en todas las modalidades del transporte por vía terrestre, acuática o aérea, mientras tales materiales radiactivos no formen parte integrante del medio de transporte."

Se considerará que el transporte abarca todas las operaciones y condiciones relacionadas con el traslado de Materiales Radiactivos e inherentes al mismo; comprenden el diseño, la fabricación y el mantenimiento de Embalajes, y la preparación, expedición, manipulación, acarreo, almacenamiento en tránsito y recepción en el destino final de BULTOS (definido como el embalaje con su

contenido radiactivo tal como se presenta para el transporte<sup>66</sup>). El transporte incluye tanto las condiciones normales como las del accidente que se produzcan durante el acarreo y el almacenamiento en tránsito.<sup>67</sup>

En el caso de Materiales Radiactivos que tengan otras propiedades peligrosas y en el del transporte o almacenamiento de Materiales Radiactivos con otras mercancías peligrosas, se aplicarán los reglamentos pertinentes relativos al transporte de mercancías peligrosas de cada uno de los países de los cuales o a los cuales se transporten los materiales, así como los reglamentos de las organizaciones de transporte competentes en la materia, además del presente reglamento. Para tal efecto deberá tenerse en cuenta la posible formación de productos que tengan propiedades peligrosas por interacción del contenido de los BULTOS con la atmósfera o con el agua.

Este reglamento es de carácter muy técnico, y cuenta con 244 artículos divididos en 11 títulos, que son a saber:

- Título I: De las disposiciones generales;
- Título II: de las definiciones;
- Título III: De las disposiciones especiales;
- Título IV: De los límites de actividades para los distintos radionucleidos y para las sustancias fisiónables;

---

<sup>66</sup> Art. 4º nº 10 D.L. Nº 12

- Título V: De la preparación, requisitos y controles en relación con la expedición y el almacenamiento en tránsito;
- Título VI: Del remitente;
- Título VII: Del transporte;
- Título VIII: De los requisitos a los materiales radiactivos y a los embalajes y bultos;
- Título IX: De los métodos de ensayo e inspección;
- Título X: De los requisitos administrativos en materia de aprobación;
- Título XI: Disposiciones finales.-

- Reglamento Número 87 "APRUEBA REGLAMENTO DE PROTECCION FISICA DE LAS INSTALACIONES Y DE LOS MATERIALES NUCLEARES", de 24 de Diciembre de 1984.

Este reglamento recoge la obligación establecida en el art 67 de la Ley N° 18.302, de Seguridad Nuclear, que impone a la Comisión Chilena de Energía Nuclear "las funciones de evaluación, autorización y fiscalización de los planes de protección física de las instalaciones nucleares y de los materiales nucleares."<sup>68</sup>

La finalidad de los planes de protección física, según lo establecido en el art. 2° de éste reglamento, son: a) Establecer condiciones que reduzcan al mínimo las posibilidades de retirada no autorizada de

---

<sup>67</sup> Art. 2° D.L. N° 12

materiales nucleares; b) Reducir las posibilidades de que se cometan actos de sabotaje en contra de las instalaciones nucleares y disuadir cualquier intento de cometer algún tipo de acción no autorizada que pudiese poner directa o indirectamente en peligro a las personas, bienes y medio ambiente; y c) Proporcionar información y asistencia técnica, en apoyo de las medidas que se adopten para localizar y recuperar los materiales nucleares extraviados.

Este reglamento consta de 6 Títulos, en los que se organiza todo lo relacionado con la protección física. Así, se establece la obligación de contar con una autorización del sistema de protección física, previa a la solicitud de permiso de construcción de una instalación nuclear.

En el capítulo IV se clasifican, para fines de protección física, los materiales nucleares en categorías, las cuales determinarán la forma de utilización y almacenamiento.

---

<sup>68</sup> Art. 1º Reglamento N° 87.

- Reglamento Número 133 "APRUEBA REGLAMENTO SOBRE AUTORIZACIONES PARA INSTALACIONES RADIATIVAS O EQUIPOS GENERADORES DE RADIACIONES IONIZANTES, PERSONAL QUE SE DESEMPEÑA EN ELLAS, U OPERE TALES EQUIPOS Y OTRAS ACTIVIDADES AFINES", de 22 de Mayo de 1984.

El reglamento establece las condiciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones radiactivas o los equipos generadores de radiaciones ionizantes, el personal que se desempeñe en ellas u opere estos equipos, la importación, exportación, distribución y venta de las sustancias radiactivas que se utilicen o mantengan en las instalaciones radiactivas o en los equipos generadores de radiaciones ionizantes y el abandono o desecho de sustancias radiactivas.

El art. 2° establece la obligación de obtener autorización previa del Servicio de Salud en cuyo territorio se encuentra ubicada la instalación radiactiva o equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Se clasifican las instalaciones radiactivas en tres categorías, en la primera categoría los aceleradores de partículas, plantas de irradiación, laboratorios de alta radiotoxicidad, radioterapia, y roentgenterapia profunda, gammagrafía y radiografía industrial.

Pertenecen a la segunda categoría los laboratorios de baja radiotoxicidad, rayos X para diagnóstico médico o dental, radioterapia y roentgenterapia superficial.

La tercera categoría incluye los equipos de fuente sellada de uso industrial, tales como: pesómetros, densímetros, medidores de flujo y de nivel, detectores de humo, medidores de espesores, etc. Asimismo, quedan comprendidas en esta categoría las fuentes patrones, estimuladores cardiacos radioisotopicos, marcadores o simuladores de uso médico, equipos de rayos X para control de equipaje, correspondencia, etc., fluroscopia industrial y difractómetros.

La clasificación señalada precedentemente determinará las autorizaciones de construcción, operación y cierre temporal y definitivo.

El título IV, desarrolla una completa normativa respecto a las autorizaciones de las personas que se desempeñan en las instalaciones radiactivas, siendo otorgadas estas autorizaciones por los servicios de salud correspondientes, teniendo un plazo máximo de tres años.

\*COMPETENCIAS AMBIENTALES APLICABLES EN MATERIA DE ENERGÍA NUCLEAR:<sup>69</sup>

Estas competencias dicen relación, con la generación, uso y transmisión de la energía nuclear por un lado, y con la prevención y combate de la contaminación radiactiva por otro. Así:

---

<sup>69</sup> CONAMA, Energía y Minería competencias ambientales.1996

- GENERACIÓN, USO Y TRANSMISIÓN:

a) *Competencias normativas:*

- Regular las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear, sus instalaciones y las sustancias nucleares que se utilicen en ellas, la justa indemnización o compensación por los daños que dichas actividades provocaren, la prevención de la apropiación indebida y el uso ilícito de la energía y sustancias e instalaciones nucleares. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 1°.
- Dictar normas referentes a las instalaciones radiactivas. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 1°

b) *Competencias resolutivas:*

- Autorizar los actos o contratos de la Comisión Chilena de Energía Nuclear que tengan por objeto realizar, por medio, o en unión de terceros, la explotación o el beneficio de materiales atómicos naturales. **Titularidad:** Presidente de la república. **Fuente:** D.L. N° 1.557, art. 2 c) inc. 5°.

- Pronunciarse respecto de las Declaraciones de Impacto Ambiental o Estudios de Impacto Ambiental, según corresponda, respecto de los proyectos de reactores y establecimientos nucleares e instalaciones relacionadas. **Titularidad:** Comisión Regional o Nacional del Medio

Ambiente, según sea el caso. **Fuente:** Ley N° 19.300, arts. 9 y 10 d).

- Autorizar, conforme a las disposiciones del Código Sanitario, la aplicación y el manejo de las sustancias radiactivas en instalaciones radiactivas o en equipos generadores de radiaciones ionizantes. **Titularidad:** Servicios de salud. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 2°.

- Autorizar el funcionamiento de las instalaciones radiactivas y de los equipos generadores de radiaciones ionizantes. **Titularidad:** Servicios de Salud. **Fuentes:** Código Sanitario, art. 6; D.S. N° 133/84 de Salud, art. 2 y D.F.L. N° 1/89 de Salud, art. 1 36). 37) y 38).

- Autorizar el funcionamiento de las instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes que se encuentren ubicados en la Región Metropolitana. **Titularidad:** Servicio de salud del Ambiente de la Región Metropolitana. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de salud, art. 2.

- Autorizar el emplazamiento, construcción, puesta en servicio, operación, cierre y desmantelamiento de las centrales nucleares de potencia, las plantas de enriquecimiento, las plantas de reprocesamiento y los depósitos de almacenamiento permanente de desechos calientes de larga vida. **Titularidad:** Ministerio de Minería. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 4 inc. 1°.

- Autorizar el emplazamiento construcción, puesta en servicio, operación, cierre y desmantelamiento, en su caso, de las instalaciones, plantas, centros, laboratorios, establecimientos y equipos nucleares.

**Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 4.

- Autorizar las instalaciones radiactivas que se encuentren dentro de una instalación nuclear.

**Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 3°.

- Aprobar la producción de energía nuclear con fines pacíficos. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 7 inc. 2°.

*c) Competencias de planificación y programación:*

- Elaborar y proponer al Supremo Gobierno los planes nacionales para la investigación, desarrollo, utilización y control de la energía nuclear en todos sus aspectos.

**Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 3 b).

*d) Competencias de ejecución:*

- Ejecutar por sí o de acuerdo con otras personas o entidades, los planes nacionales para la investigación, desarrollo, utilización y control de la energía nuclear; fomentar, realizar o investigar, según corresponda, y con arreglo a la legislación vigente, la exploración, la

explotación y el beneficio de materiales atómicos naturales, el comercio de dichos materiales ya extraídos y de sus concentrados, derivados y compuestos, el acopio de materiales de interés nuclear , y la producción y utilización, con fines pacíficos, de la energía nuclear en todas sus formas, tales como su aplicación a fines médicos, industriales o agrícolas y la generación de energía eléctrica y térmica. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 3 c) y d).

- Realizar por sí, o en unión de terceros, la producción de energía nuclear con fines pacíficos. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 7 inc. 2°.

- Realizar por sí, o por medio, o en unión de terceros, la exploración, la explotación y el beneficio de los materiales atómicos naturales que, en conformidad con el artículo 5° de la ley 16.319, corresponden al Estado, y de los que, a cualquier título, estén en el patrimonio de la comisión o ésta tenga derecho a incorporar a dicho patrimonio; como asimismo, explorar terrenos y pertenencias o concesiones mineras de cualquier dominio para buscar aquellos materiales atómicos naturales no comprendidos anteriormente. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** D.L. N° 1.557, arts. 2 a) y c) inc. 2° y 26.

*e) Competencias de fiscalización y control:*

- Controlar la aplicación y el manejo de las sustancias radiactivas en instalaciones radiactivas o en equipos generadores de radiaciones ionizantes. **Titularidad:** Servicio de Salud **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 2° y Código Sanitario, art. 86 inc. 3°.
- Fiscalizar las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear, sus instalaciones y las sustancias nucleares que se utilicen en ellas. **Titularidad:** Ministerio de Minería. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 2 inc. 2°.
- Fiscalizar el estricto cumplimiento por parte de los contratistas, de las obligaciones que les imponga el contrato de operaciones, sin perjuicio de la aplicación de otras normas legales y reglamentarias. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** D.L. N° 1.557, art. 11.
- Ejercer por medio de inspectores especializados pertenecientes a su planta de personal, la supervisión, control, fiscalización e inspección de las actividades relacionadas con los usos de la energía nuclear en instalaciones nucleares o respecto de sustancias nucleares directamente. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 3°.
- Ejercer el control de las instalaciones radiactivas que se encuentren dentro de una instalación nuclear, y de las que, conforme al reglamento, sean declaradas de

primera categoría. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 67 inc. 3°.

*f) Competencias de representación:*

- Suscribir por sí, o en representación del Estado de Chile, según sea el caso, contratos de operación para explotar, explorar y beneficiar materiales atómicos naturales. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** D.L. N° 1.557, art. 4.

*g) Competencia de asesoría:*

- Asesorar al gobierno en todos los asuntos relacionados con la energía nuclear, y en especial, en el estudio de trabajos, acuerdos, convenios con otros países o con organismos internacionales, en la contratación de créditos o ayudas para los fines mencionados; en el estudio de disposiciones legales o reglamentarias relacionadas con el régimen de propiedad de los yacimientos de minerales, de materiales fértiles, fisionables y radiactivas, con los peligros de la energía nuclear y con las demás materias que están a su cargo. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 3 a).

- PREVENCIÓN Y COMBATE DE LA CONTAMINACIÓN RADIATIVA:

*a) Competencias resolutivas:*

- Pronunciarse respecto de las Declaraciones de Impacto Ambiental o Estudios de Impacto Ambiental, según corresponda, respecto de la producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radiactivas, inflamables, corrosivas o reactivas. **Titularidad:** Comisión Nacional del Medio Ambiente. **Fuente:** Ley N° 19.300, art. 9 y 10 ñ).
- Disponer el procedimiento adecuado ante posibles emergencias originadas en la detección de niveles anormalmente altos de actividad que deriven de los ingenios nucleares de naves o artefactos navales nucleares que se encuentren en puerto. **Titularidad:** Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante. **Fuente:** D.L. N° 2.222/78, arts. 155 y 156.
- Autorizar la producción, fabricación, adquisición, posesión, uso, manipulación, almacenamiento, importación, exportación, distribución, venta y transporte de sustancias radiactivas. **Titularidad:** Servicio de Salud. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, arts. 4, 20 y 21 y Código sanitario, art. 86.
- Autorizar el abandono o desecho de sustancias radiactivas. **Titularidad:** Servicio de Salud. **Fuente:** D.S.

N° 133/84 de Salud, arts. 22; Código sanitario, art. 86. Y D.F.L. N° 1/89 de Salud, art. 1 40).

- Autorizar, en el caso de la Región Metropolitana, la producción, fabricación, adquisición, posesión, uso, manipulación, almacenamiento, importación, exportación, distribución, venta y transporte de sustancias radiactivas. **Titularidad:** Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, arts. 4, 20, 21, y, Código sanitario, art. 86.

- Autorizar la internación en el territorio nacional, el envío fuera de él y la transferencia a cualquier título de sustancias radiactivas. **Titularidad:** Servicio de Salud. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, arts. 4 y 20, y, Código Sanitario, art. 86.

- Autorizar los lugares destinados al almacenamiento de sustancias o desechos radiactivos. **Titularidad:** Servicio de Salud. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, arts. 4 y 21, y, Código Sanitario, art. 86.

- Autorizar todo abandono o desecho de sustancias radiactivas. **Titularidad:** Servicio de Salud. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, arts. 22, y, Código sanitario, art. 86.

- Determinar el código de señales que deba tener toda instalación, planta, centro, laboratorio o establecimiento en que se produzcan, procesen, elaboren, transformen, depositen, guarden, almacenen o mantengan sustancias nucleares; todo vehículo, nave u otro medio

individual de transporte usado para el traslado específico de ellos; y todo envase, recipiente, caja, contenedor o embalaje en que estas sustancias se guarden o encajonen para su guarda o transporte. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 8.

- Revisar y aprobar los planes de emergencia que deban preparar y mantener las instalaciones plantas, centros y laboratorios nucleares, para los casos de accidentes nucleares que puedan ocurrir. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 11.

- Autorizar todo transporte de material radiactivo. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** D.S. N° 12/85 de Minería, art. 1 inc. 3°.

*b) Competencias de ejecución:*

- Tomar las medidas necesarias en caso de ocurrir un accidente o cualquiera otra anomalía en el funcionamiento de instalaciones o equipos nucleares o en las demás actividades relacionadas con los usos de la energía nuclear y de los materiales nucleares. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 19.

- Mantener y proteger los depósitos de almacenamiento permanente de desechos nucleares o radiactivos de larga

vida. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear.

**Fuente:** Ley N° 18.302, art. 32 inc. 2°.

c) Competencias de fiscalización y control:

- Disponer la inspección de todos los bultos y del lugar de almacenamiento, cuando detecte una contaminación en un bulto con material radiactivo, a fin de verificar el alcance real de la contaminación. **Titularidad:** Dirección General del Territorio marítimo y de Marina Mercante.

**Fuente:** D.S. N° 1/92 de Defensa Nacional, art. 158.

- Fiscalizar el cumplimiento de las disposiciones del reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas, equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ella, u opere tales equipos y otras actividades afines y de las normas e instrucciones que conforme a él imparta el Ministerio de Salud. **Titularidad:** Servicios de Salud, y en el caso de la Región Metropolitana, el Servicio de Salud del Ambiente de esta región. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, art. 5.

- Ejercer el control de la producción, adquisición, transporte, importación y exportación, uso y manejo de los elementos fértiles, fisionables y radiactivos.

**Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 3 g).

- Ejercer la fiscalización respecto de las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía

nuclear, sus instalaciones y las sustancias nucleares que se utilicen en ellas, con el objeto de proveer a la protección de la salud, la seguridad y el resguardo de las personas, los bienes y el medio ambiente y a la justa indemnización o compensación por los daños que dichas actividades provocaren, la prevención de la apropiación indebida y el uso ilícito de la energía, sustancias e instalaciones nucleares y de asegurar el cumplimiento de los acuerdos o convenios internacionales sobre la materia en que sea parte Chile. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 2 inc. 1°.

- Verificar el cumplimiento del D.S. 12/85 de Minería, que aprueba el Reglamento para el transporte seguro de Materiales radiactivos. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** D.S. 12/85 de Minería, art. 12.

- Inspeccionar periódicamente los medios de transporte y el equipo habitualmente utilizado para el acarreo de materiales radiactivos, a fin de determinar el grado de contaminación. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** D.S. 12/85 de Minería, art. 40.

*d) Competencias sancionadoras:*

- Sancionar en conformidad a los procedimientos previstos en el Libro Décimo del Código Sanitario, los incumplimientos a las disposiciones del reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se

desempeña en ellas u opere tales equipos y otras actividades afines. **Titularidad:** Servicios de Salud, y en el caso de la Región Metropolitana, el Servicio de Salud del Ambiente de esta región. **Fuente:** D.S. N° 133/84 de Salud, art. 23.

- Conocer y sancionar las infracciones de las normas legales y reglamentarias sobre seguridad y protección nuclear y el incumplimiento de las condiciones y exigencias de las autorizaciones que otorga o de las instrucciones y medidas que adopta. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 33.

*e) Competencias de vigilancia y monitoreo:*

- Supervisar las actividades relacionadas con los usos pacíficos de la energía nuclear, sus instalaciones y las sustancias nucleares que se utilicen en ellas, con el objeto de proveer a la protección de la salud, la seguridad y el resguardo de las personas, los bienes y el medio ambiente y a la justa indemnización o compensación por los daños que dichas actividades provocaren, la prevención de la apropiación indebida y el uso ilícito de la energía, sustancias e instalaciones nucleares y de asegurar el cumplimiento de los acuerdos o convenios internacionales sobre la materia en que sea parte Chile. **Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, art. 2 inc. 1°.

- Mantener un sistema efectivo de control de riesgos para la protección de su propio personal y de prevenir y controlar posibles problemas de contaminación ambiental dentro y alrededor de sus instalaciones nucleares.

**Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 16.319, art. 3 f).

f) *Competencias misceláneas:*

- Conocer las denuncias de quienes directa o indirectamente tuvieren noticias de accidentes o cualquiera otra anomalía en el funcionamiento de instalaciones o equipos nucleares o en las demás actividades relacionadas con los usos de la energía nuclear y de los materiales nucleares, como del abandono, pérdida, hurto o robo de sustancias nucleares.

**Titularidad:** Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Fuente:** Ley N° 18.302, arts 17 y 18.

## CONCLUSION.

Se señaló en la introducción a este trabajo que, uno de sus objetivos era el poder determinar la forma en que los conceptos de medio ambiente, energía atómica y legislación se entrelazan, e inciden unos en otros.

Creo que el objetivo se encuentra cumplido.

En forma gradual hemos logrado introducirnos en el tema partiendo por aquel que menos dominamos aquellos que elegimos la carrera de derecho, esto es la energía atómica como especie dentro del género de las energías (Capítulo I y II).

Se aportaron conceptos generales de lo que es la energía, sus distintos tipos, y aplicaciones en el mundo y en Chile, lo que aunado a conceptos generales de física teórica, específicamente de ciencia nuclear, nos han permitido estar en un mejor pié para entender los alcances del concepto Energía Atómica.

Relacionando el concepto Legislación al de Energía Atómica, nos sumergimos en las relaciones que la Ciencia Nuclear como rama de la Física Teórica tiene con algunas de las ramas de la Ciencia del Derecho, en el capítulo III, con humildad, tratamos de esbozar (por no ser el objetivo de ésta memoria) la posible existencia de un Derecho de la Energía Nuclear, como rama autónoma y nueva del Derecho contemporáneo.

El Capítulo IV se encuentra centrado en la legislación que Chile, a lo largo de su historia, ha dado a la actividad nuclear. Abarca desde la regulación de los elementos con potencial atómico hasta el destino de los desechos nucleares. Se desarrollan a su vez, los principales cuerpos legales que regulan a la energía nuclear; en este ámbito, un gran avance lo constituye la creación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, que desde 1965 se encuentra encargada de atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica y de los materiales fértiles fisionables y radioactivos.

Se concluye en el Capítulo V con la unificación de los tres conceptos mencionados, energía atómica, medio ambiente y legislación, aplicándolos a nuestra realidad nacional.

¿En que forma se regula en Chile el uso de la energía atómica?, ¿Cómo el derecho se encarga de sancionar actos que atenten contra el medio ambiente realizado con elementos nucleares o radiactivos?, son algunas de las preguntas a las que se dio respuesta en este capítulo.

Sin embargo, existe un tema que vale la pena esbozar al terminar este trabajo, el de la posibilidad de generar energía eléctrica a través de centrales nucleares en nuestro país.

Los argumentos a favor y en contra son múltiples y considero inoficioso repetirlos todos.

Solo daré aquel que esbozan con mas ahínco aquellos que propugnan por la no-implementación de este sistema energético: las posibles consecuencias devastadoras de una accidente nuclear.

Haciendo frente a esta preocupación debo señalar que las medidas de protección que van aparejadas a la construcción y puesta en funcionamiento de centrales nucleares, son de tal magnitud que a juicio de los expertos reducen a menos del uno por ciento la probabilidad de una falla de este tipo.

Los reactores proyectados en la actualidad (como el que debería ser instalado en Chile), son reactores innovativos, porque resuelven problemas de seguridad y de costos en la generación de electricidad, y porque tiene previsto un tratamiento especial para los residuos resultantes.

Algunos dirán ;no olvidemos Chernobyl!. No creo posible que luego de tanto tiempo, sigamos mirando el desastre de Chernobyl sin darnos cuenta que éste no se produjo por una falla en el sistema como tal, sino por una falla humana derivada, no tanto del descuido de los técnicos, sino de la ineptitud de un sistema en crisis.

Se habla de la enorme contaminación derivada de la utilización de la energía atómica, sin embargo, los detractores parecen olvidar que esta contaminación no es

efectiva, solo eventual, y que la contaminación del medio ambiente proviene sobretodo de los combustibles fósiles que estamos utilizando en este momento para generar electricidad.

Creo, o quiero creer, que en un futuro no muy lejano Chile tendrá una central nuclear de generación de energía eléctrica de última generación y proyectada por nuestros propios técnicos, que será pionera, aprovechando todo el potencial que se que Chile tiene.

## BIBLIOGRAFIA.-

### 1.- Documentos Electrónicos.-

1. Sandra Bustamante Martínez. *La termodinámica y el concepto de energía.* [www.lafacu.com.apuntes/fisica/termodin\\_conc\\_entrop/default.htm](http://www.lafacu.com.apuntes/fisica/termodin_conc_entrop/default.htm).
2. Centro de Estudios de la energía solar. *La energía solar.* [www.censolar.es/menu2.htm](http://www.censolar.es/menu2.htm).
3. Comisión nacional de Energía, Gobierno de Chile. *Energías renovables, Energía Solar.* [www.cne.cl](http://www.cne.cl).
4. Asociación de Productores de Energías Renovables. *La Energía Eólica, Historia.* [www.appa.es/dch/la\\_eolica.htm#hist](http://www.appa.es/dch/la_eolica.htm#hist)
5. *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.* [www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/140EnHidro.html](http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/140EnHidro.html)
6. Rodriguez de Freitas, V. y Rodriguez de Freitas, T. *Aproveitamento da Energia Geotérmica.* [www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/geoter/geoter.html](http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/geoter/geoter.html)
7. *Energía Nuclear.* [www.monografias.com/trabajos/enuclear/enuclear.shtml](http://www.monografias.com/trabajos/enuclear/enuclear.shtml).
8. Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española. Vigésima Segunda Edición.* [www.rae.es](http://www.rae.es)
9. Janín, P. (12 de enero de 2000). Bienvenidos al sitio Química, Atomo. [www.fortunecity.com/campus/dawson/196/atomo.htm](http://www.fortunecity.com/campus/dawson/196/atomo.htm)

10. Enciclopedia Libre Universal en Español. (26 de Octubre de 2002). [enciclopedia.us.es/wiki .phtml ?title =%C1tomo](http://enciclopedia.us.es/wiki/?title=%C1tomo)
11. Miexamen.com S.A. (20 de Julio de 2002). [www.miexamen.com/Isotopos.htm](http://www.miexamen.com/Isotopos.htm)
12. Neta, M. (2002). Fq *www Número atómico y Número de massa*. [atelier.uarte.mct.pt/fq/atomo/natomico.htm](http://atelier.uarte.mct.pt/fq/atomo/natomico.htm)
13. Mora, G. (2000). La energía nuclear y los seres humanos *Fusión Nuclear, Fisión Nuclear, Reactores*. [www.cepb.una.py/nuclear/fusion.html](http://www.cepb.una.py/nuclear/fusion.html)
14. [www.imagenmedica.com.mx/tips/Radiaci%F3n%20Alfa,%20Beta%20y%20de%20Neutrones.htm](http://www.imagenmedica.com.mx/tips/Radiaci%F3n%20Alfa,%20Beta%20y%20de%20Neutrones.htm)
15. Comisión Chilena de Energía Nuclear (2002). [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)
16. Generación de Energía versus Medio Ambiente, *Centrales nucleares*. [www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energia-Vs-Ambiente/nuclear.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energia-Vs-Ambiente/nuclear.htm)
17. Luque Gomez, R y Sanz Lekuona, T. (2000). *¿Cuáles son los problemas ambientales de las centrales nucleares?*. [www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Trabajos/enuclear2/PARTE1.htm](http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Trabajos/enuclear2/PARTE1.htm)
18. *Energía Nuclear, Introducción* [members.es.tripod.de/elena2/introduccion.htm](http://members.es.tripod.de/elena2/introduccion.htm)
19. Marcelo Risi. BBC, *Mundo Sucedió en el Siglo XX*. [www.bbc.co.uk/spanish/seriesigloxx04a.shtml](http://www.bbc.co.uk/spanish/seriesigloxx04a.shtml)
20. Extraído de cátedra de ciencias sociales y humanísticas, Academia de Guerra Naval. [www.acanav.cl](http://www.acanav.cl)

21. Transparencia Internacional America Latina y el Caribe. [www.tilac.org](http://www.tilac.org)
22. Red Rad. Radioactividad Natural y Artificial. [www.gea-es.org/sitio\\_redrad\\_cont.html](http://www.gea-es.org/sitio_redrad_cont.html)
23. Alberto Virto, [www.astrored.org](http://www.astrored.org)
24. Otaola, J. y Valdés, J. Los Rayos Cósmicos mensajeros de las estrellas, *La radiación cósmica primaria y otras*. [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec\\_9.htm](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/108/htm/sec_9.htm)
25. Gomez, H. (2002). Eco Portalnet, *Radiactividad*. <http://www.ecoport.net/articulos/radianat.htm>
26. OIEA, división de Información Pública, en [www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)
27. Nicholas Lenssen. Unesco, El correo de la Unesco, *Centrales Nucleares: una Bomba de Tiempo*. [http://www.unesco.org/courier/1999\\_03/sp/planete/txt1.htm](http://www.unesco.org/courier/1999_03/sp/planete/txt1.htm)
28. Rivera, Alicia. Diario El País, Madrid, *Más de 50 satélites con carga nuclear caerán a la tierra en los próximos años*. [www.deimos-space.com/Eng/articles/elpais\\_15\\_07\\_2001.html](http://www.deimos-space.com/Eng/articles/elpais_15_07_2001.html)
29. Loperena Rota, Demetrio. *Los derechos al medio ambiente adecuado y a su protección*. [www.cica.es/aliens/gimadus/loperena.html](http://www.cica.es/aliens/gimadus/loperena.html)
30. Centro de Derechos Humanos y Medio Ambiente. [www.cedha.org.ar](http://www.cedha.org.ar)

31. Corporación Nacional del Medio Ambiente. Chile.  
www.conama.cl

## 2.- Libros Y Revistas.-

32. Oldenberg, Otto (1966) Introducción a la Física Atómica y Nuclear, (3ª edición). New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
33. Memoria "Sistema Nuclear Internacional Descripción y Normativa", Raúl Leal Osorio, 1989. Universidad de Valparaíso.
34. Lorenzo Martín-Retortillo (1965), Energía Nuclear y Derecho, Barcelona.
35. Apuntes de clases Derecho Civil I, Profesora Susana Bontá Medina, Universidad de Valparaíso. 1996
36. Jaime Williams B. Y Antonio Dougnac R. (1989). Introducción a la vida cívica. Editorial Universitaria.
37. Lorenzo Martín-Retortillo (1965), Energía Nuclear y Derecho, Barcelona.
38. Memoria "Derecho Nuclear Legislación Chilena y Derecho Nuclear Internacional", Manuel Allendes P., 1985. Universidad de Valparaíso
39. CONAMA, Energía y Minería competencias ambientales. 1996

### 3.- Textos Legales.-

40. Constitución Política de la República de 1980.
41. Código Civil.
42. Código Sanitario.
43. Código de Minería.
44. Ley 16.319, que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
45. Ley 18.302, de Seguridad Nuclear.
46. Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
47. D.L. 2.222, Ley de Navegación.
48. Ley 18.097, Orgánica Constitucional sobre concesiones mineras.
49. Decreto 400, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 17.798, sobre control de armas.
50. Reglamento número 3 de protección radiológica de instalaciones radiactivas.
51. Decreto Ley N° 12 para el transporte seguro de materiales radiactivos.
52. Reglamento N° 87, de protección física de las instalaciones y de los materiales nucleares.
53. Reglamento N° 133, sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en

ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines.