

## **CAPITULO 8**

# **LOS RESIDUOS NUCLEARES**

**Una Paranoia  
Desenfrenada**



## Los barcos de la Muerte

**E**ste tema podría catalogarse como el Paradigma de los Eco-Fraudes. No existe ningún otro aspecto de la ciencia nuclear que haya dominado e influenciado la visión negativa de la energía nuclear como lo ha hecho el tema de los residuos nucleares. Esto es realmente irónico, puesto que, en verdad, no existe ningún problema técnico ya sea para manejar a los residuos nucleares, como para su procesamiento o reciclado - que es la mejor y más eficiente forma de eliminar la mayor cantidad de radioactividad del combustible quemado. El público "cree" que el problema de los residuos nucleares no ha sido resuelto y ello no tiene nada que ver con la más cruda realidad científica. La visión errónea del asunto es constantemente impulsada por los críticos y opositores a la energía nuclear, abanderados en este momento por la extremista organización ecologista *Greenpeace*.<sup>(1)</sup>

Esta organización dedicada a la exterminación de la energía nuclear y todo lo que se relaciona con ella, lanzó una campaña tan feroz contra los viajes de los barcos *Akatsuki Maru* y el *Pacific Pintail* - que llevaban una carga de plutonio con destino a Japón - que es necesario que se conozcan todos los detalles que rodean al caso, para llevar tranquilidad a la gente común que está aterrorizada, porque lo ignora todo sobre el tema nuclear.

*Greenpeace* ha estado durante años conduciendo virulentos ataques contra las centrales nucleares del mundo occidental, siguiendo precisas instrucciones de poderosos intereses geopolíticos que se remontan a la corona británica y a su "alma mater", el *World Wide Fund for Nature*, el famoso WWF fundado por el príncipe Felipe de Edimburgo, consorte de la reina Isabel II de Inglaterra.<sup>(2)</sup>

En las campañas de prensa impulsadas por *Greenpeace* ha brillado por su ausencia la voz de la ciencia, ya sea en el tema nuclear como en lo relativo a los demás asuntos como el Agujero de Ozono, el Efecto Invernadero, la dioxina, la deforestación de las selvas, los pesticidas y muchas otras importantes cuestiones del ambiente. Dado que *Greenpeace* hizo escuchar su palabra de manera exagerada, es hora que escuchemos a la voz de la ciencia.

## Hechos comprobados

Cuando se informa sobre algún tema y sólo se muestran aquellas partes que, una vez deformadas sirven para apoyar una teoría y se ocultan aquellas que demuestran que esa teoría es falsa, el informante comete un fraude que, en muchos campos de la actividad humana, está penalmente castigado. Sin embargo, en materia ecológica, esta costumbre está tan extendida y sus consecuencias han resultado tan perjudiciales para todas las actividades de la humanidad, que resulta sorprendente, a primera vista, que la justicia no intervenga con mayor frecuencia para castigar a los culpables. Veamos entonces qué es lo que no dice *Greenpeace*, para saber por qué sus campañas de alerta ecológica no son más que **un fraude total**.<sup>(3)</sup>

*Greenpeace* dice que, en caso de que los barcos de transporte nuclear se hundan en el mar, el plutonio que lleva "envenenará" durante miles de años los océanos, causando una hecatombe ecológica. **No hay tal cosa**. Las reglamentaciones internacionales que rigen en la materia de transporte de residuos y materiales radioactivos son extraordinariamente rigurosas, y producto de extensas investigaciones y pruebas científicas que han conseguido eliminar de manera total cualquier riesgo de que los radio nucleidos de los productos transportados pueda escapar al exterior de los contenedores.<sup>(4)</sup>

Los residuos nucleares, ya sean que provengan de las centrales nucleares o de la actividad médica, han sido clasificados en tres categorías, de acuerdo al nivel de radioactividad que contengan. Estas categorías son: **Residuos de Bajo Nivel** (RBN), **Residuos de Alto Nivel** (RAN) y **Residuos Transuránicos** (RTU). Vamos a considerar a cada una de estas de manera separada, comenzando por los RBN o de bajo nivel. Estos residuos comprenden sólo al 1% de la radioactividad **de todos los residuos nucleares del mundo**, pero son, sin embargo, el 99% de su volumen.<sup>(5)</sup>

Los RBN son aquellos residuos que tienen una actividad por debajo de 0.01 curies/kg. Esto es como 1.000 Millones de veces menos radioactividad que la que tienen los residuos de alto nivel. Los residuos de bajo nivel provienen principalmente de la actividad industrial - por ejemplo, ensayos no destructivos que, junto a los residuos de origen médico y de investigaciones académicas y científicas toman cuentan del 46%, en volumen, de todos los residuos nucleares. Los restantes 56% (en volumen) vienen de las centrales nucleares y ello incluye a los nucleidos radioactivos solidificados que se extraen del agua de refrigeración, ropas protectoras y materiales de limpieza.

Sin importar de donde provengan, todos los RBN son sólidos o deben ser solidificados y adecuadamente empacados antes de ser enviados a su lugar de almacenamiento. Existen en Estados Unidos tres lugares que han estado en uso por muchos años: uno en Carolina del Sur, otro en Nevada y el tercero en el estado de Washington. Estos lugares se llaman "*repositorios nucleares*" y no "*basureros*", como a la gente de *Greenpeace* les gusta llamarles.

El término "basurero" está aplicado con la más pura y aberrante mala fe posible, dado que con ello se pretende hacer creer a la gente que los residuos nucleares serán arrojados allí, a cielo abierto, de la misma forma que las municipalidades de muchos pueblos los hacen con la basura domiciliaria, para que se pudra y se convierta en tierra

otra vez. La gente cree entonces, que la radioactividad saldrá a chorros de los muy mal llamados "*basureros*" nucleares. No hay tal cosa, pero Greenpeace jamás se lo dirá al público... ***mataría a la Gallina de los Huevos de Oro!***

En todos los casos, los contenedores de residuos RBN son rigurosamente inspeccionados, monitorizados y colocados en trincheras o profundos pozos de enterramiento. Se están construyendo nuevos repositorios nucleares en Estados Unidos, en Nebraska, California, Nueva Inglaterra, Illinois y en el Sudoeste, New Mexico y Nevada (Yucca Mountain) bajo leyes que permiten a los estados formar cooperativas para hacerse cargo de sus residuos de bajo nivel y reducir así al mínimo su transporte.

### Más Leyes Tontas

Como la mayoría de las leyes, las reglamentaciones que rigen a los RBN contienen graciosas (o estúpidas?) anomalías. Algunos productos radioactivos están exceptuados (¿por qué?, usted dígame). Los detectores de humo, por ejemplo, no están obligados a enviarse a los repositorios, aunque su operación depende *del americio*, un elemento bien radioactivo. También están exceptuados de esta reglamentación los diales de relojes luminosos e instrumental de aviones, que por lo general contienen *tritio*. También se exceptúa a las "camisas" de las lámparas de gas y kerosén de la marca *Coleman*, aunque se sabe que contienen *torio*. ¿Ignorancia? ¿Estupidez? Quizás algo más...

Sin embargo, en el campo de la medicina nuclear, todo es considerado residuo nuclear: jeringas y agujas, tubos, sondas, contenedores de plástico y de vidrio, gasas, guantes, aún los delantales médicos que hayan estado en contacto con algún isótopo. Considérese que, para diagnosticar o tratar a un paciente de tiroides, **el 99% del Iodo-131 radioactivo** queda dentro del cuerpo del paciente, mientras que el **restante 1%** queda atrapado en la aguja o sonda y se convierten en residuos radioactivos RBN.

El Iodo-131 tiene una vida media de 8 días; no queda para siempre dentro del paciente sino que es expulsado de manera natural: *a través de la orina*. Sin embargo, a los pacientes no se les obliga a "vaciar" en algún recipiente especial hasta que todo el Iodo-131 haya desaparecido, sino que a nadie le importa que vaya a parar al sistema público de cloacas o pozos ciegos. ¿Es peligroso esto? ***Para nada***, simplemente porque se diluye de tal manera que no causa ningún trastorno.

Si eso pasa con el 99% del Iodo-131, entonces ¿por qué preocuparse del 1% contenido en *los "residuos" médicos*? Las reglamentaciones provienen, muchas veces, del recóndito terreno de la estupidez . . . allí donde viven los burócratas y los políticos que declaran alguna región o ciudad "*zona no nuclear*".

Más todavía, el cuerpo humano mismo contiene radioactividad, más o menos 0.1 microcuries de Potasio-40 y 0.1 microcuries de Carbono-14. De acuerdo a las leyes que gobiernan al manejo de residuos RBN, esas cantidades significan que el cuerpo humano no puede ser enterrado, cremado o arrojado a la basura. Pero, por supuesto, las leyes no se aplican a los seres humanos, sino sólo a los animales de laboratorio y cualquier material que los seres humanos hayan colocado insignificantes e inofensivas cantidades de radioactividad.<sup>(6)</sup>

Por último, algunos residuos que contienen pequeñas cantidades de radioactividad quedan fuera de las leyes que gobiernan a los RBN, simplemente porque provienen de

actividades que no son consideradas "nucleares". La quema de carbón es un ejemplo - y recuérdese que existen ***cinco millones de toneladas de cenizas de carbón por cada tonelada de residuo nuclear***. Walter Marshall, presidente *del Panel de Generación Central de Electricidad de Gran Bretaña* (PGCEGB) dijo en 1988, para asombro y consternación de algunos espíritus sensibles:<sup>(7)</sup>

*"A principio de este año, Combustibles Nucleares de Inglaterra arrojó al Mar de Irlanda unos 400 kilos de uranio, con el total conocimiento de los reguladores. Esto atrajo una considerable atención, y creo que unas 14 interpelaciones parlamentarias." "Debo informar que ayer el PGCEGB liberó unos 300 kilos de uranio radiactivo al ambiente, junto con todos sus subproductos de descomposición radiactivos.*

*Más aún, el día anterior hemos liberado unos 300 kilos más, hoy vamos a liberar una cantidad similar y planeamos hacer lo mismo mañana. De hecho, lo hacemos todos los días de todos los años al quemar carbón en nuestras usinas de generación eléctrica. Y nosotros no lo llamamos "residuo nuclear". Simplemente lo llamamos "cenizas".*

Lo mismo pasa en todas partes del mundo. La única industria que ha tomado la responsabilidad de manejar adecuadamente sus residuos desde un principio ha sido la industria nuclear. Y, sin embargo - ironía del destino, ya que nunca, pero nunca jamás nadie fue herido o contaminado por el proceso, es la industria más criticada por sus prácticas de manejo de residuos.

## Los Materiales Transuránicos

Las reglamentaciones actuales definen a los Materiales Trans-Uránicos (MTU), como aquellos contaminados con radionucleidos que emiten radiación alfa de número atómico mayor que 92 y vida media mayor que 20 años (por ejemplo el plutonio) en concentraciones mayores a 100 nanocuries por gramo (nCi/g) - y deben ser destinados a repositorios geológicos subterráneos. Se descomponen principalmente a través de la emisión de partículas alfa, que tienen poco alcance, generan poco calor, y son fácilmente bloqueadas. Los residuos radioactivos con menos de 100 nCi/g de MTU se consideran RBN y se depositan en repositorios poco profundos, de manera apropiada. Por su parte, los MTU deben cumplir con un muy riguroso criterio de aceptación (y de procesamiento) antes de que esté listo para ser transportado a sus correspondientes repositorios.

Los materiales transuránicos no se dan de manera natural en el ambiente; estos residuos provienen principalmente de las actividades nucleares militares. Se obtienen del reprocesamiento del combustible quemado de los reactores de los submarinos nucleares y durante el reprocesamiento para obtener plutonio para la fabricación de armas atómicas. En los Estados Unidos, la mayoría de los MTU se separan y se almacenan en el Idaho National Laboratory, cerca de Idaho Falls, y en la Reserva Hanford, en el estado de Washington. Las reglamentaciones vigentes establecen que los MTU deben ser envasados en recipientes de vidrio borosilicato de alta resistencia, encapsulados luego en cilindros de acero inoxidable de tres metros de largo, treinta centímetros de diámetro y 500 kg de peso. Estos envases han sido sometidos a todo tipo de

pruebas destructivas para comprobar si hay alguna posibilidad de que la radioactividad de su contenido pueda escapar al exterior.

Estas pruebas incluyen el lanzamiento desde aviones que vuelan a gran altura, o el impacto directo de una locomotora diesel de 200 toneladas lanzada a 120 kph. Como después de repetidos ensayos de este tipo, los envases no han mostrado ningún tipo de deterioro, las autoridades que tienen a su cargo el control internacional del transporte de residuos y materiales radioactivos, han autorizado y recomendado su uso para lo que estuvieron haciendo el *Akatsuki Maru* y el *Pacific Pintail* en sus viajes al Japón: transporte ultra seguro de material radiactivo especialmente acondicionado - sin ninguna liberación de radioactividad al ambiente.

### Los Repositorios, ¿Sí o No?

Como sucede con todas las formas de residuos, ya se ha acumulado una gran cantidad de investigación sobre cuál es la mejor forma de manejar y guardar a los residuos transuránicos. Para los enterramientos geológicos profundos, se excavó en Nueva Méjico, cerca de Carlsbad, una inmensa caverna en un lecho salino a 800 metros por debajo de la superficie. El programa se llamó *Waste Isolation Pilot Program* (WIPP) o Programa Piloto de Aislamiento de Residuos, y luego de completarse todo el trabajo preparatorio fue imposible usarlo debido a la oposición presentada por grupos ecologistas. A causa de que algunas gotas de agua (provenientes de la cristalización de la sal bajo grandes presiones) caían del cieloraso de algunas de las galerías de 1600 metros de largo, los activistas anti-nucleares alarmaron a la gente aduciendo que los residuos podrían ser disueltos por el agua, filtrarse hasta las napas profundas y, de alguna manera, llegar a la superficie y contaminar a la cadena alimentaria.

Los activistas no pudieron, sin embargo, proporcionar ninguna explicación científica sobre cómo podría la humedad llegar a corroer a los contenedores de acero inoxidable y luego disolver a los envases de vidrio borosilicato que encierran a los residuos nucleares. Tampoco se le explicó a la gente que si toda el agua que se encuentra actualmente fluyendo en esa parte de Nueva Méjico fuese desviada hasta la formación salina, le llevaría **más de un millón de años** lavar a la sal del repositorio.

Aunque toda la evidencia científica disponible en el mundo apoya la tesis de la seguridad a largo plazo (muchos siglos) de enterramiento profundo en nuestro mundo radioactivo, la oposición continúa. Sin embargo, si todos los residuos radioactivos que tienen los Estados Unidos se pusieran en tierra, la radioactividad que existe en los primeros 600 metros del suelo de ese país se incrementaría solamente en una parte en 10 Millones. A pesar de todo, esta puede no ser la mejor manera de guardar o manejar a los residuos nucleares MTU. De hecho, existen dos alternativas mucho mejores:

Primero, los científicos del Argonne National Laboratory han sintetizado una sustancia totalmente nueva llamada CMPO (por octyl [phenil]-NN-diisobutyl-car-bamyl-methyl-phosphine oxide), que es capaz de aislar selectivamente a los transuránicos del resto de los residuos nucleares.<sup>(8)</sup> La extracción se lleva a cabo en conjunto con soluciones de ácidos nítrico y clorhídrico. Al extraer a los MTU, el resto de los residuos cae dentro de la definición de RBN o de bajo nivel y por ello son más fáciles y más económicos de manejar.

Los MTU extraídos son de 100 a 1.000 menos en volumen y se pueden solidificar y vitrificar. Este procedimiento tiene el potencial de ahorrar miles de millones de dólares en costos de manejo y almacenado.

Segundo, desde hace mucho tiempo que se conoce que la exposición de átomos radioactivos al intenso bombardeo de neutrones puede provocar la regresión a estados más estables. En otras palabras, los residuos radioactivos se pueden transformar en no-radioactivos si son tratados en un reactor que produzca gran cantidad de neutrones. Tales reactores han sido desarrollados y uno de ellos se llama el *Argonne National Laboratory Integral Fast Reactor*, que produce una superabundancia de neutrones rápidos.<sup>(9)</sup>

El sentido común nos sugiere que este reactor debe ser construido, aunque más no sea para "quemar" residuos nucleares. Es mucho mejor método destruir a la radioactividad que enterrarla. Por desgracia, la experiencia nos indica que las decisiones políticas que se vienen tomando en el campo de la ecología están basadas en la histeria y las presiones políticas, y no en la ciencia o el sentido común. Me doy por satisfecho si este libro sirve para que alguien abra los ojos.

### **RAN o Residuos de Alto Nivel**

Los RAN son la mezcla altamente radioactiva de productos de fisión y MTU que resultan del reprocesado del combustible quemado y que requiere aislamiento permanente. Si no es disipado, el calor de la descomposición atómica de tales residuos provoca temperaturas muy elevadas. Los RAN son preocupantes por la presencia simultánea del calor y algunos transuránicos de alta toxicidad y muy larga vida media.<sup>(10)</sup>

El calor de la descomposición (o "*decay heat*") de los productos de la fisión nuclear disminuyen rápidamente con el tiempo y se disipa con facilidad en la superficie o muy poco por debajo de ella. La profundidad generalmente incrementa la aislación térmica y el aislamiento a largo plazo. Después de 600 años de descomposición, la generación de calor de los RAN no tiene ninguna consecuencia seria. Como ya se hizo notar, estos residuos de alto nivel comprenden solamente al 1% de todo el volumen de los residuos radioactivos, pero son el 99% de toda la radioactividad de los mismos.

Los RAN de las centrales nucleares son, por ejemplo, las barras de combustible quemado de 4 metros de largo que se extraen del núcleo durante el recambio de combustible de los reactores.<sup>(11)</sup> Son residuos intensamente radioactivos y contienen mucho del uranio original, el plutonio que se ha producido, productos de fisión de larga vida y una cantidad de otros radio nucleidos y subproductos de la fisión. Normalmente, las barras de combustible quemado son almacenadas en grandes piletas de agua, dentro de las mismas centrales - verdaderos repositorios - donde se enfrían gradualmente. Después de eso, las actuales políticas nucleares de la mayoría de los países contemplan el enterramiento en profundas capas geológicas.<sup>(12)</sup>

### **Volviendo a los Barcos**

En el remoto, pero no imposible caso, de que el barco que transporta el material reprocesado se hundiese en el mar, los contenedores de plutonio permanecerían en-



capsulados millones de años en sus ataúdes de acero inoxidable y vidrio borosilicato, resistentes a cualquier tipo de corrosión, ya sea ácido o agua salada. Los vasos de vidrio de la cultura griega que han permanecido sumergidos más de 2000 años en el mar Egeo han demostrado que, definitivamente, el agua de mar no ataca ni disuelve al vidrio.

Pero nada de esto lo ha dicho Greenpeace. Le quitaría dramatismo y sentido a su campaña de alerta. Tampoco dice Greenpeace que la mejor manera de solucionar el asunto de los residuos nucleares es su reprocesamiento, tal como lo hacen Francia y Japón. La experiencia demuestra que, tanto el calor residual atómico como la penetrante radiación gamma del combustible usado, son drásticamente reducidas separando el uranio no quemado y retirando al plutonio, al cesio y al estroncio formado en los reactores nucleares. Este es un procedimiento rutinario para el reprocesado del combustible usado en los submarinos atómicos. La remoción de estos cuatro isótopos reducen la carga calórica de los residuos nucleares en un 98%, y en un 96% la emisión de los peligrosos rayos gamma.

Una vez terminado el proceso, el uranio recobrado se usa nuevamente en los reactores y el plutonio es empleado en los nuevos reactores de regeneración rápida. Esto es lo que se llama reciclado. ¿Por qué los ecologistas apoyan con un fervor casi religioso al reciclado para cualquier cosa, menos para los residuos nucleares? La razón está en que la energía nuclear permite el desarrollo industrial, el progreso de las naciones, el mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad y, con ello, la disminución de enfermedades y condiciones de vida que provocan la mortalidad por hambrunas y epidemias. Como ello lleva al aumento de la población de los países, la filosofía malthusiana del ecologismo ha declarado pecado mortal al reciclado de residuos nucleares.

### ¿La Ciencia o la Paranoia?

Greenpeace quiere hacerle creer al público que la liberación de radioactividad en el mar tendrá consecuencias catastróficas para el mundo entero. No es verdad, y veamos por qué. Los océanos contienen 1.345 millones de kilómetros cúbicos de agua salada que cubren el 75 por ciento del planeta. Los océanos son profundos - miles de kilómetros cuadrados del mar son más profundos que las montañas más altas de la Tierra; el volumen de los océanos es tan grande que el factor de dilución y absorción de calor son casi incalculables; y además el agua de mar no es potable.

¿Por qué se insiste entonces en sepultar a los residuos nucleares en la tierra - apenas una cuarta parte de la superficie útil habitable - y poner así en riesgo al pequeñísimo porcentaje de agua dulce de las que depende nuestra vida? ¿Acaso hay algo sagrado en el mar, como *Greenpeace* quiere hacer que la gente crea?

El mar ya contiene 400 mil millones de curies (Ci) de Potasio-40, 100 millones de Ci de radio, y 1000 millones de Ci de Uranio-238. Los dos centímetros superiores del fondo marino contiene muchos millones de curies de uranio. Muchos organismos marinos reciben decenas de Rems (no milirems!) de radiación de Polonio-210 que, como el Plutonio, es un emisor de rayos alfa, y un tipo de langostino - que comemos sin ningún temor - recibe una dosis anual de 100 rem.

Todo esto sucede de manera natural. Las altas dosis absorbidas por los organismos marinos han sido descubiertas muy recientemente por los investigadores, y son la prueba evidente de que la ávida absorción de radio nucleidos por parte de peces y langostinos no resulta perjudicial, ni para los organismos marinos ni para el consumo humano. La cantidad de radio nucleidos que se arroja actualmente al mar es de 100 mil curies. Con los miles de millones que ya existen allí de manera natural, **la cifra resulta una gota en el océano.**

Por cierto, estas evidencias científicas inobjetables no apoyan para nada la afirmación paranoica de *Greenpeace* que el almacenamiento submarino de residuos *nucleares "haría al mar tan radioactivo que no permitiría el crecimiento de algas . . . que producen casi la mitad del oxígeno del mundo"*. La verdad científica es que no existe la suficiente radioactividad disponible en el mundo para amenazar a las algas. Y, en cuanto al oxígeno, existe un equilibrio entre su producción y consumo; no hay torrentes de oxígeno que vayan del mar hacia la tierra.

Además, ya que el aire por encima de la superficie del mar contiene 7.500 veces más oxígeno que la producida por las algas microscópicas en el agua, en caso de que **toda la fotosíntesis marina desaparezca**, el oxígeno en la atmósfera disminuiría sólo un 10 por ciento en el curso del próximo millón de años. ¿No muestra *Greenpeace* un poco de paranoia? **¿O quizás un exceso de ignorancia?** Todo reside en el lema de *Greenpeace*: "*Negocios son Negocios*".

La radioactividad que es introducida en el mar es rápidamente devorada por procesos naturales, retirada del agua y llevada a los sedimentos profundos donde queda totalmente aislada de la vida marina. Quizás resulten más convincentes los experimentos realizados en la vida real para demostrar la rapidez con que el mar se recupera de la contaminación.

En las Islas Marshall del Océano Pacífico, está el atolón de Eniwetok, escenario de 46 explosiones atómicas, y que resultara totalmente contaminado con radioactividad. La mayor parte de ella fue a parar al fondo de la laguna en donde la cadena alimentaria marina se vio prontamente libre de radioactividad y pudo ser consumida en cantidad. No sucedió lo mismo con los animales y plantas sobre la superficie.

Aún hoy, 30 años más tarde, cocos y otras plantas, como también los cangrejos de tierra - un plato favorito de los lugareños - todavía son demasiado radioactivos a causa del Estroncio-90 y del Cesio-137. En el mar, por otro lado, esos radionucleidos están diluidos por la masiva cantidad de estroncio, calcio, cesio y potasio estables, y no representan ningún peligro para la cadena alimentaria marina, a pesar de su gran potencia en las cadenas de tierra.

## La Situación en Argentina

En el número 42 de la excelente revista científica argentina, **CIENCIA HOY**, apareció publicado un grupo de artículos y opiniones - como tema central de la edición - relacionados con el tema "*Repositorios Nucleares en la Argentina*", firmados por la Dra. **Emma Pérez Ferreira** (ex Presidente de CNEA), el Sr. **Norberto R. Ciallella**, de la *Autoridad Reguladora Nuclear*, y del biólogo **Raúl A. Montenegro**, presidente de *FUNAM*, (*Fundación para la Defensa del Ambiente*) de la ciudad de Córdoba.

Mi opinión es que este grupo de escritos debería ser de enseñanza obligatoria en las escuelas argentinas, tanto del nivel primario como secundario, porque se trata de información esclarecedora, clara, concisa y totalmente comprensible por parte de la población que ignora todo sobre el tema. También debería ser distribuida entre todos los organismos estatales y no gubernamentales (ONGs ecologistas y demás grupos interesados en el ambiente) para que el conocimiento claro y científico penetre en el entendimiento de todos, lo que permitiría llegar a una solución rápida y definitiva sobre el asunto de los residuos radioactivos y las centrales nucleares que los producen.

Reproducir estos artículos resulta, además de impráctico, imposible por razones de espacio; por lo tanto me limitaré a dar un resumen de sus partes más salientes e importantes. En pocos casos, deberé citar textualmente algunos pasajes dado que no podría yo resumirlos o explicarlos mejor.

La Dra. Pérez de Ferreira realiza un breve análisis político de la situación nuclear en Argentina que no agrega mucho a lo que se ha venido diciendo aquí y en todas las declaraciones que se hayan escuchado por parte de las autoridades de la Comisión Nacional de Energía Atómica (que siempre fracasaron en explicar a la gente, de manera sencilla y comprensible para todos, los extremadamente bajos riesgos que presenta la energía nuclear para usos pacíficos). Por su parte, el Sr. Ciallella, con su artículo científico "*Eliminación de Residuos Radioactivos de Alta Actividad*", nos proporciona el mejor, claro, conciso, comprensible, más científicamente detallado y documentado artículo sobre el tema residuos nucleares que yo haya podido leer en idioma castellano.

Por su parte, el Sr. Raúl A. Montenegro nos da su opinión sobre el tema en un escrito titulado: "*Cuando la ciencia es reemplazada por cuentos de hadas*", lo que resulta una curiosa incongruencia, dado que lo que nos cuenta, técnica y científicamente considerado, no es otra cosa que un *Cuento de Hadas* (o de Gaias, Gnomos y Demonios, si así lo prefiere). Pero veamos de que se trata todo esto.

## La Eliminación de Residuos Radioactivos

Nos dice Ciallella que la CNEA inició en 1980 un extenso y profundo estudio sobre el destino que se daría a los residuos radioactivos, y que se tituló "*Repositorio de Residuos de alta Actividad: Estudio de Factibilidad y Anteproyecto de Ingeniería*", que insumió 45 volúmenes y está disponible en numerosas bibliotecas, y disponible en la CNEA, el Congreso de la Nación, la legislatura de la provincia del Chubut, etc.

A despecho de toda la propaganda (cuentos de hadas) del ecologismo, el estudio apuntó de manera exclusiva al reprocesamiento y almacenaje de los residuos generados en Argentina, sin considerar la posibilidad de recibir residuos del exterior. Por otra parte, y para aventar cualquier duda que nos quede, la Constitución Nacional, desde 1994, prohíbe en su artículo 41 "*el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radioactivos*". Entonces, basta de seguir echando leña al fuego con el tema de que nos convertiremos en el Basurero Nuclear del Planeta. Ese argumento no funciona más.

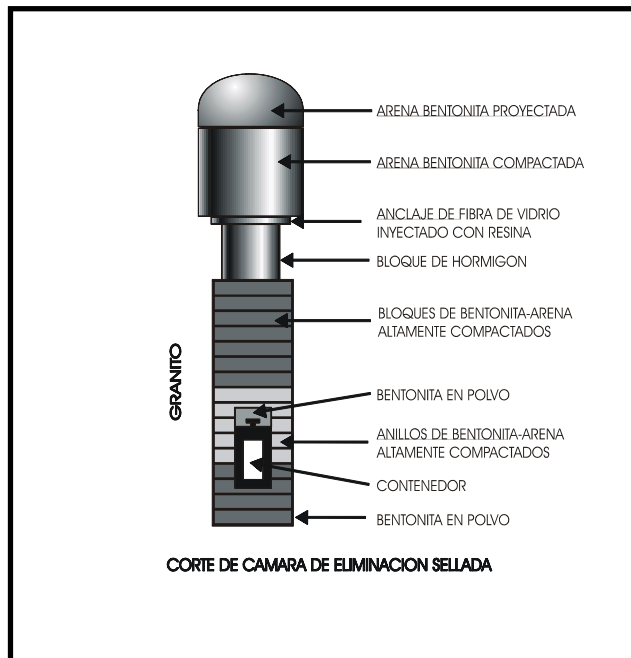
Explica Ciallella las clasificaciones y diferencias de los diversos materiales y residuos radiactivos (cosa que ya hemos visto más arriba). Luego nos informa que la CNEA abandonó en 1992 la idea de construir el repositorio en cuestión, lo que fue ratificado

por el directorio de CNEA en Marzo de 1997. A continuación citaré un pasaje: *"Los residuos radioactivos de alta actividad son una consecuencia inevitable de la operación de centrales nucleares. Cuando se forma la decisión de construir y operar una central, se ha tomado también la decisión de generar tales residuos. La mayoría de los países que utilizan esta clase de energía para producir electricidad ha implantado, por ello, programas destinados a eliminarlos de manera segura. Hay amplio acuerdo en la comunidad tecnológica y científica internacional acerca de la forma de encarar dicha eliminación que consiste, esencialmente, en aislar a los residuos del ambiente encerrándolos tras barreras naturales y artificiales."*

Se nos describe luego las diversas clases de suelos y materiales (arcillas, rocas graníticas, basaltos, domos de sal, etc) y las bondades y desventajas de cada uno de estos materiales geológicos, haciéndonos notar *que "a diferencia de los residuos industriales peligrosos por su naturaleza química, los radioactivos, debido a su menor volumen, pueden ser exitosamente aislados del ambiente". . . "Estudios varios (por ejemplo, los realizados por la empresa sueca creada por los operadores nucleoelectricos de ese país para hacerse cargo de los residuos de sus plantas) han concluido que la eliminación geológica puede lograr los niveles requeridos de seguridad"*.

### Vitrificación e Impermeabilidad

El artículo detalla, con lujo de detalles, el proceso de embalaje de los residuos nucleares en cápsulas cerámicas vitrificadas (vidrio borosilicato), con envolturas de plomo y encerrados en contenedores de acero inoxidable, para *"impedir toda entrada de agua, por lo menos durante los primeros 1000 años, tiempo suficiente para que los productos de fisión disminuyeran significativamente su radioactividad. El plomo es relativamente abundante en el país, barato y de uso corriente como blindaje contra la radiación pero, sobre todo, tiene una excelente capacidad de soportar la corrosión del agua, cuestión sobre la que existen datos que se refieren a lapsos mayores que los 1000 años tomados como referencia" ... "Los contenedores de plomo, por otra parte, fueron diseñados de forma que dieran cumplimiento a las normas internacionales para el transporte de material radioactivo, las que, entre otras cosas, determinan que tales recipientes deben ser capaces de resistir, sin que se libere radiación al ambiente, una caída desde una altura de nueve metros sobre un piso rígido, seguido de un incendio que lleve la temperatura a 800oC durante media hora. En virtud de que cumplen tales normas, los*



*radioisótopos o fuentes radioactivas de uso médico o industrial viajan en los aviones, trenes y ómnibus de pasajeros".*

Después de informarnos que se descubrieron en el país 198 formaciones geológicas estables, con escasa conductividad hidráulica, situadas en zonas de bajo riesgo sísmico y que permitían el enterramiento a 500 metros de profundidad, se descartaron todas aquellas que no eran ideales, quedando un total de siete zonas "candidatas" a convertirse en repositorio. Por un proceso más profundo de análisis y eliminación, quedó la zona de Gastre como la mejor de todas las ubicaciones posibles dentro de la Argentina, para dar inicio, recién a investigaciones de detalle en un área de 50.000 km<sup>2</sup>. De acuerdo a Ciallella, *"las investigaciones incluyeron fotointerpretación geológica, hidrología, sondeos geofísicos, geomorfología (con particular atención a los procesos tectónicos del cuaternario o de los últimos dos millones de años), sismología, vulcanismo (incluida la posibilidad de erupciones futuras : en la sierra del Medio no se registra actividad volcánica o ígnea de ningún tipo en los últimos 215 millones de años) análisis de imágenes satelitales y potencial minero del área"*. Como se puede apreciar, no se trata de Cuentos de Hadas sino de Ciencia Pura, despojada de todo resabio sentimental o romántico.

No se realizó un estudio a *"ojo de buen cubero"* como sugieren los ecologistas, sino que las investigaciones geológicas de detalle incluyeron muestreos petrográficos para el estudio de su composición y estructura, inventario de fracturas, estudio químico de aguas superficiales y subterráneas, etc. Se hicieron perforaciones, una hasta profundidades de entre 200 y 280 metros y otra hasta los 700-800 metros. Y aquí viene una de las demistificaciones más importantes sobre el tema:

*"Para tener una mejor noción de lo que está en juego en materia de posibles consecuencias de radiaciones sobre la salud humana o impacto radiológico, conviene recordar que los radio nucleidos de vida larga podrían sobrevivir al contenedor y al vidrio en que se los encierra. En tal caso, su transporte por el agua subterránea sería el camino más probable de regreso al ambiente, y el agua potable, así como el consumo de pescado, las vías por las que se afectaría a las personas. Pero tal transporte de sustancias radioactivas es un proceso muy lento ya que, al interactuar física y químicamente con su entorno, los radio-nucleidos se mueven mucho más lentamente que el agua, lo que retarda entre cien mil y un millón de años su camino a la biósfera". . . "Si el retardo ocasionado por la barrera geológica fuese de cien mil años -y se realizara la recuperación del plutonio 239-, la dosis colectiva recibida por la población mundial, debida a un repositorio que tuviese residuos de alta actividad de seis centrales nucleares argentinas, sería igual a la que llega a dicha población por estar expuesta a la radiación natural durante treinta minutos, valor que disminuye a diez minutos en caso de que el retardo ascienda a un millón de años"*.

Recordemos que vivimos en un mundo bastante radioactivo, y que la radioactividad de bajo nivel se ha demostrado como potenciador del sistema inmunológico y reproductivo.

Aborda luego Ciallella el tema de las dudas de la población con respecto a las predicciones de seguridad de los repositorios que abarquen un plazo muy largo. Nos dice que parece imposible conjeturar acerca de las dosis de radiación que podría recibir la gente dentro de 10.000 años, pues mirando la historia se advierte que ningún país de Europa pudo mantener las fronteras que tenía hace apenas cien años. Peor aún sería predecir la distribución de la población del planeta en el siglo 250, es decir, dentro de 23.000 años. Sin embargo, nos dice, los elementos radioactivos tienen en la naturaleza comportamientos mucho más predecibles en el largo plazo que la evolución y distribución del hombre sobre el planeta. El uranio y el torio, dos elementos naturales, están presentes en la corteza terrestre desde el origen de la Tierra, El movimiento de estos elementos, como el de sus descendientes - por ejemplo, el radio - se puede apreciar hoy después de los millones de años transcurridos.

A continuación nos cuenta del "reactor natural" de Gabón, el mismo que les mencioné bastante más arriba, diciendo que la Comisión de energía Atómica de Francia (que explotaba la mina de uranio de Oklo) había determinado que la reacción nuclear ocurrida hace 2000 millones de años duró alrededor de 500.000 años, afectó a unas 500 toneladas de uranio y liberó cerca de 100 millones de MWh de energía, con temperaturas de 300 a 450°C y presiones en torno a los 1000 bar. Los residuos radioactivos producidos por este gigantesco reactor natural fueron del mismo tipo que los de los reactores nucleares modernos y su cantidad equivalente a las que producirían los reactores de Embalse y Atucha juntas durante toda su vida útil.

El estudio del sitio indicó que la mayoría de los productos de fisión y prácticamente todos los otros elementos (incluido el plutonio) se desplazaron menos de 1,80 metros del lugar donde se formaron hace veinte millones de siglos! Afirma Ciallella que las condiciones del "reactor fósil" de Oklo, sin embargo, fueron sustancialmente diferentes a las de un repositorio geológico especialmente construido para eliminar residuos actuales de alta actividad, pues la temperatura de estos no superaría los 100°C; su presión no excedería los 50 a 100 bar y la porosidad, así como la conductividad hidráulica de los suelos sedimentarios y arcillosos de Oklo, son muy superiores a las de las formaciones geológicas hoy consideradas para la construcción de un repositorio.

Por último, en Oklo, los residuos estaban sumergidos en agua, mientras que en un repositorio moderno están incluidos en material vítreo, rodeados de metal de considerable espesor y excelente resistencia a la corrosión, incluidos en un contenedor inoxidable, colocados en una perforación hecha en la roca y aislados de ésta por material de relleno. En resumen: si los residuos radioactivos de Oklo, que estaban al "aire libre", sólo produjeron un transporte de radioactividad de 1,80 metros, ¿cuántos micrones de desplazamiento permitirán los contenedores a prueba de casi cualquier cosa en este mundo?

### **La Eventualidad Catastrófica**

El científico de la Autoridad Reguladora Nuclear se explaya a continuación sobre el tema los posibles sismos que podrían afectar a la zona de Gastre, demoliendo cualquier objeción que han presentado las ONGs antinucleares hasta la fecha. Para ello

analiza la teoría tectónica con preguntas (y sus respuestas) tales como: ¿Puede ocurrir un terremoto de magnitud en la sierra del Medio? Y si ocurriera ¿qué pasaría con los residuos? Después de un exhaustivo análisis, termina concluyendo que ". . . *si bien no es imposible que ocurra un sismo de gran magnitud en sierra del Medio o en Buenos Aires, es sumamente improbable que el fenómeno se produzca*". En ciencia, decir "*sumamente improbable*" quiere decir que las probabilidades en contra **son cercanas a infinito**.

Después analiza brevemente - porque no merece otra cosa - la objeción ambientalista de que es posible que Sudamérica se divida en dos debido a la denominada Megafractura de Gastre, y nos explica que fenómenos de este tipo se relacionan con movimientos de placas tectónicas que requieren millones de años. Como la mencionada megafractura se produjo durante el Triásico superior hace más de 100 millones de años, el eventual quiebre del continente no se podría producir dentro de los 1000 años de duración de las barreras de ingeniería, ni de los 10.000 a 100.000 años necesarios para que la eventual llegada a la biosfera de pequeñas cantidades de productos radioactivos no tuviese sobre la vida de ese momento efectos radiológicos mayores que los producidos por la radiación natural. En el caso específico de Gastre, dice Ciallella que no hay indicio alguno que puedan ocurrir cambios significativos en los próximos 30 a 40 millones de años. Con lo que nos quita un peso de encima.

CAUSA	PROBABILIDAD DE MUERTE
Fumar 20 cigarrillos diarios	1/200
Gripe	1/5000
Viajar en transporte público	1/10.000
Concurrir a un estadio de fútbol	1/25.000
Practicar alpinismo	1/25.000
Tomar píldora anticonceptiva	1/50.000
Terremoto (California)	1/600.000
Transporte aéreo	1/10.000.000
Central Nuclear	1/10.000.000
Repositorio de residuos de alta actividad	1/100.000.000.000.000

Fuente: Journal of the American Medical Association (244, II: 1126-1128) y CNEA

**Fig. 6:** Riesgo medio anual de muerte debido a eventos naturales, hábitos humanos y accidente antropogénicos.

Por último, el artículo habla de los riesgos y la percepción y la actitud que la gente tiene ante los mismos. *"La actitud de las personas ante un riesgo determinado varía de una a otra y lo mismo entre grupos sociales o naciones. Muchos factores influyen en la evaluación de los riesgos, así como lo hacen en la evaluación de los beneficios por cuya obtención se puede aceptar correr tales riesgos. Algunos dependen del individuo, entre otros sus antecedentes, conocimientos y emociones; otros son menos subjetivos, como el grado de control ejercido sobre el peligro y los efectos de éste sobre la calidad de vida. El riesgo que percibe determinada persona depende de sus características indivi-*

*duales y de su posición social, así como de su evaluación de la probabilidad de que ocurra un acontecimiento adverso, y de las consecuencias probables de éste. Muchas veces, en los debates sobre riesgos están en juego intereses económicos o políticos más amplios, y las percepciones del riesgo se usan como un argumento poderoso en la discusión". . . "El estar expuesto a riesgos no es, necesariamente, algo por evitar a toda costa. Los logros de la vida moderna implican la exposición a varias fuentes de riesgo; el progreso de la humanidad no hubiese sido posible sin los riesgos incurridos por nuestros antepasados." Cosa que el 99% de la población del mundo les agradece . . .*

## CONCLUSIONES DEL ARTICULO

- Los elementos combustibles de las centrales nucleares de Atucha y Embalse, una vez agotada su capacidad energética en el reactor y convertidos en residuos, pueden mantenerse almacenados en piletas por períodos no mayores de medio siglo. Luego hay que darles un destino definitivo.
- El almacenamiento de esos residuos - acondicionados en forma sólida en formaciones geológicas profundas de características adecuadas, no ocasiona ni ocasionará en el futuro riesgos mayores que los aceptados normalmente en la vida diaria. El estado actual del conocimiento resulta suficiente para demostrar que pueden ser eliminados de forma segura.
- Las investigaciones realizadas en la sierra del Medio fueron alentadoras y permiten inferir que el lugar es apto para la instalación de un repositorio de residuos radioactivos de alta actividad, porque:
  - ❖ la sierra del medio se aloja en una faja de la corteza terrestre que fue inestable durante el jurásico y cretácico, entre 65 y 195 millones de años atrás. Desde entonces, se ha comportado como un bloque rígido.
  - ❖ en su interior no se ha registrado actividad volcánica o ígnea desde hace 215 millones de años;
  - ❖ estudios de riesgo sísmico en el área de Gastre demostraron que la probabilidad de que ocurra un sismo con consecuencias significativas para el repositorio es sumamente baja: para un terremoto de grado 7 de la escala de Mercalli, una en 100.000; para uno de grado 8 no alcanza a una en 1.000.000.
  - ❖ Seleccionando materiales adecuados, un contenedor puede mantener aislados los residuos durante 1.000 años y garantizar los requerimientos de protección radiológica durante su transporte y almacenamiento final.



- ❖ Para la inclusión de residuos en vidrio del tipo borosilicato se dispone de una tecnología bien conocida, de la que se tienen suficientes datos experimentales como para asegurar que el material no será disuelto en el agua en, por lo menos, 10.000 años.
- ❖ Las hipótesis más pesimistas sobre el comportamiento de las barreras geológicas permiten asegurar que impedirán la llegada de los residuos a la biosfera, por lo menos, por 100.000 años. La consecuencia radiológica de que al cabo de ese lapso se disemine la radioactividad del combustible agotado de las centrales mencionadas serán equivalentes a *la radiación natural* que recibe la población del mundo *en treinta minutos*.
- Desde hace más de veinte años se estudia la forma de reducir los volúmenes de los residuos de alta actividad. En el estado actual de la tecnología, si bien se puede disminuir la cantidad de elementos radioactivos de larga vida, no es posible destruirlos por completo, por lo que de todas maneras, continúa siendo necesario eliminarlos en repositorios geológicos.

## Quando la Ciencia es Reemplazada por Cuentos de Hadas

### (Una visión ecologista de los repositorios nucleares)

El biólogo Raúl A. Montenegro preside FUNAM, una fundación cuya intención declarada es la protección del ambiente, aunque sería más loable que fuese la protección del *Ser Humano*. Pero, la discrepancia de opiniones es la que va allanando los obstáculos y forjando el futuro de la humanidad.

Los editores de la revista CIENCIA HOY han publicado el trabajo de Ciallella como "artículo científico" porque: ". . . se trata de un trabajo que, por su índole, puede ser sometido a los controles normales del material que sale en CIENCIA HOY, es decir, revisado por árbitros reconocidos entre sus pares, con el fin de que determinen si su tratamiento y contenido son científicamente correctos." En otras palabras, un trabajo es científico si es validado por otros científicos que comprueban que lo expuesto se ajusta a la Verdad Científica Comprobada. Es lo que se conoce universalmente como "replicación" o "validación".

Por otro lado, el escrito de Montenegro ha sido presentado así: "La tercera y última nota, en cambio, se publica con la carátula de "opinión". Es un ejemplo del modo de argumentar de las corrientes ecologistas, de las que Raúl Montenegro es un distinguido representante. No se presenta como artículo porque no podía ser sometida a arbitraje ni calificada en términos científicos: queda en manos del lector juzgar el peso de sus razones".

El contenido de la "opinión" no difiere en nada del estilo ecologista que viene usando desde hace muchos años. Usar datos científicos - fuera de contexto o sin cuantificación ni comparación con valores normales - para sugerir que lo que se expresa tiene carác-

ter científico absoluto, con el objeto de intentar probar teorías que carecen, precisamente, de toda base científica seria. Los argumentos usados son esencialmente emocionales que, para los que conocen con amplitud el tema, provocan primero una sonrisa, y luego un poco de indignación. Pero, como ya dije antes, todo es materia opinable, y Montenegro tiene todo el derecho del mundo a opinar, aunque su opinión no pueda ser catalogada (como prudentemente abren el paraguas los editores de CIENCIA HOY) de científica. Pero lo analizaremos brevemente, porque no hay mucho para decir al respecto.

Dice Montenegro sobre las centrales nucleares argentinas: *"Los radioimpactos rutinarios son producidos por descargas supuestamente controladas de radioisótopos al agua y al aire. Cotidianamente, la central nuclear Embalse vuelca tritio 3, gadolinio 153, . . . [ nombra 17 radioisótopos ] y cobalto 60, entre otros al lago artificial creado por el embalse del río Tercero."*

Sin embargo, no menciona que la emisión o vuelco de tales efluentes es cosa normal en cualquier central del mundo y que, en Argentina, son estrictamente controlados por la Autoridad Reguladora Nuclear, como lo son en Canadá, país originario del diseño Candú. Ahora bien, las emisiones que se hacen están muy por debajo de lo permitido por las autoridades reguladoras. Dicho matemáticamente, las emisiones de radioisótopos al ambiente ni siquiera llegan al 1% del límite permitido (o "target") por las estrictísimas normas internacionales. En palabras más comprensibles, las emisiones no alcanzan a ser ni la centésima parte de lo que se podría emitir sin perjudicar a la salud humana, animal, o estuariana.

Nos dice después que al término de la vida útil de las centrales argentinas *"habrán 134.000 barras de combustible agotado" . . . "Cada barra de combustible agotado contiene centenares de isótopos radioactivos de distintas vidas medias. De allí que su horizonte absoluto de riesgo sea 100.000 años o, lo que es igual, 1000 siglos"*. Con lo que pretende meterle miedo al que no sabe nada del tema. Y aunque muchos lectores de CIENCIA HOY son científicos, no sé cuántos saben realmente algo del tema radioactividad.

Sin embargo, no nos ha dicho nada que no habíamos leído ya en el artículo de Ciallella. Y la enorme diferencia reside en que mientras Ciallella nos propone soluciones técnicas basadas en la más pura ciencia, Montenegro no nos propone otra cosa *que clausurar inmediatamente las centrales nucleares . . .* y con los residuos, ¿que debemos hacer? ¿Cuál es la propuesta ecologista? ***No hay propuesta alguna.***

Enumera más adelante una serie de riesgos que, si hubiese tenido oportunidad de leer antes el artículo de Ciallella hubiese evitado mencionar, dado que Ciallella explica acabadamente - y lo demuestra científicamente - que tales riesgos son tan extremadamente bajos como para ser considerados inexistentes. Habla de riesgos como que el plutonio proveniente del reprocesado de los residuos harían de Ezeiza un blanco del terrorismo y de presiones internacionales, ya que Argentina tendría un stock bruto de 15 toneladas de plutonio.

Sabemos que el plutonio es un material valiosísimo para ser usado por las centrales nucleares de Regeneración Rápida, (como algunos de Japón, Francia y EEUU) que lo consumen hasta casi hacerlo desaparecer. ¿Qué mejor destino para un residuo que

quemarlo hasta hacerlo desaparecer . . . y de paso generamos energía eléctrica para uso de la gente?

Insiste luego con que el riesgo del transporte de los residuos desde Buenos Aires o Córdoba hasta Gastre serían razones suficientes para hacer inviable el proyecto del repositorio . . . *cosa que absolutamente no es cierto!* Pero no olvidemos nunca que lo que expresa Montenegro es sólo una opinión que no ha sido considerada - ni lo puede ser jamás - científica . . .

Casi al final, sostiene que *"Lamentablemente, cuando CNEA seleccionó la sierra del Medio no realizó una evaluación de impacto ambiental mediante un estudio que considerara variables múltiples. Los vacíos e incertidumbres que contenían y todavía contienen sus documentos técnicos resultan inexplicables"*. Entonces, ¿de que están llenos los 45 volúmenes de estudios e investigaciones científicas profundas que analizaron hasta el más ínfimo detalle del proyecto?

Dado que la inmensa mayoría de nosotros no ha tenido tiempo de leer a fondo todo el informe, nos quedará la duda de si lo que dice es verdad o sólo una "opinión". Después de la consabida retahíla de argumentos emocionales, termina la "opinión" sosteniendo que el proyecto *"carece de toda base científica"* y propone *"la indispensable consulta pública para proyectos de esta naturaleza"*. Ahora bien, ¿hay que consultar a millones de sinceros, ingenuos y desinformados ignorantes sobre si vale la pena construir un repositorio nuclear que es absolutamente indispensable hacerlo, y lo más pronto posible? Si tenemos que operarnos de cáncer, ¿le pedimos su opinión a un equipo de oncólogos o a un equipo de fútbol?

Y el remate de la "opinión" no tiene desperdicio: *"Tanto la creciente investigación sobre los efectos biológicos de bajas dosis de radiación, como la indispensable consulta pública para proyectos de esta naturaleza - crónicamente ignorada por la CNEA - llevan a concluir que iniciativas de este tipo no son viables y aconsejan considerar alternativas más sencillas y menos onerosas"*.

¿Como cuáles? Hasta el día de hoy, no conozco organización ecologista que haya hecho conocer alternativa alguna *acerca de qué hacer con los residuos radioactivos*, ni han propuesto jamás ninguna solución técnica o del tipo que sea, para eliminar, re-procesar, o guardar los residuos radioactivos. El asunto ya se está volviendo repetitivo, pero ¿hasta cuándo la ciencia pura seguirá siendo reemplazada por cuentos de hadas, Gaias y Pachamamas?

### De ignorantes a granel

De todos los funcionarios que han hecho declaraciones públicas oponiéndose a la energía nuclear, no hay uno solo que tenga los conocimientos necesarios para opinar. Si no fuese así, la prudencia le habría ganado a la ignorancia y las declaraciones hubiesen contenido un mensaje tranquilizador para la población. Para poder hablar sobre cualquier tema, es de mucho valor conocerlo y saber de lo que se está hablando. De otra forma, se corre el riesgo de ingresar a la legión de bobos ignorantes que repiten los partes de prensa con que las ONGs ecologistas basan sus campañas de desinformación hábilmente planeadas.

Los funcionarios, sean elegidos por el pueblo o por el dedo gubernamental, tienen una enorme responsabilidad para con la sociedad - de la cual forman parte y de la cual se surten económicamente con tanta prodigalidad. Su primer deber, antes de opinar, es informarse por medio del mejor de los sistemas conocidos: estudiar. Para ello es necesario escuchar todas las campanas que suenan en la procesión, sin desechar ni una sola. Luego se hace imprescindible ordenar y analizar los hechos, en este caso los hechos científicos comprobados y, usando al menos común de los sentidos - el sentido común - arribar a una conclusión científica que les permita opinar con cierta responsabilidad.

Pero no sólo los funcionarios de gobierno han demostrado su total ignorancia de los hechos científicos (y no es porque no tengan a quien recurrir en busca de los datos correctos), sino que a la legión de ignorantes se ha sumado con entusiasmo toda clase de personajes de la farándula, de la prensa escrita, conductores de programas de radio, horoscoperas y taróteras, y en fin, todos aquellos que, por haber opinado con soltura sobre la relación de pareja de fulanita y la vedette de turno, se sienten capacitados para condenar con total desparpajo al viaje del *Pacific Pintail* o del *Akatsuki Maru*, o la intención de algún gobierno de instalar repositorios nucleares, vaticinando el próximo fin del mundo.

Se atribuye a Friederich Nietzsche haber dicho una de las frases más inteligentes que se hayan pronunciado en la historia de la humanidad: *"No existe nada peor que la ignorancia en acción"*. Cosa que, si repasamos la historia con espíritu crítico, comprobamos que, desde las hordas de Atila para acá, tiene una validez aterradora.

## Conclusión

Con los desechos nucleares es cuestión de hacer lo que es correcto y lo que es mejor, científica, técnica, ecológicamente correcto y apropiado. Es tiempo de actuar con coraje para hacer lo que es mejor para la humanidad. Y entre las muchas cosas que es necesario hacer resalta con luz propia el desenmascarar a los que falsifican y parcializan los hechos presentándolos bajo aspectos sórdidos y truculentos, con la principal intención de lograr objetivos geopolíticos que buscan la continuación del status colonial de los países del Tercer Mundo y diferenciarlos de los que, como nosotros, intentamos vanamente desarrollar nuestra industria y mejorar las economías nacionales.

Aunque el entierro de residuos nucleares es perfectamente seguro, no representa una práctica que tenga mucho sentido, viendo las ventajas de enterrar los residuos nucleares en el mar. La Dra. Dixie Lee Ray, ex gobernadora del estado de Washington y ex Presidenta de la Comisión de Energía Atómica de los EEUU dijo en 1990: ***"Hablando como bióloga marina, me uno a la gran mayoría de científicos oceánicos que sostienen que el océano, el profundo océano - el fondo del profundo océano - es el lugar adecuado para enterrar los residuos, ya sean nucleares o químicos."*** Por supuesto, el reciclado de residuos nucleares y su enterramiento marino puede hacerse, pero algunos respetados y famosos científicos dirán que no es posible. También algunos famosos y respetados científicos del pasado dijeron cosas respetables como estas. Juzgue usted:

*"No parece que el hombre pueda jamás dominar al poder del átomo"*

- **Robert Milliken**, Premio Nobel, 1923

*La energía producida por la ruptura del átomo es una cosa muy pobre.*

*Cualquiera que espere obtener energía de la retransformación de estos*

*átomos está hablando cosas sin sentido."*

- **Ernest Rutheford**, Premio Nobel 1908

*Se ha hablado mucho acerca del cohete de 3.000 millas. En mi opinión,*

*tal cosa es imposible . . . podemos dejarla fuera de nuestra imaginación.*

- **Vannevar Bush**, físico del MIT, Premio Nobel 1945

*No hay esperanza alguna para la fantástica idea de alcanzar la Luna,*

*a causa de la barrera insuperable de la gravedad terrestre.*

- **Dr. F.R. Moulton**, astrónomo, Universidad de Chicago, 1932

*Aunque teórica y técnicamente la televisión sea posible, considero que*

*es una imposibilidad comercial y financiera. Es un desarrollo en el que no*

*debemos perder tiempo soñando con él.*

- **Lee de Forest**, pionero de la radio de EEUU, 1926

*¿Qué me dice, señor? Hará usted navegar a un barco en contra del*

*viento y la corriente poniendo una caldera con fuego bajo la cubierta? Le*

*ruego que me excuse, pero no tengo tiempo para escuchar tales tonterías.*

- **Napoleón Bonaparte**, a Robert Fulton, inventor del barco a vapor.

## ¡ULTIMO MOMENTO!

Como comprobación de la veracidad de lo que se ha expuesto hasta aquí, aparece una noticia en páginas interiores del diario *La Voz del Interior*, de la ciudad de Córdoba, edición del 22 de Mayo de 1997, que reproduzco textualmente:

### **Científicos Encuentran Forma de Eliminar Desperdicios Nucleares**

*«Científicos europeos diseñaron un reactor nuclear que puede disponer sin problemas de los desperdicios radioactivos, en un avance que podría dar comienzo a una energía atómica "segura", informó el diario británico The Observer. Agregaron que experimentos llevados a cabo en Cern, el laboratorio europeo nuclear de Ginebra, habían demostrado la viabilidad de construir plantas económicas y seguras, que consumirían plutonio y otros materiales altamente radioactivos. El diario agregó que los reactores propuestos son idea del profesor Carlo Rubbia, Ganador del Premio Nobel de*

*Física y ex director general del Cern.» . . . «En los últimos años, Rubbia ha estado dirigiendo experimentos para demostrar sus ideas, que presentará el mes próximo en una reunión del pleno de la Junta Directiva de Cern, agregó The Observer » . . . "Tomamos todo tipo de desperdicio de otros reactores y los pusimos en una de nuestras máquinas" dijo Rubbia al diario. "Todo se convirtió en desperdicios no peligrosos y de bajo nivel radioactivo". Agregó que estaba preparándose para ayudar a ingenieros a construir un reactor tipo, que tomaría por lo menos cinco años. Un consorcio internacional se creó a principios de este año para considerar construir un prototipo, que ha sido identificado como de máxima prioridad para el financiamiento del organismo central europeo de la industria atómica, el Euratom, dijo el diario.» «De ser exitoso, los reactores de Rubbia podrían hacerse cargo de los centenares de miles de toneladas de desperdicios nucleares altamente radioactivos, incluyendo el plutonio, creados por las plantas nucleares, agregó. Este material es tan peligroso que sólo se puede almacenar en profundos silos subterráneos por miles de años, pero ahora se acepta como que existe una nueva forma de manipularlos. "Por el contrario, los nuevos reactores, si son exitosos, podrían erradicar los desperdicios en forma instantánea y permanente", manifestó el periódico.»*

Importante observación: el físico Carlo Rubbia hace muchos años que viene experimentando con el tema del "reciclado" de desperdicios nucleares, lo mismo que los científicos norteamericanos del *Argonne National Laboratory*, tal como se ha podido leer más arriba. Por lo tanto no son noticias nuevas ni nada que se le parezca - aunque para los editores de diarios sensacionalistas sea un sorprendente descubrimiento. Aún así, a pesar de que esta noticia (ya cosa vieja) representa una solución extraordinaria y definitiva para un problema que aterra al mundo, los editores de diarios, en lugar de publicarla con grandes titulares prefieren ocultarla en una oscura sección a la que pocos lectores sienten la necesidad de acceder: la Sección *Artes y Espectáculos!*

## **LOS REALES RIESGOS DE LA RADIOACTIVIDAD: SIMPLIFICANDO EL CONCEPTO DE RIESGO**

Hemos visto ya cómo el fundamentalismo ecológico ha sobrepasado los límites de lo ridículo con sus regulaciones para las bajas dosis de radiación y descargas *ceró* al ambiente. Hay gente inteligente que ha desarrollado el principio conocido como **ALARA** (siglas del inglés "*As Low As Reasonably Achievable*", o: *Tan bajo Como Sea Razonablemente Alcanzable*), y que se refiere a las descargas de radiación ionizante al ambiente. Sería un grave error dejar la aplicación de este principio en manos de cualquiera que no sepa bien de qué se trata el asunto.

Por supuesto, no en manos de políticos ignorantes influenciados por ecologistas inescrupulosos. La "R" de ALARA es un resquicio por el que se han filtrado fanáticos extremistas cuyos razonamientos siguen resultando, de manera deliberada o no, sumamente primitivos y perjudiciales para el bienestar general de la población.

Porque de "**razonablemente**" se ha pasado ya a "**ridículamente**". Todo el mundo que entiende algo del asunto sabe que, en el campo de las mediciones, un valor cero no tiene ningún sentido. Sin embargo, persiste una elevada y noble aura adherida a la búsqueda de tan absurda y absoluta pureza. Cualquiera sea la dosis de emisión de radioactividad liberada al ambiente, el veredicto es siempre el mismo: culpable. Es muy difícil convencer a la gente (aunque sea muy fácil de demostrar) que, por debajo de ciertos niveles, **las muy bajas dosis de exposición a las radiaciones ionizantes no son peligrosas.**

El principal (y gigantesco) problema es que a la gente común le resulta muy difícil relacionar hechos científicos y medidas de dosis de *radiación con los riesgos reales para la salud*. Si no se es un experto, pero muy experto en radioactividad, la mención de las unidades de radiación no le dice absolutamente nada a nadie . . . la mención de 5 Rad, 3 mrem, 40 Becquerels, 10 Sieverts, deja a la gente impávida, fría y desinteresada del tema porque *no tiene ninguna otra cosa con qué compararla en la vida real*. La mayoría de nosotros sabemos que 220 voltios son peligrosos para la salud, pero que 12 voltios son inofensivos porque las baterías de los autos tienen 12 voltios y nada nos pasa cuando tocamos los bornes. Tenemos una referencia natural, de todos los días, a nuestro alcance. Por ello resulta muy interesante –fundamental, diría yo- la propuesta de **Jacques Pradel**, ex presidente de *la Sociedad Francesa de Protección Radiológica*, y ex funcionario de protección radiológica de la *Comisión de Energía Atómica de Francia*. La propuesta de Pradel consiste en que se deben usar otras unidades para medir y evaluar los riesgos de las radiaciones ionizantes. Para comunicarse exitosamente con el público, se deben dar explicaciones simples aunque esto pueda chocar a los especialistas. Permítaseme citar a Pradel:

*En un excelente artículo aparecido en la edición Marzo-Abril de 1998 de la **Revue Générale Nucléaire**, el científico Sueco Gunnar Walinder muestra cómo, gracias a juiciosos ejemplos, se pueden minimizar a los exagerados miedos nucleares. Por lo tanto propongo adoptar el uso de dos ejemplos de referencia para las simples unidades de evaluación de los efectos de las bajas dosis de radiación."... "El primero usa la variación de la dosis causada por las radiaciones cósmicas, de acuerdo a la altitud, y adopta, para la unidad de intensidad de dosis, el **metro de altitud adicional.** "*

Todo el mundo sabe que existe una cosa llamada "radiación cósmica", y aunque no tiene idea sobre los efectos que puede tener sobre la salud, no la considera peligrosa por el simple hecho de que no **la ve ni se siente afectada por ella**. Sus efectos no son notorios. La gente también sabe que esta "radiación" aumenta con la altura y que, lo mismo que sucede con la otra radiación que conoce –la ultravioleta- los habitantes de las montañas reciben más radiación que los de las pampas. Y, **muy importante**, reconocen que este aumento no influye sobre la salud, si exceptuamos el hecho que los montañeses parecen ser más saludables que la gente de las llanuras.

*“Por consiguiente, la medida de radiación de 1 microSievert por año ( $1 \mu\text{Sv}/\text{año}$ ) es reemplazado por **4 metros adicionales de altitud**. –donde cada metro de altitud se define como el equivalente en altura a un piso de un edificio.*

La gente sabe perfectamente que sus vecinos que viven el piso 10 de un departamento no tienen más cánceres ni más leucemias, ni más cataratas, ni más alteraciones genéticas ni deformidades que los que viven en Planta Baja. Para ellos, **la altura no cuenta**.

*“Esto nos da una valiosa referencia para evaluar los estudios realizados por esos cráneos que están cómodamente sentados en sus sillones contemplando al mundo, y que llegan a la conclusión que una población de algunos cientos de millones de personas serán expuestos, en promedio, a  $10^9 \text{ Sv/año}$  por el radón emitido por los residuos del procesamiento del mineral de uranio durante los próximos 10.000 años. Más aún, basándose en esto, los eruditos de sillón prevén algunos cientos de cánceres suplementarios agregados a las decenas de millones que se producirán de manera normal.”*

*“Me parece mucho más comprensible y aceptable presentar el caso de esta manera: La dosis recibida por esta población (como consecuencia de los residuos del procesamiento del mineral de uranio) corresponde aproximadamente a lo que la población recibiría si la altitud de sus hogares **se elevaran 1 centímetro** (el equivalente a 2 o 3  $10^3 \text{ mSv/año}$ ). Este tipo de argumento ha sido usado en otros casos más extremos, (tal como el carbono-14) en donde el incremento de la altitud era de 1 diez milésimo de milímetro ( $1/10.000 \text{ mm}$ ).*

*El segundo punto de referencia que propongo está suministrado por las concentraciones de radón en nuestras casas. La unidad de dosis usada es **el tiempo de permanencia en el interior de nuestros hogares**.*

Todos estamos convencidos de que uno de los lugares más seguros para estar es **el hogar**. Los peligros **quedan afuera**. Por ello, la tontería ecologista de hacer que la gente crea que en sus hogares **existe un peligro espantoso como el radón**, no tiene muchas posibilidades de “prender” en la población. “Si en casa siempre estuvimos bien” - le dirán - “la abuela murió de 97 años gozando de perfecta salud toda su vida, era un roble, etc., etc.” Pero dejemos que Pradel nos siga explicando el asunto:

*“Podemos tomar como base para esto a la concentración promedio de 50 becquerels/metro cúbico ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ), que significa la exposición de más o menos 1 mili-Sievert por año ( $1\text{mSv/año}$ ). Nótese que la Comisión Internacional de Protección Radiológica recomienda tomar medidas sólo cuando las concentraciones son de cuatro a ocho veces más elevadas que esto. Por lo tanto, la unidad de dosis es **la permanencia de un año en el interior de nuestros hogares**.*

*En el ejemplo del mineral de uranio que vimos recién, la dosis promedio individual de unos  $10^9 \text{ Sv/año}$  corresponde a una estadía en nuestras casas de  $10^6$  años, o sea, **unos 30 segundos por año**. En consecuencia, para anular el efecto*



*de la radiación proveniente de los residuos del mineral de uranio, es suficiente respirar por la ventana durante 30 segundos, una vez al año.*

Si la radioactividad que recibiremos por vivir cerca de una planta de procesamiento de uranio natural puede neutralizarse por el estúpido hecho de demorarnos 30 segundos en ingresar a nuestros hogares, **una vez al año**, entonces comenzamos a sospechar que todo, pero todo aquello que se nos ha venido diciendo sobre los espantosos peligros de la radioactividad es un **gigantesco y malicioso dislate**. Alguien se está beneficiando –y mucho!- con los miedos que le están metiendo a la población.

La última cita de Pradel tiene un humor sutil (del que carecen los ecologistas) que vale la pena ser leída. Dado que **todo** en la Naturaleza es radioactivo, en mayor o menor medida, (las piedras, la tierra, el agua, la comida y nosotros mismos), cuando vamos al baño para hacer nuestras necesidades fisiológicas cotidianas (estreñimientos aparte. . .) evacuamos o “descargamos” material radioactivo a nuestros sistemas cloacales. Recordemos siempre que los ecologistas dicen que **cualquier descarga de radioactividad es nociva**, por lo tanto, escuchemos a Pradel:

*“En cuanto a la descarga cero, que también se basan en consideraciones relacionadas con las bajas dosis recibidas por las grandes poblaciones, no es para nada razonable. Sólo nos permitimos advertir a sus proponentes que sean muy cuidadosos ya que se exponen ellos mismos a una epidemia de **fecalomas** y otros bloqueos al llevar adelante una política personal de **descarga cero**”.*

## Referencias y lecturas recomendadas:

- 1) Por lejos, la mejor, más completa y más actualizada discusión sobre el tema de los residuos nucleares se encuentra en el Capítulo 11 y 12 del libro de Bernard Cohen, *The Nuclear Option: The Alternative for the 1990s*, Plenum Publishing, 233 Spring Street, New York 10013.
- 2) *La Caída Venidera de la Casa de Windsor*, Informe especial de **EIR**, Executive Intelligence Report, en su versión española EIR Resumen Ejecutivo, Octubre/Noviembre 1994. EIR News Service, 3331/2 Pennsylvania Ave. S.E. 2nd floor, Washington, DC 20003.
- 3) *Os Podres Verdes*, entrevista al periodista Islandés Magnus Gudmunsson en la revista brasileña **Veja**, 4 de Mayo 1994.
- 4) "Waste Management Update," 1988, sección especial en **Nuclear News**, ANS Publication, Vol. 31, No. 3, Marzo 1988, pp. 42-85.
  - Ray, Dixie Lee, y Anibal L. Taboas, 1983, “Waste Management: The Missing Link”, DOE Defense Waste Byproducts Management Conference, Washington, DC.

- 5) Beckmann, Petr, 1979, "*The Non-Problem of Nuclear Wastes*", Golem Press, Box 1342, Boulder, CO 80306.
- 6) Wagner, Henry N. y Linda E. Ketchum, 1989, "*Nuclear Waste Disposal: Not in my Backyard*," ver especialmente la página 129 en "*Living With Radiation: The Risk, the Promise*", Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- 7) Marshall, Walter, Lord Goring, 1988, in **Access to Energy**, Vol. 16, No. 1
- 8) Horowitz, E. Philip, 1986, "*New Radioactive Waste Treatment could Save Taxpayers Billions*," Logos, Argonne National Laboratory, *Progress Through Science*, Vol. 4, No. 3, Otoño 1986, pp. 6-9.
- 9) Doncals, R.A., J.E. Schmidt, y R.W. Rathbun, con E. Rodwell, 1988, "*Transmutation of Nuclear Waste*", Westing-house Electric Corporation y EPRI Journal, manuscrito tipeado a máquina solamente.
  - Beckmann, Petr, 1988, en **Acces to Energy**.
- 10) Burge, Ray, 1989, "*The Environmental Case for Nuclear Power*," **AECL Ascent**, Vol. 8, No. 1, Primavera 1981, p. 14.
- 11) Ray, Dixie Lee, 1986, "*Nuclear Waste: What Good Is It?*," estudio presentado en el Nuclear Waste Symposium, publicado en *Tennessee Law Review*, Vol. 53, No. 3, Primavera 1986.
- 12) Cohen, Bernard L., 1984, "*The Hazards of Nuclear Power: High Level Waste*," en *The Resourceful Earth*, op. cit., p.555.
  - Gertz, Carl P., 1989, "*Yucca Mountain, Nevada: Is It a Safe Place for Isolation of High Level Radioactive Waste?*," **Journal of the Institute of Nuclear Materials Managment**, Vol. XVII, No. 3, Abril 1989.
- 13) Ostemberg, Charles L., 1986, "*Basic Factors Affecting the Land: Fresh Water vs. the Sea Option for Waste Disposal*," en *The Rol of the Ocean as a Waste Disposal Option*, G. Kullenberg, editor, D. Reidel Publishing, 1986, pp. 39-53.
  - Ostemberg, Charles, L., 1986, "*Old Submarines and Ocean Dumping Policy*," *Marine Policy Reports*, Univer-sity of Delaware, College of Marine Sciences, Vol. 8, No. 5, marzo 1986.
  - Ostemberg, Charles, L., 1985, "*Waste Disposal: Where Should It Be? Land or Sea?*," **Communications**, The Siren, No. 28, Mayo 1985.
- 14) Informe sobre Enterramiento de Residuos Radioactivos en el Lecho Submarino, Sandia National Laboratory, 1981.
  - Miles, Edward L., Kai N. Lee, y Elaine M. Carlin, 1985, "*Nuclear Waste Disposal Under the Sea bed: Assessing the Policy Issues*", Institute of International Studies, University of California at Berkeley, No. 22, 1985.
- 15) Ray, Roger et al., 1987, "*The Natural History of Eniwetok Atoll*", Vol. 1, The Ecosystem, Environments, Biotas, and Processes, DOE/EV/00703-TI, Vol. 1 (DE87006110)
- 16) Ciallella, Norberto R., 1997, "*Eliminación de Residuos Radioactivos de Alta Actividad*", **CIENCIA HOY**, vol. 7, No. 42, (Sep.-Oct. 1997) pp. 18-27.
- 17) Montenegro, Raúl A. 1997, "*Cuando la Ciencia es Reemplazada por Cuentos de Hadas*", **CIENCIA HOY**, vol. 7, No. 42, (Sep.-Oct. 1997) pp. 29-30.