

CAPITULO 3

ENERGIAS: NUCLEAR Y ALTERNATIVAS

LA NEUROSIS DEL SIGLO

Viktor E. Frankl es un psicólogo y pensador que sufrió campos de concentración y otras calamidades en su vida. Además fue quien consolidó la **Teoría de las Neurosis Noógenas** que se derivan del **Vacío Existencial** o Falta de Sentido de la Vida. El Vacío Existencial, como lo define Frankl, "*sin saber lo que tiene que hacer, ni lo que debiera hacer, no sabe ni siquiera lo que desearía hacer*". Muchos lo confunden con la depresión anímica, y las salidas de este estado a nivel *noógeno* conducen, por lo general, al conformismo. Se rechazan las preguntas complicadas y el planteo de problemas espirituales. Es el **Hombre Cotidiano** que ha renunciado a buscar un sentido a la vida.

Otras veces, el refugio contra el Vacío Existencial es el totalitarismo y el hombre "*hace lo que otros desean que haga*" y, en general, los escapismos más abundantes son el alcohol, las drogas, el trabajo excesivo, las búsquedas de poder, riquezas, fama, o la adhesión a alguna Causa Sagrada.

También afirma Frankl que "*cada época tiene su neurosis y cada tiempo necesita su psicoterapia*". Así como existen neurosis de origen natural en cada individuo, también existen las provocadas artificialmente y que afectan a sociedades enteras: son el tipo de neurosis que pueden ser aprovechadas con fines comerciales o geopolíticos. Una de estas neurosis colectivas es la *Neurosis Atómica* provocada a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial.

El efecto de esta angustia nuclear ha llevado a muchas sociedades a "*vivir al día*", una forma de existencia provisoria que muchos adoptan al no vislumbrar ningún futuro. El Hombre está demasiado alarmado y pendiente de los estímulos externos (alienado) como para pensar con claridad en su proyecto de vida. Esto fue lúcidamente analizado por José Ortega y Gasset en su ensayo "*Ensimismamiento y Alteración*", primer capítulo de su libro *El Hombre y la Gente*. Lectura seriamente recomendada.

Otro elemento que contribuye a las neurosis colectivas son las ideas deterministas que, condicionando al Hombre a las fuerzas bio, socio y psicológicas lo conducen al fatalismo. La tercera actitud que contribuye a las neurosis colectivas es el **colectivismo** que conduce, inexorablemente, a la masificación más impersonal y despersonalizante de la sociedad.

Según Frankl, "*el Hombre desea perderse en la Masa*", sólo se siente seguro en el anonimato de la muchedumbre, que es un excelente refugio contra las angustias generadas por el deseo - o el miedo - a triunfar.

Así es como se une a diversos tipos de grupos que le proporcionan un cómodo y

fácil refugio a sus neurosis: Clubes de todo tipo, Ejércitos y Bandas Terroristas, Partidos Políticos, Sociedades de Beneficencia o Masónicas, Gremios, Sindicatos, ONGs Defensoras del Ambiente y demás ejemplos de la **Infinita Estupidez Humana**.

Y la última actitud que conforma la neurosis colectiva es el fanatismo que adora ídolos de todo tipo (políticos, artistas, deportistas, celebridades), que es intolerante y muchas veces violento con los que no opinan de la misma manera. Frankl termina diciendo que "*Personas que no son clínicamente neuróticas pueden ser, sin embargo, colectivamente neuróticas*". Son los miembros de las Colectividades Neuróticas, es decir, los miembros de todas las asociaciones mencionadas anteriormente y que se caracterizan por actitudes escépticas, nihilistas, pesimistas y destructivas frente a la vida, al destino **y al progreso de la Humanidad**.

Las viejas Neurosis Colectivas van siendo reemplazadas de manera paulatina por nuevas y actualizadas neurosis. La **Neurosis Atómica** ha ido perdiendo fuerza dado que la *Amenaza Nuclear* ha perdido demasiado tiempo sobre nuestras cabezas sin dar muestras de querer cumplirse; ha sido demasiado zarandeada y enarbolada como bandera de combate. Las demostraciones antinucleares no son las que evitaron que rusos y norteamericanos se lanzaran mutuamente bombas atómicas: **no son tan estúpidos** como para creer que podían salir indemnes del asunto.

Un Mundo de Radiaciones

Dado que **vivimos en un mundo radioactivo**, para las personas que no les gusta la radioactividad, la Tierra **no es un lugar que resulta adecuado para vivir**.⁽⁴⁾ Nuestros cuerpos reciben unas 15.000 partículas radioactivas en cada segundo de nuestra vida. Esto es el equivalente a unos 473 millones de partículas radioactivas al año, o unos 40 billones a lo largo de 85 años. Sin embargo, ni las sentimos ni sufrimos ningún daño aparente por este incesante bombardeo radioactivo.

Hasta que los instrumentos adecuados fueron inventados, la radiación permaneció ignorada, debido a que carecemos del sentido natural para detectarla. Uno de los motivos en que se basa la extendida fobia por la radioactividad reside en la elevadísima precisión de los instrumentos de medición que permiten detectar el centelleo de un átomo solitario.

Se miden con toda facilidad cantidades de radiación de 1 parte en **1.000 millones**. ¿Y cuánta radiación es esta parte en 1.000 millones? 1/1.000 millones equivale a 1 nanoCurie y se compara a **1 medida de vermouth en 5 vagones tanque** de gin. Lo que se llama un Martini muy, **pero muy seco**. O puesto de otra manera: hoy viven en la Tierra 5.000 millones de personas; una familia de 5 personas es el equivalente de 1/1.000 millones de la población mundial.

¿Y qué decir de *1 parte de radioactividad en 1 Billón*? Esta cantidad de radiación es la que se conoce como **picoCurie** (pCi) y es 1.000 veces más pequeña que el *nanoCurie* (nCi). Equivale a una medida de vermouth **en 5.000 vagones de gin!**

Terrores Infundados

Cuando en Abril de 1986 las nubes que contenían radioactividad proveniente del accidente ocurrido en la central nuclear rusa de Chernobyl llegaron a la costa oeste

de los Estados Unidos, la prensa se deleitó en aterrar a la población informándole sobre la cantidad de radioactividad (en *picoCuries*) que contenían las nubes y los efectos que provocaría sobre la gente cuando cayese a tierra.

Pero no se les explicó que para que una persona recibiese la misma cantidad de radiación que recibe al someterse a un diagnóstico por problemas de la tiroides, la cantidad del agua de lluvia que la gente debería beber era de **250.000 litros - en un solo día.**⁽²⁾ Sin embargo, **Greenpeace** se dedicó a aterrar a la población de California y del resto del mundo con los terribles cánceres y las espantosas leucemias que estaban listas para caer sobre todos nosotros. La Humanidad iba a extinguirse, o un poco menos.

Gaia, la diosa de los ecologistas, **es una Diosa Radioactiva.** El mundo en el que vivimos es altamente radioactivo. La radioactividad está en todas partes, en el suelo, en la arena, en las piedras, en la arcilla, en las plantas y en nosotros mismos. Por donde se busque, un contador Geiger detectará la radiación.

Quien fue durante años el jefe del Consejo de Energía Atómica de Gran Bretaña, Lord Walter Marshall, dijo una vez: *"Me gustaría hacer notar que, en mi propio país, Gran Bretaña, el jardín promedio de cada inglés mide un décimo de acre. Si cavamos un metro hacia abajo podremos extraer seis kilos de torio, dos kilos de uranio y 7.000 kilos de potasio, todos ellos radioactivos. En cierto modo, todo ello es residuo radioactivo - o basura nuclear - no hecho por el Hombre, sino que fue dejado por Dios cuando el planeta fue creado".*⁽³⁾

Del total de radiación que recibimos anualmente, el 82% es de origen natural y **sólo el 18% es producido por el Hombre.**⁽⁴⁾ La radioactividad natural está compuesta por el 55% de gas radón, el 8% de fuentes cósmicas y radiaciones solares, otro 8% de fuentes terrestres, (principalmente uranio y torio) y el 11% del potasio-40 interno de los seres vivientes.

Pero es el 18 por ciento producido por el Hombre el que es usado para asustar a la población y conseguir que la neurosis se desparrame e instale con tanta fuerza que impide el correcto uso de los razonamientos que permitirían dar soluciones a los problemas que de una u otra forma se generan a partir de la actividad nuclear. Veamos entonces cuán peligroso es el 18% de radioactividad que produce el Hombre.

Del total de radioactividad que está presente en el ambiente, el **11%** está constituido por los **rayos-X de origen médico**, el **4%** por la medicina nuclear (diagnóstico y terapia), el **3%** corresponde a los productos de consumo como detectores de humo, **tabaco**, cerámicas, etc., y todo el resto de la radioactividad faltante apenas llega al **1%**. Pues bien, en este **1%** se incluye a **toda la actividad de la industria nuclear** (reactores experimentales, submarinos y todas las centrales nucleares del mundo), *que aportan el 0,1% del total de radioactividad a la que está expuesto el ser humano.*

Y por este ínfimo 0,1% de radioactividad que recibimos es que *Greenpeace* y el resto de las organizaciones antinucleares han montado su gigantesca campaña de alarma y terror a escala mundial.

Resulta muy evidente, entonces, que existe una desproporción exagerada entre el riesgo real y las reacciones paranoicas del ecologismo, por lo que no sería necesario agregar nada más. Sin embargo, es muy importante que la gente (y sobre todos los encargados de promulgar leyes y regulaciones) se instruyan sobre los asuntos

nucleares de manera de que sea posible ir analizando y revirtiendo tantas y tan absurdas regulaciones que se han impuesto a la actividad nuclear

Este cúmulo de regulaciones, muchas de ellas irracionales, impiden que la energía nuclear sea accesible para todos los países en desarrollo y la electricidad producida sea barata y abundante - elemento imprescindible para los países en vías de desarrollo.

Por otra parte, si realmente se desea imponer un criterio realmente ecológico en lo relativo a la generación de energía eléctrica, **la opción obligada es la energía nuclear**. Seguir quemando carbón y petróleo es estúpido; las alternativas como la energía solar, la eólica o la hídrica **no resultan ni viables ni rentables**. Entonces, ¿qué están esperando nuestros políticos para poner en práctica las soluciones que los problemas energéticos del mundo actual están demandando? Porque en verdad, los problemas que hoy afligen a la humanidad tienen su origen en **la incapacidad e inoperancia de los políticos**, y no en la ciencia o en la tecnología que está disponible para dar solución a las necesidades actuales.

Primero, Lo Importante

Existen dos aspectos fundamentales que deben conocerse a fondo. El primero es una Perogrullada inmensa: *la radioactividad es radioactividad, venga de donde venga*, ya sea de origen natural o producida por el Hombre. Por ejemplo, las partículas alfa consisten en dos protones y dos neutrones, están cargadas positivamente y son fuertemente ionizantes, ya sea que las produzca el Hombre o Mamá Naturaleza.

Los rayos beta son electrones, provengan del origen que se desee, como también los rayos gamma, radiación electromagnética de muy corta longitud de onda. A bajos niveles de energía, los rayos gamma se comportan como los rayos-X, penetrando profundamente en los tejidos animales y los materiales. Por su parte, los rayos alfa son muy fácilmente bloqueados: ni siquiera traspasan una delgada hoja de papel.⁽⁵⁾

Es importante recordar que los rayos alfa, beta y gamma tienen la misma naturaleza y los mismos efectos, sin importar cuál sea su origen. Los activistas antinucleares han adoptado la curiosa y malintencionada actitud de intentar convencer al público de que la radiación producida por el hombre, de alguna manera, es **diferente a la radiación natural**, y mucho más peligrosa. Por supuesto, eso es una estupidez.

Radioactividad y Cáncer

El segundo asunto fundamental se resume en este planteo: Con toda la radioactividad y radiaciones que nos bombardean desde todas direcciones, **¿por qué no estamos todos los habitantes de la Tierra ya muertos o siquiera muriendo de cáncer?**

La razón científica es que, a pesar de que súbitas exposiciones a muy altos niveles de radioactividad pueden provocar el daño celular que conduzca luego al desarrollo del cáncer, el asunto no es tan claro cuando se refiere a la exposición a pequeños niveles de radiación, aunque estas exposiciones sean crónicas. El riesgo, no sólo parece ser mínimo, sino que el creciente número de estudios científicos que se van publicando tienden a indicar que las exposiciones sostenidas a bajos niveles de

radiación ionizante resultan altamente beneficiosas para los organismos vivientes. Aunque usted no me crea, *como diría nuestro amigo Ripley*.

Entonces créale al **UNSCEAR** (*United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation*, o más comprensible, Comité Científico de las Naciones Unidas sobre Efectos de las Radiaciones Atómicas) que publicó el 11 de marzo de 1994 un informe titulado “**Respuestas Adaptivas a la Radiación en Células y Organismos**”, (Document A/AC.82/R.542), resumiendo los resultados de 12 largos años de estudios sobre la totalidad de investigaciones y estudios realizados en todas partes del mundo sobre el tema. De manera muy resumida, el UNSCEAR afirma que:

«Las radiaciones ionizantes de bajo nivel son inmensamente beneficiosas para la salud de los seres humanos y animales al provocar efectos estimulantes a niveles bioquímicos, celulares y orgánicos, conduciendo a un aumento de la inmunidad contra cánceres y enfermedades infecciosas, y un incremento de la longevidad y la fertilidad.»

En efecto, los científicos habían descubierto que aquellas regiones del planeta que poseen altos niveles de radioactividad natural de «*bajo nivel*» (menores que 100 mil mrems y mayores de 500 mrems anuales) sus poblaciones viven más, se enferman menos, **tienen menos cánceres y son más fértiles** que las sociedades que viven en regiones con niveles de radiación más bajos o casi inexistentes. Hasta llegar al mencionado nivel de 100.000 mrems anuales de exposición, existe una marcada correlación **positiva** entre los niveles de radiación y la longevidad, fertilidad, resistencia a las enfermedades y baja incidencia de cánceres. Una declaración tan radical y terminante bien merece un examen más detallado.

Las células de organismos vivientes que han ido evolucionando desde el inicio de la Creación, en un mundo altamente radioactivo, tienen una increíble habilidad para reparar los daños moderados causados por la radioactividad. Por otro lado, la mayor parte de los impactos de partículas radioactivas provocan la muerte de las células, y las células muertas no crecen para transformarse en cánceres. Es necesario un daño muy especial - **no letal** - para que las células resulten genéticamente dañadas y se transformen en células cancerosas. Se desconoce la exacta naturaleza de este daño, como también se ignora la cantidad y tipo exacto de radiación necesaria para provocar cáncer en los seres humanos y otras especies animales.

Determinar los Riesgos

Por otro lado, los riesgos son muy pequeños. Comparemos las probabilidades con las de la Lotería. Es posible que cualquier persona que compre un billete acierte con el «gordo» de Navidad, pero la realidad cotidiana nos dice que la inmensa mayoría no lo hará. En el caso de la radioactividad natural, las probabilidades de que **una** de las 40 Billones de partículas radioactivas que nos impactan durante toda nuestra vida nos provoque un cáncer o algún efecto genético es **una** en 50 Trillones, expresado en números:

1/50.000.000.000.000.000

o mejor, $1/1 \times 10^{16}$.

Son suficientes probabilidades de que jamás nos ocurrirá nada.⁽⁶⁾ La gran mayoría de la población no le teme a la radiación natural: simplemente, **ni siquiera sabe que existe!** Nadie se lo enseñó en el colegio, o ninguna publicación de controlada desinformación pseudo científica se lo ha mencionado jamás. Sin embargo, todos sabemos que una dosis de radiación lo suficientemente alta provocará la muerte o el cáncer. Entonces, ¿cuál es el nivel o cantidad de radiación necesaria **para resultar dañina?**

De manera general, se habla de «*exposiciones promedio*», pero la cantidad de radiación natural (o de «fondo») varía enormemente de un lugar a otro en la Tierra. En el caso de los Estados Unidos, un país bien estudiado, la radioactividad de «**fondo**» promedio es de 300 a 500 mrem (milirem) anuales, pero la dispersión del rango es muy grande: puede ser tan baja como **60 mrem** y sobrepasar los **600 mrems**. ¿Qué es un milirem (o mrem)? Es la milésima parte de 1 rem, o «*Roentgen Equivalent Man*» - Equivalente Roentgen en el Hombre - y representa el real efecto ionizante sobre el cuerpo humano. Algunos ejemplos aclararán esto.

Un milirem sería la dosis anual recibida a consecuencia de ver TV durante unas pocas horas al día, todos los días del año. Se calcula que cada mrem adicional de radiación que recibimos eleva nuestras probabilidades de desarrollar cáncer en 1 entre 9 millones. Puesto de otra manera: 1 mrem es equivalente a ser impactado por 7.000 Millones de partículas radioactivas.

Otra medida de radiación, el **Curie** (Ci) equivale a 37.000 millones de desintegraciones por segundo, y corresponde a la radioactividad que emite 1 gramo de radio. Muy extensos y profundos estudios han comprobado que es necesario mucho más de 100.000 mrem para obtener algún efecto detectable en los organismos vivos. El cáncer se desarrolla en la mitad de los casos donde la exposición **sobrepasa los 400.000 mrem.**

Recordemos que a consecuencia del «accidente» del reactor de *Three Mile Island* en 1979, la población de los alrededores de la planta recibió una radiación «extra» de **1,2 mrem** anuales. Es el momento de comparar esta exposición recibida por la población a consecuencia del peor y más catastrófico accidente nuclear que haya ocurrido **en el mundo occidental**, con las exposiciones que se reciben de manera constante por parte de **Madre Naturaleza:**

- **30 mrem anuales** de rayos cósmicos
- **20 mrem anuales** provienen del suelo
- **10 mrem anuales** de los materiales de construcción
- **25 mrem anuales** del Potasio-40 de nuestro organismo
- **80 mrem anuales** de procesos médicos
- **180 mrem anuales** o más provenientes del gas radón

El total para cada habitante se eleva a más de **360 mrem anuales**. En las zonas montañosas donde la concentración de torio y uranio es más elevada, y la altura significa mayor exposición a los rayos cósmicos, la radiación natural llega de modo normal a duplicarse, mientras que en otros lugares como la Florida, es un 15% menor. En algunas partes, la radiación de fondo alcanza valores anormalmente elevados. Las aguas termales y minerales tienen valores sumamente altos de

radioactividad.

Las «aguas maravillosas» de la ciudad inglesa de Bath (7) tienen un contenido de radón de **1730 pCi** (picoCuries) por litro y se las considera altamente benéficas para muchas dolencias. Ahora bien, la EPA ha establecido que deben tomarse acciones para remediar el asunto cuando el contenido del radón en el agua potable sobrepase los **4 pCi/litro**. El radón contenido en el gas natural de Bath es de **33.650 pCi/litro**. Sin embargo, los antiguos romanos construyeron ahí un templo en el año 42 DC y lo dedicaron a la Diosa de la Sabiduría y la Salud. En 1742 se construyó allí el Royal National Hospital para enfermedades reumáticas.

La gente acude en bandadas a Bath y a otros centros de baños termales, todos con aguas de **muy elevada radioactividad**, a causa de su fama de beneficiosos efectos terapéuticos. La gente no acude a los baños termales a morir sino a curarse! Aunque no existe una prueba concluyente de que sea la radioactividad de las aguas la que provoque los efectos saludables, sí hay pruebas científicas de que la elevada radioactividad de las **aguas no provoca efectos dañinos** a los visitantes que se bañan y beben copiosamente sus aguas... que de acuerdo a la argumentación ecologista **tendrían que ser mortíferas!**

Nos preguntamos por qué no se han realizado buenos y profundos estudios en la población de Cochin-Ernakulum, en el estado de Kerala, al sudoeste de la India, donde el suelo abundante en torio irradia a razón de **16.000 mrem anuales!** O sino en algunas playas del noreste del Brasil, donde las arenas están compuestas del negro mineral conocido como *Monagite*, de altísimos niveles de radioactividad. Los visitantes llegan también en oleadas a esas playas atraídos por la fama de benéficos efectos sobre la salud. Los niveles de exposición están allí muy por encima de los **500 mrem anuales**. A pesar de ello, algunos "expertos" en radiación del Brasil opinan que estas poblaciones «son muy pequeñas como para permitir significantes investigaciones epidemiológicas» (8). Nos estamos internado aquí en el muy árido territorio de la estupidez...

Existen en el mundo dos regiones en el mundo con elevadísimos niveles de radioactividad: uno en África y el otro en Brasil. El africano está en Gabón, al oeste del continente, cerca de un lugar llamado Oklo, donde existe en la actualidad una mina de uranio. Las concentraciones del isótopo fisionable U-235 eran tan altas, que hace 1.800 millones de años se inició allí una reacción en cadena que duró un millón de años.

La Naturaleza inició y mantuvo ese inmenso «reactor nuclear» hasta agotar al combustible. Así se quemaron miles o millones de toneladas de uranio, produciéndose miles de toneladas de plutonio y otros subproductos de la combustión atómica (los «*transuránicos*»). Aunque durante los últimos millones de años cayeron copiosas lluvias sobre la región, el plutonio y los demás isótopos radioactivos resultantes sólo han emigrado **unos pocos metros hacia el interior del subsuelo**.

Este reactor natural de Gabón ha sido extensa y profundamente estudiado por los científicos, cosa que no se puede decir, sin embargo, de la región de Brasil conocida como Morro de Ferro, un montículo de 250 metros de altura compuesto por un cuerpo mineral que contiene unas 30.000 toneladas de torio y unas 100.000 toneladas de «tierras raras». Los niveles de radiación son de 1 a 2 *mRoentgen/hora* en un área de 30.000 m².

Este monte tiene abundante vida animal y vegetal. Tan elevada es la radiación

absorbida por las plantas que es posible obtener fotografías (autoradiografías) literalmente brillando en la oscuridad.

Una colonia de ratas habita las galerías de este monte y las mediciones obtenidas demuestran que respiran una atmósfera que contiene niveles de radón de hasta **100.000 piCi por litro!** Se calcula que las dosis de radiación que recibe el epitelio bronquial de las ratas está entre **3.000 y 30.000 mrem anuales**, unas tres veces más radioactividad de la que debería provocar tumores u otros efectos relacionados con la radioactividad. Se atraparon 14 ratas y se les hicieron autopsias que no revelaron ninguna anormalidad. A pesar de ello, el investigador que hizo los estudios se internó hasta el final del territorio de la estupidez: «*Esto tiene muy poca significancia ya que el Morro de Ferro es un área relativamente pequeña*». ⁽⁹⁾ ¿Qué tendrá que ver el tamaño de la zona con **la ausencia de efectos perjudiciales** en ratas y otros animales de la región?

Es hora de preguntarnos, entonces, viendo todos estos ejemplos, sopesando y analizando tanta información científica validada y comprobada; viendo la manera en que cientos de miles de personas acuden a bañarse y beber aguas altamente radioactivas; comprobando la existencia y saludable desarrollo de vida en lugares donde los ecologistas afirman que nadie podría sobrevivir... **¿A quiénes debemos creer?** ¿A los hechos científicos comprobados, que nuestros ojos pueden ver y nuestros instrumentos medir? ¿O a los paranoicos partes de prensa de ONGs como *Greenpeace*, **que carecen de toda base científica comprobable?** Es imperioso mantenernos muy alejados del peligroso territorio de la estupidez – no se vuelve a salir jamás.

Radio y Radón

Para hacer honor a la verdad, es necesario admitir que, sin ningún lugar a dudas, la radioactividad es peligrosa y ello también incluye a la radioactividad natural. Sólo que el grado de peligro reside en la **dosis, tipo, cantidad y duración de la exposición**, y del conocimiento sobre cómo manejar a la radioactividad. Esto último es de enorme importancia.

Se puede decir, con total seguridad, que debido a los intensos programas de investigación que se desarrollaron desde los años 40, se sabe más sobre los efectos de las radiaciones ionizantes que sobre las consecuencias de exposiciones a cualquiera de las muchas sustancias tóxicas que existen en la naturaleza o que haya producido el Hombre.

Desde su descubrimiento y hasta los años 40, el radio se aplicó a numerosos productos comerciales como la pintura radioluminosa para relojes y otros instrumentos que debían leerse en la oscuridad. Durante los primeros 50 años que estuvo disponible, se extrajo de la tierra y se aplicó a usos médicos y productos comerciales aproximadamente 1 kilo de radio, gramo más o gramo menos.

Como consecuencia de ello y debido al poco conocimiento que se tenía sobre los efectos de la radioactividad, en todo el mundo murieron 100 personas por usos inadecuados o mal manejo del radio. Desde 1942 y hasta la fecha, diversos programas relacionados con la energía atómica han producido el equivalente radioactivo a muchas toneladas de radio. Pero a consecuencia de un mayor conocimiento y comprensión del asunto, no se ha producido ninguna muerte humana debido a exposición o depósito interno de una amplia variedad de radionucleidos producidos artificialmente. ⁽¹⁰⁾

Últimamente, el radón ha recibido una exagerada atención por parte de la prensa sensacionalista, sabiamente alimentada por las ONGs ecologistas. Como consecuencia, está muy extendida la creencia de que este abundante elemento de la naturaleza es el responsable de la muerte de entre 5.000 a 30.000 personas por cáncer de pulmón, sólo en los Estados Unidos. ¿Es verdad esto?

¿Se trata de una nueva y terrible amenaza (al estilo Capa de Ozono)? La respuesta la veremos dentro de pocas líneas más. Nuestro conocimiento sobre el Radón comienza en las minas de la Montaña de Erz, República Checa, en el Siglo 16.

En los libros de minería se ha informado que la mayoría de los mineros morían de una afección respiratoria conocida como el «*mal de la montaña*», que en 1879 se identificó como cáncer de pulmón ⁽¹¹⁾. Después del descubrimiento de la radioactividad, y que se identificara al radón como un subproducto del radio, se constató que las minas de Erz tenían un elevado nivel de radón.

Se sospechaba de una conexión entre el radón y el cáncer de pulmón, pero esto no se estableció hasta los años 50 cuando se hicieron estudios entre los mineros de Estados Unidos. Los resultados de estos estudios establecieron de manera concluyente que existía positiva y estrecha correlación entre los niveles de radón y el cáncer de pulmón. Posteriores estudios en las minas de Checoslovaquia confirmaron los resultados de los norteamericanos, de manera que, para 1976, el cáncer de pulmón inducido por el radón se transformó en el mejor estudiado y cuantificado de los efectos de la radioactividad.

Cuando se mejoró el sistema de ventilación de las minas para extraer al radón del interior de las galerías, el problema fue casi totalmente eliminado. Pero, al mismo tiempo, se comprobó que el radón no era el único culpable de los cánceres de pulmón: se comprobó que el fumar cigarrillos era el principal «gatillo» del cáncer de los mineros. Y aquí viene algo realmente extraordinario: En 1932, A. Pirchman informó en el *American Journal of Cancer*, que en las minas Austriacas de Joachinosthal **no se hallaban mineros enfermos de cáncer de pulmón**. Sólo se hallaban **entre los mineros jubilados**, de los cuales moría el 75%.

La expectativa de vida promedio en esa época era de sólo 55 años. Ahora bien, los mineros vivían más y se jubilaban a los 65 años.⁽¹²⁾ La moraleja aquí parece ser: «*Si trabajas en las minas y respiras radón, tendrás cáncer de pulmón - pero sólo después de que hayas vivido 10 años más que el resto de tus amigos!*»

Examinemos al radón con más detalle. ⁽¹³⁾ Recuerde que el radón es un gas inerte, químicamente neutro y radioactivo. Aparece en la cadena natural de la descomposición del uranio, que está compuesta por 14 pasos diferentes. El paso inmediatamente anterior al radón es quien le da forma: **el radio** (en sí mismo, un subproducto natural del uranio.)

Aunque resulte aburrido, es interesante (e importante) saber que algunos átomos de radio sufren un proceso radioactivo conocido como **descomposición alfa**, significando que el núcleo de estos átomos expulsan de manera espontánea una nube de partículas nucleares que consiste de 2 protones y 2 neutrones estrechamente unidos. Es la famosa y tan mentada **partícula alfa**. La pérdida de los protones convierte al radio (número atómico 88) en radón (número atómico 86).

Las sustancias emisoras de partículas alfa no son peligrosas (a menos de que se introduzcan dentro del organismo) y no son penetrantes, es decir, son fácilmente

bloqueadas por cualquier barrera, aún por una fina hoja de papel. Entonces, el proceso que produce al radón comienza con el uranio. Dado que se trata de un mineral de muy amplia distribución por toda la Tierra, el radón puede aparecer en cualquier parte. De manera típica, de cada pulgada cuadrada del suelo emergen por segundo unos 6 átomos de radón y se dispersan en el aire. Esto está sucediendo de manera constante en la Naturaleza.

Cuando la gente construye edificios y casas, estos procesos radioactivos naturales que ocurren en el subsuelo no son afectados de ninguna manera. La única diferencia reside en que cuando el radón, en su camino hacia la superficie encuentra una casa encima suyo, pasa a través de los cimientos, contrapisos, grietas y fisuras, y aún a través del agua de las cañerías.

Luego es atrapado en el interior de las casas durante algún tiempo -por lo menos hasta que alguien abra una puerta o una ventana y las corrientes de aire saquen al radón al exterior, donde se dispersa otra vez en la atmósfera.

En una casa promedio, el contenido de radón es normalmente 10 veces más alto que en el exterior de la casa; a veces, hasta 100 veces más alto. En las casas antiguas, el radón escapa hacia el exterior de la misma forma que hizo para entrar: a través de fisuras y grietas, hendiduras de puertas y ventanas que ajustan mal, etc. En estas casas viejas, la tasa de renovación del aire es de **una o dos veces por hora**; por lo tanto, la acumulación del radón no llega a niveles altos: **el radón no constituye problema alguno.**

Pero en las casas modernas donde se han sellado con burletes, masilla y cintas todas las aberturas para conservar el calor (o el frío, en verano) para ahorrar energía eléctrica, la tasa de ventilación (o recambio de la atmósfera) se reduce hasta **una vez por día**. La tasa de ingreso de radón que se produce en las casas herméticas no varía para nada, pero sí **disminuye de manera drástica la de evacuación del radón.**

Por consiguiente, el radón se ve atrapado en el interior y su concentración va aumentando constantemente a medida de que pasa el tiempo. Sellar una casa para hacerla más eficiente en la conservación de la energía conduce de manera inevitable a la acumulación de radón en su interior. ¿Es esto peligroso? Sí, aunque esto también pide una pequeña explicación.

Las Hijas del Radón

El problema con los riesgos de acumulación de radón en los hogares no está en el radón en sí mismo, sino en los subproductos de la descomposición del radón, que son conocidos como las «**Hijas del Radón**». Aquí es donde reside el problema. El radón irradia muy débilmente, y su vida media es de apenas **3,82 días**. Como se trata de un gas inerte, no reacciona químicamente con el organismo, de manera que cuando se lo respira es exhalado nuevamente. Pero si se respiran a las «*hijas del radón*», el asunto es totalmente diferente. Son partículas sólidas, tienen muy corta vida media, emiten partículas alfa o beta y son intensamente radioactivas.

Más aún, las hijas se adhieren a partículas de polvillo que son muy fácilmente inhaladas. Como también se adhieren a las partículas de humo, el fumador «pasivo» que respira aire con humo dentro de una habitación cerrada, está introduciendo en sus pulmones a las hijas del radón, lo que resulta un poco menos peligroso que fumar directamente.

Transportadas hasta los pulmones, las hijas se pegarán a la membrana mucosa del pulmón y bombardearán a los tejidos sensibles con intensa radioactividad. Esto es lo que puede, quizás, ayudar a provocar algún cáncer de pulmón. Las hijas del radón se acumulan con facilidad en las habitaciones mal ventiladas y algunas de estas hijas son:

- **Polonio-218**, vida media = 3,05 minutos, emisor alfa
- **Bismuto-214**, vida media = 19,7 minutos, emisor beta (electrón)
- **Plomo-214**, vida media = 26,8 minutos, emisor beta

Tomemos como ejemplo al Bismuto-214. En una atmósfera interior que haya acumulado radón durante tres minutos (lo que se llama "*3 minutos aire*", el Bismuto-214 contribuirá con el 0,5% de la energía radioactiva de la partícula. Contribuye con el 4% del total de la energía en un aire de 10 minutos, y con el 38% en un aire que no tiene recirculación.

Con una tasa de recirculación de aire de 1 a 2 veces por hora (lo que sucede en la inmensa mayoría de las casas del mundo), la acumulación del radón es de **1 pCi/l** (un picoCurie por cada litro de aire) Recordemos: 1 pCi es igual a **1 parte en 1 billón**. Esto debe traducirse a una exposición de unos 100 mrem anuales, lo que equivale a la tercera parte de la exposición anual promedio, y bien por debajo de los 500 mrem puestos por la EPA como el máximo admisible.

Sin embargo, hay dos cosas que pueden aumentar esta exposición promedio al radón: vivir en una casa de elevada eficiencia térmica (herméticamente cerrada), y vivir en una región donde las concentraciones de uranio sean elevadas, como regiones de suelos graníticos que contienen cantidades de uranio mayores que lo normal, como las Sierras de Córdoba o los Andes.

En los Estados Unidos, la formación geológica más conocida por sus elevados niveles de uranio-radón es el llamado Reading Prong, que se extiende desde Reading, Allentown y Easton, en Pennsylvania, a través de Morristown, New Jersey, hasta el estado de New York. Algunas de las casas de esta región tienen niveles registrados que son 1000 veces superiores a los niveles normales de radón, mientras que muchísimas tienen niveles que llegan a las 100 veces más altos que los promedios. A la fecha, el nivel de radón más alto registrado corresponde a una casa en Boyertown, Pennsylvania, que tiene un nivel 2.500 veces superior al normal. (14)

Aunque los riesgos que representan la acumulación del radón y sus hijas son conocidos desde fines de los años 70, la EPA no emitió ninguna advertencia al respecto; tampoco publicó su muy esperada guía sobre las concentraciones internas de radón hasta el mes de Agosto de 1986. ¿Por qué se demoró tanto la EPA? ¿Será la conservación de la energía un problema de importancia excluyente como para pasar por encima de los riesgos de la salud pública?

De Leyes Estúpidas

La guía de la EPA no dice nada sobre los peligros de los edificios y casas herméticamente sellados. En lugar de ello, reclama medidas correctivas cuando los niveles de radón sobrepasan los **4 pCi/l** (equivalentes a 400 mrem anuales). De acuerdo a las estimaciones de la EPA, este nivel ha sido excedido por 11 millones de casas en los Estados Unidos, involucrando a unas 26 millones de personas. Lo irónico (¿o estúpido?) es que este nivel de 4 pCi por litro de aire es **40 veces más**

alto que el muy estricto nivel de **0,4 pCi/l** que rige **para la industria nuclear**. Nos preguntamos, ¿por qué se aplican niveles más estrictos al ambiente de trabajo, donde una persona estará apenas 8 horas cada día, y más elevados niveles para los hogares donde los adultos, niños y bebés viven, duermen, comen y pasan más de las dos terceras parte de su tiempo allí?

Una posible explicación para un absurdo inexplicable: mientras que la EPA regula los niveles para los hogares, la *Comisión Reguladora Nuclear (CRN)* regula los riesgos de radiación para la industria y las plantas nucleares, que son muchísimo más bajos y estrictos que los de la EPA. Ahora bien, si realmente se aplicaran con todo rigor estas normas de la CRN (tal como lo exigen a gritos los activistas del ecologismo) *la gran mayoría de los ambientes naturales y casi todo el aire del campo serían declarados ilegales*. El territorio de la estupidez se amplía, y se amplía... y se amplía.

De los estudios e investigaciones que se hicieron a causa del accidente de Chernobyl, (ver Capítulo 5: *La Verdad Sobre Chernobyl*) se determinó que la exposición a la radiación que recibió la población **fuera de la zona de evacuación** fue equivalente a la que reciben todos los años los habitantes del estado norteamericano de Nueva Inglaterra, al vivir ocho meses del año en sus casas muy eficientes para conservar la energía y sumamente ricas en radón. Cuando todos los hechos que conforman un asunto en disputa se ponen en su adecuada perspectiva, las cosas se aclaran. Quizás haya llegado el momento de permitir que entre un poco de aire fresco - no sólo a las casas herméticas - sino al tema nuclear.

En cuanto a las casas, lo mejor es abrir las ventanas todas las mañanas, como lo hacía abuelita, y renovar el aire con frecuencia, aunque ello represente un poco más de gasto en electricidad. Quizá no sea mucho pedir que la prensa sirva a la causa del Sentido Común y de la Salud Pública liberándose de los prejuicios ultraecologistas, y de la tonta noción de que la conservación de la energía es un bien que trasciende cualquier otra cosa; o destruyendo la absurda creencia que el radón atrapado en las casas no nos hará daño, pero que el radón de las minas de uranio (donde no vive nadie!) sí nos puede perjudicar. La tontería reside en no querer admitir que se trata de la misma radiación.

Los Edificios Enfermos

Otro de los grandes remedios sería dejar de construir casas herméticas que, no sólo atrapan al radón sino que provocan la acumulación de nuevos y numerosos problemas de salud: el nuevo fenómeno de la contaminación interior. Tan malo se vuelve el aire pobremente ventilado de muchos edificios modernos, que se ha desarrollado el *Síndrome del Edificio Enfermo*. Actualmente se reconoce que el problema es la escasa o nula ventilación que tienen los edificios que se construyen siguiendo las normas de la «*conservación de la energía*».

Pocos estudios demuestran con tanta claridad lo que sucede, como el realizado por el ejército de los Estados Unidos en cuatro de sus cuarteles, donde los reclutas dormían en grupos de 100 a 250 hombres en modernas y herméticas barracas con ventilación recirculada, comparándolos con otro grupo similar que habitaba en barracas de la Segunda Guerra Mundial. ⁽¹⁶⁾ El estudio se prolongó durante 47 meses, desde octubre 1, 1982 hasta septiembre 1, 1986, cubriendo a cuatro grupos diferentes de reclutas. Se encontró que, para el período entero los riesgos de

enfermedades respiratorias se incrementaron un 45% en los cuarteles modernos, «energéticamente eficientes».

Durante los períodos de epidemias los riesgos y casos de problemas respiratorios se elevaron el 100%. Las conclusiones médicas fueron que «*en edificios herméticos con sistemas de ventilación cerrados, los agentes patógenos aéreos no sólo son recirculados y concentrados, sino que son además eficientemente dispersados por todos los espacios interiores habitables. Por el contrario, en los edificios con "pérdidas", los agentes aéreos son diluidos por el aire fresco y rápidamente expulsados de los espacios interiores.*» Algo para tener en cuenta cuando haga su nueva casa.

Este nuevo par de problemas modernos - la acumulación de radón y los problemas respiratorios de las casas herméticas - nos han sido impuestos por los activistas del ecologismo que insisten en que la conservación de la energía **es prioritario y excluyente**, y quizás el único medio de asegurar suficiente energía para el futuro.

Si se hubiese dedicado la misma devoción, esfuerzo y dinero que se usaron para sellar herméticamente hogares y edificios modernos en la construcción de nuevas, seguras y eficientes plantas nucleares, ahora tendríamos una población más sana, como también más energía para calentar o enfriar edificios de una manera limpia y saludable. Pero, por desgracia, la gente que está encargada de hacer las leyes que afectaron nuestro presente y nos afectarán en el futuro, son sempiternos y obcecados exploradores del territorio de la estupidez. Lo peor, es que se los sigue votando.

La conservación de la energía, por más noble que pueda parecer, es tan productora o fuente de energía como que el dinero que se guarda en el colchón es fuente o productora de ingresos. Es bueno evitar el derroche y el despilfarro de recursos, pero los ahorros terminan por agotarse algún día, y es preciso salir a producir. La clave está, entonces, en trabajar, producir bienes, transformar los recursos naturales de manera eficiente y sensata . . . y gozar de lo que obtuvimos.

Ha llegado ahora el momento de retornar a la pregunta que hicimos más arriba: *¿Cuán dañinas son las exposiciones a las radiaciones de bajo nivel?* Es decir, aquellas por debajo de los 100.000 mrem anuales. Ya vimos ejemplos de poblaciones aparentemente muy saludables viviendo en regiones de elevadísimos niveles de radiación. ¿Qué sucede cuando se vive con elevados niveles de radón? ¿Cuán peligroso puede resultar?

Por suerte, hoy existen muchos estudios que permitieron al UNSCEAR, el comité de las Naciones Unidas emitir su famoso comunicado de marzo de 1994 relativo a los efectos benéficos de las radiaciones de bajo nivel. Y es aquí donde debemos introducir el concepto de la **hormesis**.

Hormesis

En el siglo 16, un médico alemán llamado Theophrastus Bombastus von Hohenheim, más conocido como *Paracelso*, desarrolló un concepto que se ha constituido en el **Axioma de Oro de la Toxicología**. Decía entonces Paracelso: «*¿Qué cosa no es un veneno? Todas las cosas son veneno, y nada existe que no sea veneno. Sólo la dosis determina que una cosa no es un veneno.*»⁽¹⁷⁾ Este es el concepto básico de la **Hormesis**, y su validez se ha visto confirmada desde

entonces **una y otra, y otra vez**. ¿Qué cosa puede ser más inofensiva que el agua pura y potable? Nada, y sin embargo, bebida en la cantidad adecuada le provocará la muerte tan rápido como un pelotón de fusilamiento. En 1979, un hombre murió en Alemania porque se bebió 17 litros de agua en muy corto período de tiempo. La causa inmediata de su muerte fue edema cerebral y perturbación electrolítica debida al exceso de agua. Este simple principio, lleno de sentido común, de que la dosis es el veneno, también se cumple para la radioactividad. Sabemos que las altas dosis de radiación provocan la muerte, pero, en otro sentido, los bajos niveles de radiación son inofensivos o, más aún, beneficiosos para la salud. Entonces, ¿cuáles son los niveles de radiación que resultan «veneno»?

Extensas investigaciones determinaron que exposiciones a niveles superiores a **10.000 rem** (10 millones de mrem) son letales. Matan casi en el acto, o muy rápidamente. **300 rem** (300.000 mrem) resultan fatales para casi el 50% de las víctimas. Se obtienen daños por radiación con exposiciones de entre **100 a 300 rems**, pero no se han observado efectos adversos con niveles **por debajo de los 100 rem** (100.000 milirems) (18)

Recuérdese que los niveles promedios de la radiación natural en el ambiente es de unos **350 mrem**. De manera empírica, por consiguiente, y basándonos en muchas observaciones, mediciones y experimentos, parece ser que existe un «**umbral**» para la radiación, por debajo del cual no se producen ni se observan efectos adversos para la salud. Este «umbral» es de 100.000 mrem anuales.

Sin embargo, existe todavía bastante discusión con respecto a esto, aceptando muchos científicos del bando ecologista la «hipótesis lineal» que sostiene que algún efecto existe, aunque va disminuyendo hasta cero y que quizás no se pueda detectar o medir pero que, sin embargo, el daño está allí, *aunque oculto*. Dado que la Ciencia se basa en la observación directa de hechos comprobados y repetibles, si algo no es detectable, o medible u observable, **no pertenece a la Ciencia** sino al campo de las Ciencias Ocultas, la Astrología, la Adivinación, o el Tarot. Es como determinar el daño clínico de la radiación por medio del análisis de las tripas del pollo o de la borra del café.

Sin embargo, esta es la hipótesis de los ecologistas, que bombardean con altas dosis de radioactividad a una pobre rata hasta matarla, la cuantifican y luego, en un gráfico de abscisas y ordenadas, determinan el punto de irradiación máxima letal y trazan una línea recta hasta cero diciendo: «*Ven, la radioactividad es nociva en cualquier exposición que se produzca. No hay ningún nivel que sea inofensivo. El gráfico lo dice bien clarito*».

Desgraciadamente (para los ecologistas) esta hipótesis no explica para nada la falta de cualquier efecto nocivo detectable a consecuencia de vivir en un mundo altamente radioactivo. Dado que la comunidad científica no se ha puesto todavía de acuerdo en este punto (y jamás lo hará porque los científicos en este mundo jamás se pusieron de acuerdo en nada) lo mejor será analizar con cuidado y sin apuro la evidencia científica.

En los primeros días del proyecto Manhattan en 1943, los científicos estaban preocupados por la toxicidad del uranio y la radioactividad, teniendo en cuenta que María Curie había tenido problemas a causa de ella. Por consiguiente expusieron a una colonia de ratas a una atmósfera sobrecargada con polvo de uranio y a otra colonia respirando aire puro, como control. Aunque los investigadores esperaban

que las altas dosis de uranio serían mortales, las ratas del experimento **sobrevivieron a las ratas de control** y aún vivieron **más tiempo del que sería normal para ese tipo de ratas**.

Más aún, aparecían más saludables y tenían más crías que los controles. No desarrollaron tumores. Sin embargo, muchos científicos ecologistas rechazan las conclusiones y sostienen que el experimento estuvo mal conducido, considerando al resultado como una anomalía.⁽¹⁹⁾

Pero, resultados similares se siguen acumulando. En 1980, el profesor T.D. Luckey publicó las conclusiones de 1239 estudios distintos de muchos investigadores que comprendían seres vivientes, desde cultivos celulares y bacterias hasta plantas (800 referencias) y animales (200 referencias) de muchas especies diferentes expuestas a cantidades variables de radiación de todo tipo. El Dr. Luckey informa que todos los resultados son consistentes: **existe un «umbral» o línea de corte por debajo del que la radioactividad resulta totalmente inocua o sino beneficiosa.**⁽²⁰⁾

Las conclusiones del estudio de Luckey dicen que las radiaciones ionizantes son generalmente estimulantes a bajas dosis; que las dosis bajas proporcionan un desarrollo más acelerado, incrementan las defensas contra las enfermedades infecciosas, aumentan la fertilidad y reproductividad y confieren un lapso de vida más extenso. También afirma que las dosis bajas no producen efectos nocivos proporcionales; que en bajas dosis la radioactividad es menos dañina que lo que se creía comúnmente; y que la irradiación crónica con dosis apenas superiores a la media ambiental son benéficas para los animales y las plantas.

Aún así, numerosos científicos ecologistas se niegan a aceptar que estos resultados se puedan aplicar a los seres humanos. Como los experimentos en humanos están prohibidos, es interesante comparar y analizar los estudios que relacionan al radón con el cáncer de pulmón entre poblaciones que habitan regiones de diferentes cantidades de radón en el ambiente.

- En Cornwall, Inglaterra: las exposiciones al radón son 100 veces más altas que el promedio inglés, pero no hay una mayor incidencia de cáncer de pulmón.
- Cumberland County, Pennsylvania, EEUU: tiene nueve veces más radón que el promedio americano de exposición. Sin embargo, tiene una incidencia de cáncer de pulmón muy por debajo del promedio americano.
- En Finlandia, donde los niveles de radón en los hogares tienen un promedio de 2.5 pCi/ litro (2.5 veces más altos que el promedio mundial) la tasa de cáncer de pulmón entre las mujeres es de sólo el 75% del de otros países industrializados.

En 1987, un grupo de investigadores austriacos presentaron los resultados de un muy cuidadosamente documentado estudio epidemiológico de varios tipos de cáncer en los Estados Unidos, en el *IV International Symposium on Natural Radiation Environment* ⁽²¹⁾, donde se llegaba a la conclusión que cuando los niveles de radiación de fondo eran de entre 350 a 500 mrem anuales, **se encontraba el menor número de cánceres**.

¿Más evidencia científica? El profesor B.L. Cohen, de la Universidad de Pittsburgh analizó 39.000 mediciones de exposiciones al radón y las cotejó contra cánceres de pulmón en 411 condados de los Estados Unidos. Descubrió que la correlación era negativa para los valores bajos: **a mayor concentración de radón, menos cánceres de pulmón!**

Sus datos estaban corregidos para tomar en cuenta las diferencias constructivas entre casas de la ciudad y casas rurales, y para los fumadores de cigarrillos. ⁽²²⁾ Evidencias adicionales de la Hormesis o del umbral de efectos se encuentran cuando se analizan con cuidado numerosos estudios modernos que no hallan los resultados predichos cuando se extrapola hacia abajo a partir de dosis elevadas de exposición a la radiación. Esto incluye estudios de daños al cromosoma por radiación en glóbulos blancos de la sangre humana; malignidad tumoral debido a radiación en embriones de ratas; incidencias de cáncer en ratas expuestas a diversas dosis de rayos gamma; tasas de leucemia en sobrevivientes de Hiroshima e información sobre los pintores de diales luminosos de relojes, expuestos al radio.

Ya sea que elijamos o no creer que las exposiciones a bajos niveles de radiación puedan ser beneficiosos, podemos decir con toda certeza que asumir la «hipótesis lineal» (en vez de la hipótesis del umbral) se sobrestimará el posible daño - y la gente siempre prefiere creer lo peor.

Con exposiciones a bajos niveles de radiación, por debajo de los 100.000 mrem anuales, tenemos una situación donde *las creencias pueden anular a las evidencias*. Este es un fenómeno mental bien conocido: durante siglos se creyó (aún las personas educadas) que el hombre tenía una costilla menos que la mujer, a causa del relato de la Biblia que narraba que Dios había creado a la mujer a partir de una costilla de Adán. Esta creencia persistió durante siglos, a pesar de disponer la evidencia en contrario: basta con contar las costillas del esqueleto. Alguien dijo hace muchos siglos: «*Nada hay en nuestra filosofía, Horacio, que sea verdadero o falso - pero el pensamiento lo hace posible.*»

Y eso sucede con la radioactividad. Cuando se han escuchado durante años las mismas escandalosas inexactitudes (¿mentiras?) la gente termina por desechar las evidencias científicas y acepta la mentira repetida como la verdad revelada. La gota horada a la piedra.

Los Reactores Atómicos

De todas las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, ninguna ha generado más oposición, histeria y neurosis que la generación de electricidad. En los comienzos de la era de generación eléctrica, a principios de los años 60 y hasta mediados de los 70, las centrales nucleares fueron recibidas y apoyadas con entusiasmo por organizaciones ecologistas como la Audubon Society y el Sierra Club. Esta actitud comenzó a cambiar radicalmente después de una reunión llamada «Masa Crítica» promocionada por Ralph Nader en 1973.

A partir de allí todas las organizaciones ecologistas se unieron al movimiento antinuclear, siguiendo el ejemplo de Nader, quien se hizo famoso y multimillonario explotando con toda habilidad esta nueva neurosis antinuclear y el espléndido filón de la ecología. Debe reconocerse el mérito de Nader: fue el primero que vio el ilimitado potencial económico que brindaba este nuevo mercado de **la denuncia ecológica**, y supo sacarle buen provecho.

A pesar de todo lo que se ha escrito y gritado contra la generación de electricidad por medios nucleares, la energía nuclear para fines pacíficos es un éxito que no tiene parangón en la historia del mundo. El único fracaso que se le puede achacar a la energía nuclear es su *fracaso en las relaciones públicas*. La generación de electricidad mediante reactores atómicos es segura, y mucho más que eso. En más de 30 años de uso *en el mundo occidental* no se produjeron muertes, no se produjeron liberaciones significativas de radiación al ambiente, y nadie fue expuesto a la radioactividad a niveles mayores de los límites, muy conservadores, que siempre han caracterizado a la industria nuclear.⁽²³⁾

La electricidad de origen nuclear se logra sin emitir a la atmósfera dióxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno, humo, partículas nocivas, compuestos orgánicos o cancerígenos - que sí son alegremente lanzadas al aire cuando se genera electricidad quemando petróleo y carbón.

Por otra parte, la cantidad de residuos nucleares producida es muchísimo menor que la que se obtiene quemando carbón, y no contiene residuos como el arsénico, plomo, cadmio y mercurio que se mantienen venenosos por toda la eternidad. No existe ninguna central nuclear que produzca electricidad con costos tan altos como las que queman petróleo y sus derivados, y todas son económicamente competitivas con las que queman carbón. Cuando se comparan los costos de toda una vida útil de generación eléctrica - digamos, unos 30 años - con los de las centrales de petróleo, las plantas nucleares promedian **4,7 centavos por K/hora**, mientras que las mejores quemadoras de petróleo tienen un promedio de **8,2 centavos el Kw/h**.⁽²⁴⁾

A causa del gran encarecimiento que han sufrido los costos del Kw nuclear instalado en los últimos años - debido a absurdas e irracionales regulaciones que carecen de base científica - las más modernas centrales nucleares (inauguradas a partir de 1984) producen electricidad a **7,6 centavos el Kw/h**, aún por debajo del costo de quemar petróleo. Según estadísticas de Mayo de 1989, la generación de electricidad por medio de centrales nucleares en el mundo estaba entonces en los siguientes niveles: ⁽²⁵⁾

Francia: 70%; Bélgica: 65.5%; Hungría: 48.9%; Suecia: 46.9%; Corea del Sur: 46,9%; Taiwan: 41%; Suiza: 37,4%; España: 36,1%; Finlandia: 36,2%; Bulgaria: 35,6%; Alemania Occidental: 34%; Japón: 28,3% (hoy casi el 40%); Checoslovaquia: 26,7%; Estados Unidos: 20%; Gran Bretaña: 19,3%; Canadá: 17%; Argentina: 17%; y Rusia: 12,6%.

Está muy difundida la creencia, inventada e impulsada por las organizaciones ecologistas, que los países del mundo están abandonando la idea de generar electricidad mediante la energía atómica, y que las centrales atómicas se van cerrando y no se piensan construir ninguna más porque resultan peligrosas. **No hay tal cosa.**

Se trata de una más de las miles de mentiras e inexactitudes cotidianas que propalan las ONGs antinucleares del mundo. Es muy instructivo conocer la información real y comprobable sobre la cantidad de centrales nucleares que funcionan en el mundo, las que están construyéndose y las que se han planeado instalar en el futuro cercano.

Estados Unidos lidera la lista con 103 reactores en funcionamiento, aunque por el momento no tiene planeado instalar ninguno. En segundo lugar venía la ex Unión

Soviética con 60 centrales en operación, 33 en construcción y 44 planeadas. Después de la intervención del FMI en la economía rusa, tanto las centrales planeadas como la misma economía del país se ven muy oscuras. Sigue Francia con 59 en operación. Alemania del Este tenía 12 operando, mientras que Corea del Sur opera 19, construye 1 y planea otras 6 más. Argentina tiene 2 en operación y construye otra. Brasil opera dos, está terminando otra y estudia la instalación de una cuarta. China opera 15 centrales nucleares, construye 4, tiene en diseño 6 y ha propuesto 20 más.

Canadá, India, Pakistán, Bulgaria, y muchos países más completan la lista de 41 países que operan un total de 438 centrales nucleares. De la electricidad producida en el mundo, 1/6 corresponde a las plantas atómicas.

La electricidad producida atómicamente en todo el mundo desde Abril de 1986 hasta 1992, fue de más de 3 Billones de Kw/h. Si esta electricidad se hubiere generado mediante combustibles fósiles, se hubiesen requerido 500 millones de toneladas de petróleo o 1.000 millones de toneladas de carbón. Si se hubiere empleado solamente carbón, se habrían lanzado a la atmósfera unas *3.000 millones de toneladas de dióxido de carbono, 20 millones de toneladas de dióxido de azufre y 5 millones de toneladas de óxidos nitrosos.*

La Sinrazón del Terror Nuclear

Viendo y comprobando el positivo récord de operación segura, limpia y económica, ¿por qué existe tanta oposición a las centrales nucleares? Las principales objeciones parecen ser cuatro: ⁽²⁶⁾

- 1) Miedo a que se libere radioactividad al ambiente.
- 2) Miedo a las consecuencias de un accidente grave.
- 3) La creencia de que existen mejores formas alternativas de producir electricidad.
- 4) Preocupación acerca del manejo y destino de los residuos.

Cada una de estas objeciones merece ser analizada con cuidado. Con respecto a la emisión de radioactividad al ambiente es preciso saber que las centrales nucleares están estrictamente controladas y reguladas por diversos organismos estatales de cada país y que son inspeccionadas regularmente por la *Comisión Reguladora Nuclear Internacional*. Las emisiones radioactivas para las centrales no deben exceder los 5 milirems anuales, aunque la gran mayoría no llegan a emitir ni siquiera el 50% de esa cantidad (1 a 3 mrem/año).

Para poner estas liberaciones en la adecuada perspectiva, repasemos lo que hemos aprendido más arriba, y recordemos que la exposición a la radiación natural es en promedio de unos 350 mrem/año; que una radiografía de tórax nos agrega 50 mrem/año; y que los pasajeros que vuelan a Miami reciben 5 mrem, exactamente la misma cantidad que se recibe al fumar un cigarrillo. Si usted fuma un paquete por día recibe 100 mrem diarios, lo que equivale a **35.600 mrem/año**.

Las centrales nucleares de Embalse o Atucha le agregarán al ambiente menos de 1 mrem en el mismo período. Sin embargo, la *Fundación para la Protección del Ambiente* (FUNAM) de Córdoba, Argentina, seguirá aterrando a la población con

declaraciones sensacionalistas, sin base científica valedera.

Para evaluar los «*peligros apocalípticos*» que presentan las centrales nucleares es bueno ir comparando los valores de radiación que existen en las centrales y las que nos afectan todos los días en nuestros hogares, en las oficinas, en la calle o en el campo mismo. La gente que vive en casas herméticas reciben mucha más radioactividad (a causa del radón atrapado, ya lo vimos antes) que las personas que viven cerca de las plantas atómicas y tienen casas normales.

Un accidente grave

Las posibilidades de que esto ocurra, así como sus consecuencias, han sido exhaustivamente analizadas. Como los reactores atómicos no tienen ninguna posibilidad de explotar como una bomba atómica - no fueron diseñados para eso - lo peor que puede suceder es que se derrita el núcleo, provocando una intensa liberación de calor y radioactividad dentro del edificio del reactor. Tal accidente ha ocurrido unmerosas veces cuando se ha interrumpido, de alguna manera, el suministro de refrigeración al núcleo del reactor. Por esa razón existen varios, superpuestos y redundantes sistemas de seguridad para evitar (o minimizar) tal evento, y existe un sistema totalmente separado *llamado Sistema de Emergencia de Refrigeración del Núcleo*. Aún así, en algunos accidentes de este tipo se produjo la pérdida y derrame de combustible nuclear.

En estos accidentes se comprobó la importancia fundamental que tiene el llamado *Edificio Contenedor*. La radioactividad que escapó del reactor mismo fue contenida - en todos los casos - por las gruesas paredes del Edificio Contenedor. Se puede afirmar con absoluta seguridad que el resultado más importante de estos accidentes fue demostrar que los sistemas de seguridad de las centrales nucleares funcionaron mucho mejor de lo esperado.

Ninguna criatura viviente resultó dañada por los accidentes y no se produjo ningún daño al ambiente. Los únicos daños fueron los materiales que sufrió el reactor.

Son accidentes costosos, pero sólo en dinero. Han servido para producir enormes avances tecnológicos en el diseño, operación y la seguridad de las centrales atómicas. ¿Pueden producirse más accidentes como estos en el futuro? Sin lugar a dudas, pero existe la total confianza de que cualquier radioactividad que escape del reactor quedará encerrada dentro del Edificio Contenedor, de donde será extraída y neutralizada.

Numerosos estudios de análisis de riesgos determinan que con la actual tecnología los riesgos de que ocurra un derretimiento de núcleo pueden darse 1 vez cada 20.000 años de operación de reactores. En el escenario comercial llevamos ya un poco más de 1.000 años/reactor y unos 3.000 años/reactor de operación de submarinos atómicos. Los estudios siguen estimando que 1 de cada 5.000 derretimientos provocará la liberación de radioactividad al ambiente que causaría la muerte de 1.000 personas.

Poniendo estas cifras en perspectiva, debemos saber que la generación de electricidad por medio de carbón provoca 10.000 muertes anuales. Entonces, para que la energía nuclear fuese tan mortífera como las centrales a carbón, se deberían producir una inmensa cantidad de derretimientos de núcleos cada año. Como no se han producido, ni parece que se puedan producir nunca, ni tampoco han ocurrido

muerdes relacionadas con los derretimientos de núcleo, la energía nuclear es claramente mucho más segura que usar carbón para generar electricidad.

Por supuesto, es posible imaginar un accidente en el que mueran 50.000 personas, un accidente en el que absolutamente todo funcione mal y lo haga al mismo tiempo (*La Ley de Murphy*). Las probabilidades de que esto ocurra son de **1 vez en 1.000 millones de años/reactor**. El Dr. Bernard Cohen, un físico de la Universidad de Pittsburgh y uno de los más sobresalientes expertos en análisis de riesgos del mundo, dice al respecto: «*Nadie que esté en su sano juicio se preocupa por eventos tan improbables*». ⁽²⁷⁾

Ahora bien, los dirigentes y activistas de **Greenpeace** están profundamente preocupados por el asunto y nos lo hacen saber de manera periódica cada vez que nos traspasan dos cosas: *su paranoia nuclear* y su **pedido de colaboración en dinero de contado**. De acuerdo al Dr. Cohen no estarían en su sano juicio - o quizás ignoren realmente todo lo relacionado con la ciencia y el tema nuclear y sólo se han preocupado del aspecto emocional (y monetario) del asunto. Me inclino a creer que los dirigentes y activistas de *Greenpeace* **no son ningunos ingenuos**. No se llega a recaudar más de 300 millones de dólares anuales, libres de impuestos, sólo con la ingenuidad. Se usan para ello muy competentes agencias consultoras y de publicidad que se llevan buena parte de la recaudación.

Fuentes alternativas de energía

De todas las alternativas propuestas, ninguna tiene tanto atractivo como la energía solar. Después de todo, el Sol nos está enviando - **gratis** - inmensas cantidades de energía todos los días. ¿Por qué no aprovecharla? Sólo es necesario agacharse para recogerla, como parecen sugerir los ecologistas. Es algo que tiene mucho sentido y se está usando en todas partes del mundo en donde el Sol llega con la fuerza suficiente. Por desgracia -siempre existe un «**pero**» - **la energía solar no es**, hoy por hoy, la panacea que todo el mundo cree. **Tampoco la eólica**.

Primero está el asunto de que la cantidad de energía que cae por metro cuadrado de terreno es fija (se mide en **watts/m²**), no es uniforme, y no está disponible durante los días nublados ni durante las noches. Luego está el problema del muy bajo rendimiento de los paneles fotovoltaicos, el costo inicial de instalación, mantenimiento y reposición, etc. ⁽²⁸⁾

El calor del Sol, o energía termosolar, se usa para calentar agua para usos domésticos, pero un par de días nublados obligará a encender el calefón a gas. Aún con los grandes incentivos fiscales que existen en algunos países, el uso de los termotanques o calefones a gas natural siguen resultando más eficientes, más baratos y suministran agua caliente a toda hora del día, sin importar la cantidad de días nublados que estén ocurriendo. Hasta la fecha, los sistemas de almacenar el calor del Sol *son caros e ineficientes* por lo que estos sistemas no han conseguido imponerse por sus propios méritos - lo que sería algo realmente deseable. Sin embargo, la cruda realidad dice otra cosa.

A pesar de todo, en países tropicales con fuerte irradiación solar y elevadas temperaturas ambientales, estos sistemas se usan con alguna frecuencia y dan buenos resultados. También es posible producir electricidad a partir de Sol si - y aquí existe **un enorme "si"** - *sólo se requieren unos pocos watts y no kilowatts o megawatts* de potencia, y uno está dispuesto a pagar **precios exorbitantes por Kw de potencia instalado**.

En la vida real existe una relación costo/beneficio de la cual es muy difícil escapar o querer ignorar y la misma naturaleza, en sus infinitos procesos biológicos, químicos y físicos la usa y nos la ha impuesto. El programa espacial de Rusia y los Estados Unidos son un ejemplo del uso adecuado de la energía solar. Los satélites en órbita tienen enormes paneles solares que les proporcionan la electricidad necesaria (aunque no se usaron para la sonda Galileo y otras que se enviaron a Júpiter y más allá. En su lugar se usaron pequeños reactores nucleares).

También se usan paneles solares para alimentar de electricidad a sensores, boyas y faros electrónicos, dispositivos de grabación en lugares remotos e inaccesibles. Pero, cuando se requieren grandes cantidades de energía, como para usar en una casa artefactos domésticos como planchas, aspiradoras, horno microondas, máquinas de lavar, freezers, tostadoras, cortadoras de césped, y luz en abundancia, etc, la energía solar - por desgracia - **no resulta por ahora una alternativa viable.** (29)

¿Por qué no? Primero, porque **la luz solar es difusa**. Para poder usarla como medio de producir electricidad es necesario concentrarla. Dos analogías nos ayudarán a comprender esto. Supongamos que usted quiere hacer hervir un litro de agua en una olla y todo lo que tiene es una caja de fósforos. No importa cuántos millones de fósforos utilice, si emplea el método de encenderlos **uno por uno** y ponerlos debajo de la olla, jamás logrará su objetivo. El calor que se aplica de esta manera es *muy difuso*.

Aún si encendemos todos los fósforos de una caja juntos, esto no surtirá efecto porque la cantidad de calor generada en tan poco tiempo no es suficiente. Simplemente, no existe la **cantidad** de calor suficiente aplicada durante el **tiempo adecuado** para lograr elevar la temperatura del agua. Para conseguir la temperatura es necesario aplicar la energía de forma concentrada, y para ello es preciso usar combustibles de energía concentrada como el gas, la madera, el petróleo, la hulla, el uranio, etc.

La otra analogía es la favorita de muchos físicos y biólogos, porque demuestra de manera dramática la importancia de la energía concentrada. En biología existe el término «*biomasa*», que se refiere al total de material viviente en cualquier cuerpo o conjunto de cosas vivas. De esta forma, es posible comparar las biomásas equivalentes de especies diferentes. Por ejemplo, existe la misma biomasa en el cuerpo de un elefante *que en 100 millones de pulgas*.

Entonces, si queremos arrastrar un peso de una tonelada, ¿usaríamos un elefante, o a 100 millones de pulgas? En el caso de las pulgas sería necesario comprar 100 millones de arneses para pulgas (a un costo que resultaría ridículamente desproporcionado) y luego, que todas las pulgas salten al mismo tiempo y en la misma dirección. Aquí, como en el caso de la energía solar, la naturaleza nos aplica el tema del costo/beneficio: la energía solar es demasiado difusa y, como las pulgas, **resulta demasiado caro de organizar y concentrar.**

Cuando ingresa a las capas superiores de la atmósfera, la energía solar es de unos 1000 watts/m². Esto varía de una latitud a otra, con las estaciones, de día en día y de la mañana a la noche. No importa cuántos billones de dólares se inviertan en investigación, este hecho científico no cambiará. Está determinado por las leyes de la Física, incluida la energía entregada diariamente por el Sol.

A medida de que los rayos solares atraviesan la atmósfera, gran parte de ella va

siendo absorbida y también rechazada de vuelta hacia el espacio exterior. Para cuando los rayos del Sol han llegado al suelo, ha perdido 2/3 partes de su energía, por lo cual sólo se miden unos 300 a 350 watts por metro cuadrado de superficie, a mediodía, en latitudes medias.

No hay manera de que el Sol brille con mayor intensidad, o de recolectar más energía de la que llega a tierra por m². Por ello son necesarias superficies muy extensas de paneles termosolares o fotovoltaicos porque, para peor, los fotovoltaicos **sólo recogen 70 watts por metro cuadrado** de panel, es decir, tienen una eficiencia de **apenas el 20%**.

Se trata de energía en forma de corriente continua de bajo voltaje, que requiere de concentradores solares, que pueden construirse usando espejos o lentes, pero que deben instalarse con motores eléctricos de manera que puedan rotarse e inclinarse siguiendo la trayectoria del astro rey. También se deben programar para acompañar al Sol en su trayectoria hacia el Sur y hacia el Norte de acuerdo a las estaciones. Esta es una manera muy tonta (por lo cara) de producir **70 watts de energía por metro cuadrado!**

Recuerde que esta potencia sólo se consigue a mediodía de un día soleado de verano, por lo que se hacen necesarios los sistemas de “**backup**” o almacenamiento de la electricidad para las noches o los días nublados. Esto significa cientos o miles de baterías para almacenar la energía, baterías que tienen una vida limitada. Se gastan y a la basura o **a los caros sitios de reciclado**. De modo que la energía solar también produce sus propios desechos, porque además de las baterías hay que reciclar obligadamente a los paneles solares que contienen arsénico bajo la forma de arseniuro de galio. **Y no resulta precisamente barato!**

Una planta solar gigante fue construida por la compañía de electricidad *Southern California Edison*, en Barstow, California. ⁽³⁰⁾ Se llama *Solar Uno*, cubre 3,4 Km² y cuenta con 92.900 m² de espejos (11.818 espejos en total), cada uno manejado por computadora para apuntar siempre al Sol y reflejar sus rayos sobre la torre de agua de 100 metros de altura. Con algunos dispositivos de almacenamiento, Solar Uno puede generar 10 Megawatts/hora a un costo de **14.000 dólares por Kw de potencia instalado**.

Esto es, más o menos, de **5 a 7 veces más caro** que la más cara de las centrales nucleares que se haya construido alguna vez en el mundo. No es una alternativa económicamente viable. Sólo vea que un generador portátil a gasolina, cuyo costo es de 500 dólares, genera 5 KW/h, lo que significan **100 dólares/KWh instalado! Nada menos que 13,900 dólares más barato que la locura de Solar One**.

En días sin nubes, Solar Uno puede generar a potencia completa durante 8 horas en el verano, y sólo 4 horas diarias en el invierno. Suponiendo que todo vaya bien y que los espejos se mantengan limpios y bruñidos (¿cuánta gente limpiará tantos espejos?), la disponibilidad de energía de Solar Uno está entre el 17 y el 33%. Las centrales nucleares y las convencionales de petróleo y carbón tienen una disponibilidad que varía del 65 al 84%.

En otras palabras, Solar Uno produce cerca del **1% de la electricidad de una central nuclear** o una de petróleo, en **una superficie cinco veces mayor** y sólo funciona **la cuarta parte del día**. ¿Y el costo total? *Una verdadera*

pichincha...

Cerca de **ocho veces más cara** que una central nuclear moderna. Aún sin tener en cuenta el asunto de la disponibilidad, la energía solar no resulta ninguna ganga debido a la prodigiosa cantidad de materiales necesarios para construir una central solar (**más de 1.000 veces** que para una nuclear de potencia similar), más los elevados costos de mantenimiento (mantener 11.818 motores eléctricos y limpiar 11.818 espejos, sin desalinearlos).

Para construir una planta solar de 1.000 MegaWatts son necesarios los siguientes materiales: 35.000 toneladas de aluminio, 2 Millones de toneladas de hormigón (500 veces más que para una central nuclear!), 7.500 toneladas de cobre, 600.000 toneladas de acero, 75.000 toneladas de vidrio y 1.500 toneladas de cromo y titanio. Al alcance de cualquier municipio de Ruanda-Burundi...

Como la producción de cemento emite una considerable cantidad de CO₂ a la atmósfera, la central solar de Barstow contribuyó a ello 500 veces más que si se hubiese construido una central nuclear de la misma potencia. Para peor, uno de los técnicos de la planta Barstow reveló que en base a sus rendimientos anuales, la planta solar era una **neta consumidora** de electricidad, es decir, **la planta no producía ni siquiera la electricidad que necesitaba para funcionar!** Por desgracia, este hecho sólo se descubrió después de que la planta ya estaba construida...⁽³¹⁾

El 31 de Agosto de 1986 Solar Uno resultó seriamente dañada por una explosión y por el fuego resultante. Los 960.000 litros de aceite mineral de los transformadores eléctricos se incendiaron y quemaron todo.⁽³²⁾ Se usó aceite mineral porque la EPA había prohibido el uso de los PCB, producto sintético que reemplaza con infinitas ventajas al aceite mineral en numerosas aplicaciones industriales, aduciendo que se trata de un producto cancerígeno. La EPA y su legión de seguidores se empeñan en seguir ignorando a las evidencias científicas y los mensajes de la realidad cotidiana.

La Generación Fotovoltaica

La conversión de luz solar en electricidad puede conseguirse de manera directa por medio de paneles fotovoltaicos - los «*paneles solares*». Cualquiera sea el método de conversión utilizado, calor o fotovoltaico, la superficie necesaria es enorme. Para una planta de 1000 Megawatts son necesarios unos **129,5 Km²**. Compárese esta superficie con las 30 a 70 Há necesarias para una central nuclear o una de petróleo o carbón de igual potencia.⁽³³⁾ Supongamos que las 8 millones de personas del Gran Buenos Aires tuviesen que usar electricidad fotovoltaica: para producir los **7.000 Megawatts** que serían necesarios, la planta solar tendría que tener **906 Km², una superficie mayor que la ciudad misma!**

Aunque los costos de las células fotovoltaicas han bajado desde \$ 10 por watt pico a principios de los 80, hasta \$ 3 por Watt pico, el costo sigue siendo elevado. El costo de una unidad solar hogareña en oferta por *Photocomm, Inc.* es **de \$ 7.377**, y proporciona **4 Kw/h**. Un generador eléctrico Diesel *MWM/Leroy* de **36 Kw/h** cuesta unos \$15.000 o menos – el doble del monto a invertir, pero **nueve veces más potencia**. Para una potencia similar a la fotovoltaica, un generador Honda de 5 Kw/h vale \$ 500 y tiene la ventaja de funcionar durante todo el día, sin interrupciones.

En resumen, existen aplicaciones adecuadas para la energía solar, pero ninguna de ellas incluye la producción de grandes cantidades de energía. Por otro lado, las células y paneles fotovoltaicos requieren una considerable cantidad de energía para su fabricación, y también requieren de materiales tóxicos, desde cadmio hasta ácido fluorhídrico. Si a esto le agregamos los grandes problemas de mantenimiento que nacen de mantener limpios de polvo y películas grasosas a los espejos, paneles y lentes colectoras, se hace evidente que la energía solar es una de las formas menos seguras de producir electricidad.⁽³⁴⁾

En los Estados Unidos - país que tiene estadísticas para todo - la segunda causa de muerte por accidente son las caídas (20.000 muertes anuales; los accidentes de autos son número uno con 50.000 muertes/año), y dado que la limpieza de los paneles y colectores solares implica subirse a techos y estructuras elevadas, **la energía solar es físicamente mucho más peligrosa**. Los estudios de análisis de riesgo consideran que las centrales solares de generación eléctrica son más peligrosas que las centrales nucleares o las plantas convencionales de petróleo. ⁽³⁵⁾

Existen numerosas unidades de energía solar desparramadas por los Estados Unidos. En su mayoría, estas plantas fueron clausuradas por sus dueños porque su costo y mantenimiento representan un verdadero dolor de cabeza –impedir las fugas de las cañerías, o mantener libres de polvo a los colectores (los adorados pájaros de los ecologistas tienen una especial habilidad y puntería para ensuciar los espejos y paneles).

Lo cierto es que no tenemos que abrigar esperanzas de que la energía solar nos provea más que pequeñas cantidades de energía para regiones remotas, donde llevar una línea de alta tensión resulta prohibitivo. Muchos de nosotros vemos a la energía solar como vemos a un hijo inválido. Lo amamos profundamente, pero muy dentro nuestro sabemos que, por más que se entrene, **jamás ganará una medalla de oro en las Olimpiadas...**

Molinos de Viento

Lo mismo que la energía solar, la energía generada por los molinos o turbinas de viento, o **energía eólica**, también proviene, en última instancia, del Sol porque es éste quien pone a la atmósfera en movimiento. Lo mismo que la energía solar, los molinos de viento tienen aplicaciones legítimas e importantes en algunos casos y para ciertos propósitos. Durante siglos se han usado para bombear agua o para moler trigo y cereales; y cuando son ubicadas en regiones de vientos muy persistentes, como las costas Holandesas y el medio oeste norteamericano, sirven muy bien para esos efectos. Pero cuando se pretenden generar grandes cantidades de electricidad se presentan muchos y muy serios problemas.

En áreas remotas y ventosas, donde resulta impráctico o imposible el tendido de líneas de media y alta tensión, los molinos de viento pueden producir modestas cantidades de corriente si se dan vientos favorables que soplen de manera sostenida a unos 24 Kmph. ⁽³⁶⁾ En el campo argentino se han usado de manera tradicional y extendida los molinetes generadores montados en los techos de las casas. Los vientos de las Pampas son ideales para ello. Sin embargo, la corriente obtenida debía almacenarse en una o varias baterías de automóvil o, si se deseaba un amperaje mayor, en una serie de acumuladores en paralelo que elevaba los costos de instalación y mantenimiento de manera considerable.

Los artefactos eléctricos debían ser obligadamente, de corriente continua. Para transformar la corriente continua en alterna debían instalarse costosos convertidores de corriente que dejaban afuera a la inmensa mayoría de los usuarios. Por eso, la prioridad de algunos gobiernos progresistas (muy pocos, por desgracia) fue la **electrificación del campo** mediante el tendido de redes de **líneas de alta tensión**, haciendo accesible a los agricultores y chacareros el uso de mayores y más baratas cantidades de electricidad.

Durante las últimas décadas, se hicieron en el mundo sustanciales esfuerzos para desarrollar la tecnología de molinos de viento para producir electricidad, llegándose a conseguir hasta Megawatts de corriente. La mayoría de estos esfuerzos fracasaron, lamentablemente, y fueron abandonados. Algunos de los proyectos más representativos en la generación de energía por medio de molinos de viento son los siguientes:

- 1) La *Southern California Edison*, derrochando u\$s 30.000.000 del dinero de los pobres contribuyentes, construyó un molino de 2 MW que tenía hélices con aspas de 30 metros de largo. Casi nunca logró funcionar y en 1983 se vendió como chatarra por u\$s 51.000. ⁽³⁷⁾
- 2) En Alameda County, California, en el famoso Paso Altamont, se instalaron 7.000 molinos de viento (que son hoy una atracción turística y una pobre fuente de orgullo para los ecologistas).

Cuando los molinos funcionan provocan un ruido tan grande y molesto (para peor, grandes niveles de ondas subsónicas, altamente nocivas para la salud) que los operadores del proyecto tuvieron que establecer un fondo para comprar las tierras de los vecinos que demandaban. Uno de los afectados dijo: «*Se podía oír ese batido rugiente y silbante por poco tiempo antes de volverse uno loco furioso*». Muchos de los 7.000 molinos no funcionan más. Los problemas de mantenimiento se hicieron muy severos.

Hay que considerar que los vientos nunca soplan de manera uniforme y sostenida, sino que lo hacen en rachas de fuerza variable. Esto contribuye a hacer más desagradable todavía al ruido y aplica severas tensiones a las riostras y cables tensores ⁽³⁸⁾. Para empeorar las cosas, un gran número de aves, incluidas las águilas y halcones, mueren al atravesar el campo y ser impactadas por las enormes hélices.

Varias «granjas» de molinos experimentales en Carolina del Norte y Vermont fueron cerradas a causas de las quejas de los vecinos por el ruido excesivo. Sin embargo, a pesar de tanta experiencia descorazonante, la industria privada ha tenido bastante éxito desarrollando pequeños generadores (**17 a 60 Kw/h**) que son confiables y económicos. Existen en California unos 17.000 de estas turbinas en el Paso Altamont, donde la compañía *U.S. Windpower* opera unos 3.400 molinos de 100 Kw/h cada uno.

El Informe Greenpeace Argentina 2004

En mayo de 2004, la organización multinacional ecologista **Greenpeace** dio a conocer un informe que presentó al gobierno Argentino, relacionado con la

intención de continuar la construcción de la central nuclear **Atucha 2**, que había estado paralizada desde mediados de la década del 90. En su sitio web se podía leer:

"La propuesta de Greenpeace es que los 480 millones de dólares que restan para la obra de Atucha II se destinen a impulsar un plan de corto plazo para el desarrollo de una industria eólica local. Dicho plan debe tener como meta de corto plazo alcanzar uno (sic) 300 MW para el 2007 y los 3.000 MW para el 2013. Tales objetivos y sus líneas directrices para un programa de esa naturaleza hemos presentado en el informe "*Energía Eólica: 3000 MW en el 2013*" que incluye un análisis de corto plazo por la Cámara Argentina de Generadores Eólicos. (CADGE)."

En el sitio web de FAEC, presenté un informe titulado "**Informe Atucha II de Greenpeace: Cúspide del Delirio Desinformador**", informe que también llegó a manos de legisladores y del gobierno. De ese informe extraigo ahora las partes más relevantes para fundamentar mi caso acerca de la poca viabilidad económica de la energía eólica – aún para una región como la Patagonia, cuyos vientos **dicen que son** favorables para la generación de electricidad con turbinas de viento de última generación.

Las centrales nucleares **Atucha I y Atucha II** (de 350 y 692 MWh respectivamente), sin emisión de gases de invernadero y construidas en un área de unas 20 hectáreas, producen unos 1000 MWh las 24 horas del día, día y noche, semana tras semana, todo el año (con interrupciones de 30 a 40 días para mantenimiento cada 18 meses).

Usando turbinas de energía eólica, que rinden sólo el 30% de su capacidad debido a la naturaleza fluctuante del viento, serían necesarias **3.555 turbinas** de viento de **750 KWh** de capacidad, o **2.666 turbinas de 1 MWh cada una**, o **1.333 turbinas de viento de 2 MWh** cada una, para producir la misma cantidad de electricidad que entregan **Atucha I y II**.

Cualquiera de estas cifras - **3.555, 2.666, o 1.333** – involucra la degradación de considerable extensiones de paisajes con estructuras de 30 a 50 metros de altura, sus cables de tensión asociados, sus caminos de accesos, sus definitivas bases de cemento incrustadas en la roca, subestaciones de transformación eléctrica, etc.

Como una "granja eólica" puede incluir entre **1 y 400 (o más turbinas)**, un promedio de **50 turbinas por granja** sería razonable. Se comprueba que para producir la misma cantidad de electricidad que el centro **Atucha I-II**, son necesarias entre **71 y 26 granjas de 50 turbinas cada una**, dependiendo del tipo de turbinas, entre 750 MWh y 2,0 MWh.

Son entre **71 y 26 paisajes echados a perder definitivamente**. ¿Qué cantidad de área nacional sería arruinada de esta manera? Por la especial ubicación de los Parques Eólicos (lugares elevados en las serranías o partes más elevadas de las llanuras) estos esperpentos visuales son visibles desde unos 30 kilómetros a la redonda. Ello significa que cada granja eólica echaría a perder **2.826 kilómetros cuadrados** de territorio nacional. Pero hay quienes, como **Greenpeace** (y los fabricantes de turbinas de vientos y las Cámaras de Generadores Eólicos), que consideran que las granjas eólicas son bonitas y atraen al turismo. Opiniones. Hmmm...

Multiplicando estos 2.826 km² por 71, el paisaje perdido para el país sería de **200.646 km²**, una superficie equivalente a más de **10 provincias de Tucumán, o la tercera parte de la República de Chile**. Pero esto es sólo el territorio necesario para producir la energía que proveen **las dos Atuchas**, que "arruinan" sólo 20 hectáreas. Entonces, ¿Qué cantidad de territorio será necesaria para instalar la cantidad de parques eólicos propuestos por *Greenpeace*? No lo va a creer, de manera que haga sus propios cálculos, basados en datos conocidos de la propuesta de *Greenpeace*, de acuerdo a su Informe de marzo de 2004, "*Atucha II versus Energía Eólica*".

Introducción a la Verdadera Energía Eólica

Las turbinas de viento modernas vienen en una gran cantidad de tamaños, desde pequeñas unidades de 100 watts diseñadas para suministrar energía a hogares individuales o cabañas, hasta las gigantescas turbinas con aspas de más de 50 metros de diámetro, que generan entre 1 y 2 megawatts de electricidad. La gran mayoría de las turbinas actuales son del tipo eje horizontal con tres aspas, entre **15 y 45 metros** de diámetro, produciendo entre **50 y 350 KWh** de electricidad. Las hay de mayores dimensiones, de mejor ecuación costo/ beneficio y de mayores precios.

El principal productor de turbinas de viento es Dinamarca, que desarrolló la industria y la actividad mediante grandes subvenciones y subsidios a la energía eólica. En 2003, el gobierno de Dinamarca anunció la **suspensión de dichos subsidios** habiendo comprobado la poca eficiencia de este tipo de energía, que encarece los costos de electricidad para el usuario. Aunque el viento es gratis, los subsidios que permitieron florecer a la industria eólica provienen de los usuarios y contribuyentes de impuestos que pagan más caro la electricidad que usan.

La ubicación de las turbinas en el terreno es un factor muy importante y que tiene una capital influencia en el desempeño de las máquinas. En general, la velocidad del viento aumenta con la altura. Esta es la razón por la que las turbinas están montadas en la parte más alta de una torre. Las limitaciones en la resistencia de los materiales disponibles en la industria han limitado la altura de la mayoría de las torres a unos 30 o 45 metros.

En los parques eólicos, las turbinas están espaciadas entre sí por intervalos de entre **5 y 15 veces el diámetro de sus aspas**, conocido como **área batida** o "**swept area**", que es el área de terreno alrededor de la turbina. Esto es imprescindible para evitar que la turbulencia de una turbina afecte el flujo del viento a las demás turbinas. También se le llama a esta área "*la pisada de la turbina.*"

DATOS TÉCNICOS

La siguiente información técnica está extraída del sitio de Internet de *Vestas Wind Systems*, la más grande de las compañías Danesas fabricantes de turbinas de viento – y quizás la más grande del mundo. En su página está la siguiente información:

<http://www.vestas.com/>

Vestas recibe una gran orden de turbinas V90 para el Mercado Alemán

"Vestas Wind Systems A/S ha recibido una orden de 31 unidades de la turbina V90-2.0 MW a través de su subsidiaria Alemana Vestas Deutschland GmbH. La orden fue realizada por WKN Windkraft Nord AG, ubicada en Husum, y tiene para Vestas un valor de aproximadamente 70 Millones de euros."

Diámetro: 80 m
Área batida: 5.027 m²
Velocidad de giro: 16,7 rpm

Torre:

Altura del cubo (aprox): 60 – 70 – 78 – 100 m
Peso: 60 m 67 m 78 m 100 m
Torre: 110 ton 130 ton 170 ton 220 ton
Contenedor: 61 ton 61 ton 61 ton 61 ton
Rotor: 34 ton 34 ton 34 ton 34 ton
TOTAL: 205 ton 225 ton 265 ton 315 ton

Como el rendimiento útil o entrega efectiva de energía de las turbinas de viento es de 30% de su "**capacidad instalada**", estas turbinas de 2.0 MWh proveen 600 KWh de energía aprovechable, o **0,6 MWh**.

Para conseguir producir los **3.000 MWh "efectivos"**, realmente utilizables por la red interconectada, prometidos por *Greenpeace* para el año 2013, se deberá usar una cantidad de turbinas de **2.0 MWh**, que determinaremos aplicando la "regla de tres simple":

0,6 mWh ----- 1 turbina
3.000 mWh ----- X

$$3.000 \times 1 / 0.6 = 5.000 \text{ turbinas}$$

El costo de estas turbinas, a **\$2,71 millones de dólares cada una**, significa una inversión de **\$2.710.000 x 5.000 = \$13.548 Millones de dólares**. Repase el cálculo las veces que crea necesario. *Greenpeace* dice que podría hacerlo **con sólo \$3.050 millones de dólares**. ¿Deliran - o mienten?

Las turbinas deben estar espaciadas entre sí por una distancia de entre **5 a 15 veces el diámetro de sus aspas**. El modelo de V90-2.0 MW de *Vestas Winds Systems* (el modelo que tiene mejor ecuación costo/ beneficio entre turbinas de viento) tiene un diámetro de aspas de **80 metros**, por lo cual hace que dichas turbinas tengan que estar espaciadas **entre 400 y 1200 metros**.

Para darles la mejor de las oportunidades a la energía eólica (y a la propuesta de *Greenpeace*) vamos a tomar a la menor de las separaciones entre turbinas (**5 veces el diámetro de las aspas**) por lo que la distancia entre turbinas será de **400 metros**. Esto es el "área batida" o "pisada" de cada turbina, y es igual a **160.000 m²**, de manera grosera unas **15 hectáreas**. (1 há = 10.000 m²).

De todas maneras, recuerde que si los estudios técnicos determinan que por la configuración geológica y geográfica la distancia entre turbinas debería ser de **800 o 1200 metros**, el resultado final de nuestros cálculos **deberá ser multiplicado por 2 o por 3.**

Como **1 km² = 1.000.000 m²**, la cantidad de turbinas permitidas es de **6,25 por km²**, resultado que sale de dividir **1.000.000 m² por 160.000 m².**

Para saber la cantidad de territorio necesario para producir los **3.000 MWh** de energía eólica afirmados por *Greenpeace*, multiplicaremos las 6,25 turbinas por km² por la potencia entregada por turbina, para conocer la energía lograda por km²:

$$6,25 \times 0,6 \text{ MWh} = 3,75 \text{ MWh} \quad [\text{Potencia por Km}^2].$$

Nueva regla de tres simple:

$$\begin{array}{l} 3,75 \text{ MWh} \text{ ----- } 1 \text{ km}^2 \\ 3,000 \text{ MWh} \text{ ---- } X \end{array}$$

Resultado: 3.000 MWh serán provistos por
 $X = 3.000 \text{ MWh} \times 1 \text{ km}^2 / 3.75 \text{ MWh} = 800 \text{ km}^2$

RESUMIENDO

- 1) **800 km²** serán los necesarios para producir los 3.000 MWh prometidos por Greenpeace.
- 2) Esto costará **\$13.548 millones de dólares**, a precios actuales de mercado.
- 3) Una central nuclear de 1000 MWh de última tecnología, del tipo "**pebble bed**" como se están construyendo en Sudáfrica y China), costaría no más de **\$1.100 millones de dólares**, de manera que para producir los 3000 MWh que quiere *Greenpeace*, a un costo de \$13.548 millones, mucho mejor será usar nada más que **\$3.300 millones** y obtenemos la misma energía, **a casi una cuarta parte** de lo que Greenpeace propone gastar. Además, nos ahorramos **799,97 km²**, que se pueden utilizar para sembrar soja transgénica (matando dos pájaros de un tiro: cosechamos unas 27.989,5 toneladas de soja - \$5.281 millones de dólares - y hacemos rabiar a *Greenpeace*.)

A pocos días de publicar mi informe en Internet, recibí correos electrónicos de mucha gente, pero me llamó la atención el enviado por Carlos Giménez, técnico de la CNEA, *Comisión Nacional de Energía Atómica*, diciendo, entre otras cosas, lo siguiente:

"El diseño avanzado de reactor es el CAREM (diseño avanzado de CNEA e INVAP), de 150 MWe (Mega Watts eléctricos) o 300 MWe, módulos comerciales, que al igual que el PBMR se pueden agrupar para conformar una planta de alrededor de 1000 MW. Su costo de capital es de alrededor de 1100 U\$s por Kw instalado, o sea 1100 millones de dólares para una planta de 1000 MWe."

“Estamos peleando por la construcción de un prototipo de 27 MWe, al igual que lo están encarando los Sudafricanos o los Coreanos, este diseño es el que nos proyectaría como desarrolladores de tecnología nuclear avanzada al mundo. Estamos en franca competencia con los diseños de los países mencionados y con el IRIS de Westinghouse (USA).”

“Creo que el ejemplo hoy más real y contundente es el de Finlandia, va a construir un reactor de 1600 MWe (diseño EPR de Framatom), por 1800 millones de dólares. Es el país mejor ranqueado en preocupación por la ecología, con menor corrupción y con un muy alto nivel de vida.”

La energía solar, la eólica, la geotermal, la fotovoltaica, la quema de madera y biomasa proveen menos del 1% de la energía que se consume en los Estados Unidos y demás países industrializados. No parece, por el momento, que estas cifras puedan variar mucho en el futuro. El ejemplo de lo que sucede y sucederá en el país del norte debería ser cuidadosamente estudiado por quienes declaman estar preocupados por el ambiente y por el futuro de la Humanidad. *El remedio que proponen puede resultar peor que la enfermedad. . .*

Los Estados Unidos se enfrentan al hecho que más del 99% de su energía eléctrica proviene de tres fuentes: quema de combustibles fósiles, represas hidroeléctricas, y centrales nucleares. La energía hídrica es de sólo el 4% al 6% del total, y es muy difícil que pueda aumentarse de manera sustancial en el futuro por problemas geográficos y ecológicos. Ello deja a la energía nuclear con aporte del 20% y la quema de combustibles fósiles con un 75%. En este último rubro, la quema de carbón se lleva el 60% y deja 15% al petróleo y al gas natural. Dado que en el mundo entero el carbón y la energía nuclear son los principales productores de electricidad, es instructivo y muy importante comparar las consecuencias ambientales de cada uno. (39)

¿Carbón o Nuclear?

Primero, al comparar los efluentes de una planta de carbón de 1000 megawatts eléctricos (MWe) con los de una central nuclear de igual potencia, se ve que la planta de carbón produce dióxido de carbono (CO₂) a una tasa de **250 Kg por segundo, o 7 millones de toneladas anuales.**

La central nuclear **produce nada.** El carbón produce óxidos de azufre (SO_x) a razón de 1 tonelada por minuto, o **120.000 ton/año.** La central nuclear, **nada.** El carbón produce óxidos de nitrógeno (NO_x) equivalentes a 200.000 autos: **20.000 ton/ año.** La central nuclear, una vez más, **cero.**

La planta de carbón produce humo, cuyas partículas más grandes son filtradas (en los Estados Unidos y partes de Europa), pero las pequeñas y más peligrosas son dispersadas alegremente a la atmósfera. La central nuclear, **no produce humo o emisión alguna de partículas.**

Las plantas de carbón generan más de 40 compuestos orgánicos diferentes que se liberan a la atmósfera **sin ningún tipo de control.** La central nuclear, otra vez, y esto ya se hace repetitivo, **cero.** Por último, y dado que el carbón contiene algo de uranio, radio y torio, las plantas de carbón liberan cantidades de radioactividad al ambiente **que no se monitorean.** El único elemento radioactivo que emiten las centrales nucleares es el Kriptón-85, **un gas noble inofensivo** que se libera bajo el

más estricto control técnico y científico.

Vayamos ahora a los residuos sólidos: una planta de carbón produce 500 Kg/minuto, o 750.000 ton/año. La cantidad de combustible atómico quemado de una central nuclear es de sólo 50 ton/año. Las cenizas del carbón, además de ser radioactivas, contienen sustancias tóxicas como arsénico, plomo, cadmio y mercurio, que permanecen venenosas para siempre.

Estas sustancias son liberadas a la atmósfera sin ningún control. La gente no se preocupa ni se asusta por esto porque *piensa «son sólo cenizas, como las que quedan en mi parrilla después del asadito»*.

El combustible nuclear quemado queda depositado bajo severísimos controles de seguridad. La cantidad de carbón que requiere una central de este tipo es de 38.000 vagones de ferrocarril por año, o 3 Millones de toneladas. La central nuclear se abastece con 6 camiones de 50 toneladas. Ese peso incluye a los pesadísimos contenedores de seguridad utilizados para impedir que la radioactividad se libere al ambiente. La ausencia total de efectos ambientales de la energía nuclear reside en que el proceso no involucra reacciones químicas, y opera bajo el principio de guardar cuidadosamente a los residuos, y no de dispersarlos descuidadamente al ambiente.

El calor generado por una central nuclear (conocido como la «**descarga térmica**») y que se libera al ambiente, es del mismo tipo que generan las centrales de carbón y puede usarse inmediatamente para fines útiles, como ser, para calentar casas e invernaderos. En Suecia, el vapor resultante de los condensadores de vapor se ha usado desde hace mucho para calentar hogares y edificios. En Suiza se ha diseñado un nuevo tipo de reactor pasivo, llamado **Geyser**,⁽⁴⁰⁾ con el objeto de calefaccionar casas de familia y edificios de oficinas.

Se ha propuesto que el reactor canadiense Slowpoke, de 10 Mwe sea usado para calentar a todo el campus de la Universidad de Saskatchewan.⁽⁴¹⁾ Algunas plantas nucleares del mundo descargan su calor sobrante directamente al agua de ríos y lagos, donde el leve aumento de la temperatura ha demostrado resultar beneficioso para los peces y otras formas de vida acuáticas, incluida la microflora bacteriana.

En la estación de Turkey Point, en la Florida, el agua entibiada es usada como área de alimentación de los caimanes de la zona, que parecen preferirla a la de zonas más alejadas.

Dado que muchos de los residuos provenientes de las plantas de carbón son aéreos, su destino final tiene lugar en el suelo, el agua y, por supuesto, en nuestros pulmones. Estudios de riesgo comparativos han demostrado que los efectos de la quema de carbón provoca unas 50.000 muertes anuales. La energía nuclear, **otra vez, cero**.

El Sentido Común

Considerando las claras ventajas económicas y de salubridad de las centrales nucleares, ¿por qué es tan precaria la situación de la energía nuclear en algunos países como Estados Unidos, Suecia y Alemania? **(42)** Al público se le informa de manera constante que en los Estados Unidos no se ha ordenado ninguna nueva central atómica en la última década.

Curiosamente, no se le informa que tampoco se han ordenado nuevas centrales a carbón o petróleo, ni tampoco se han construido nuevos diques. Sólo se han

construido muy pocas centrales a gas natural, muy baratas de mantener, aunque un poco más caras de erigir.

También se bombardea al público con la información de las 5 o 6 centrales que han tenido problemas técnicos, pero jamás se le dice nada de los **cientos de otras que siguen funcionando de manera segura y eficiente**. Como consecuencia de la experiencia ganada a lo largo de los años, se han conseguido adelantos técnicos increíbles que permiten tener hoy una fuerza de tareas excelentemente entrenada y una mejor comprensión de los fenómenos fundamentales, como las fisuras de corrosión por tensiones. Se practican análisis de riesgo y los resultados se usan para corregir los problemas potenciales.

El problema de la energía nuclear, los reactores y sus residuos no reside en sus posibilidades técnicas sino en la tremenda lucha burocrática que hay que vencer en cualquier cosa que se refiera a la energía nuclear para usos pacíficos. El tiempo pasa, los problemas y requerimientos de energía limpia son cada vez más acuciantes... y la clase política sigue con su inveterada postura de no dar soluciones al problema.

Referencias

1. Cobb, Charles E., Jr., 1989, "Living With Radiation" **National Geographic**, Abril 1989, pp. 403-437.
 - Eisenbud, Merrill, 1987, *Environmental Radioactivity From Natural Industrial and Military Sources*, Academic Press, 1250 Sixth Ave. San Diego, CA 97101
 - Cohen, Bernard L., 1981, "How Dangerous is Radiation?" **AECL Ascent**, Vol. 2, No. 4, 1981, pp. 8-12
 - Cohen, Bernard L., 1982, "The Genetic Effects of Natural Radiation," **AECL Ascent**, Vol. 3, No. 3, 1982, pp. 8-13.
 - Wagner, Henry N., Jr., y Linda E. Ketchum, *Living With Radiation - The Risk, The Promise*, Johns Hopkins University Press, 701 West 40th St., Baltimore MD 21211
 - Moghissi, A. Alan, editor, 1978, *Radioactivity in Consumer Products*, USNRC, NUREG/CP-0003
2. Beckmann, Petr, 1986, "Iodine 131 and Chernobyl", **The American Spectator**, Julio 1986
3. Marshall, Walter (Lord Marshall of Goring), 1986, "Nuclear Power: Energy of Today and Tomorrow," ENC International conference, Junio 2, 1986.
4. Young, Alvin L., y George P. Dix, 1988, "The Federal Approach to Radiation Issues," **Environmental Science and Technology**, Vol. 22, No. 7, pp. 733-739.
 - Grant, r. W., 1988, "Radiation Exposure by Source," en *Trashing Nuclear Power*, p. 33ff, Quandry House, Box 773, Manhattan Beach, CA 90266
5. Luckey T.D., 1980, *Hormesis and Ionizing Radiation*, p. 16, CRC Press, Inc. 2000 NW 24th St., Boca raton, FL 33431
 - Eisenbud, Merrill, 1987, op. cit., p. 160
 - Lapp, Ralph E., 1979, *The Radiation Controversy*, Reddy Communications, Inc. 537 Steamboat Road, Greenwich, CT 06830
 - Cohen, Bernard L., 1983, *Before It's Too Late*, ver especialmente el capítulo 2: *How Dangerous Is Radiation?*, Plenum Press, New York y Londres.
 - Beckmann, Petr, 1990, "Death From Outer Space," **Access to Energy**, Vol. 17, No. 8, 1990.
6. Cohen, Bernard L., *Before It's Too Late*, 1983, op. cit.
 - Luckey, T.D. 1980, op. cit.
7. Beckmann, Petr, 1982, **Access to Energy**, Vol. 9, No. 5, Box. 2298, Boulder, CO 80306
8. Eisenbud, Merrill, 1987, op. cit.
 - Beckmann, Petr, 1985, *The Health Hazards of NOT Going Nuclear*, Golem Press, Box 1342, Boulder, CO 80306
 - Cohen, Bernard, L., 1988, Health Effects of Low Level Radiation, informe del **American Council on Science and Health**, 47 Maple St., Summit, NJ 07901
9. Eisenbud, Merrill, 1987, op. cit.
10. Ibid.
11. Cohen, Bernard, L., 1983, op. cit.
12. Pirschman, A. 1932, "Working Miners and Lung Cancer at Joachimsthal," **American Journal of Cancer**, 1932.

13. Ray, D. L., 1986, "Who Is Radon and Why Are His Daughters So Bad?," **World Media Report**, Invierno 1986.
- Thomas, Ron, 1989, "Radon's Troublesome Daughters Stir Up Cotroversy," **AECL Ascent**, Vol. 8, No. 2, verano 1989.
 - Brookes, Warren T., *Radon Terrorism Unleashed by EPA*, **The Washington Times**, 29 Junio 1989
 - Brookes, Warren T., "Radon: Anatomy of Risk-Hype," **The Detroit News**, 5 de Marzo, 1990.
14. Nero, A.V. et al., 1986, "Distribution of Radon 222: Concentration in U.S. Homes," **Science**, 21 Nov. 1986, pp. 992-997.
- Nero, A.V. 1988, "Controlling Indoor Pollution," **Scientific American**, Mayo 1988
 - Lapp, R.E. 1989, *Radon Health Effects?*, panel del radón, encuentro del Health Physics Society, Albuquerque, NM, 29 Junio 1989
16. Brundage, J.F. et al., 1988, "Building-Associated Risk of Febrile Acute Respiratory Illness in Army Trainees," **Journal of the American Medical Association**, Abril, 8, 1988, pp. 2108-2112.
- Marcus, Amy Dockser, 1989, "In some Workplaces, Ill Winds Blows," **The Wall Street Journal**, Octubre 9, 1989.
 - Lawrence, Henry J., 1989, "Is Your Office Out To Kill You?," **Seattle Post-Intelligencer**, Agosto 14, 1989.
 - Holzman, David, 1989, "Elusive Culprits in Workplace Ills," **Insight**, Junio 26, 1989
17. Efron, Edith, 1984, *The Apocalypitics*, Capítulo 12, "The Case of the Missing Thresholds," p. 344, Simon & Schuster, Inc., Rockefeller Center, 1230 Ave. of the Americas, NY 11020.
- Luckey, T. D., 1980, *Radiation Hormesis*, op. cit.
18. Ibid.
- Cohen, Bernard L., 1987, "Tests of the Linear No Threshold Dose Response Relationship for High LET Radiation," **Health Physics**, Vol. 52, No. 5, pp. 629-636, Mayo 1989.
 - Sagan, Leonard A., 1987, "What Is Hormesis and Why Haven't We Heard About It Before?," **Health Physics**, editorial, Vol. 52, No. 5, pp. 521-525, Mayo 1987.
 - Fremlin, J., 1989, "Radiation Hormesis," **Atom**, Londres, Abril 1989.
 - Luckey, T.D., 1988, "Hormesis and Nurture With Ionizing Radiation," en *Global 2000 Revisited*, Hugh Ellsaesser, editor, Paragon House, 1988.
19. Carta de Marshall Brucer a la revista **TIME**, citada en **Access to Energy**, Vol. 16, No. 7, Marzo 1989.
20. Luckey, T.D., 1988, op. cit.
21. Fleck, C.M., H. Oberhammer, y W. Hoffmann, 1987, *Inference of Chemically and Radiologically Induced Cancer at Environmental Doses*, IV International Symposium on the Natural Radiation Environment, Lisboa, Portugal, 7-11 Diciembre 1987.
22. Cohen, Bernard L., 1989, "Lung Cancers and Radon: Hormesis at Low Levels of Exposures in American Homes," **Access to Energy**, Vol. 16, No. 9, 1989.
- Cohen, Bernard L., 1989, "Expected Indoor Radon-222 Levels in Counties with Very High and Very Low Cancer Rates," **Health Physics**, Vol. 57, No. 6, Diciembre.1989, pp. 897-906
23. Beckman, Petr, 1979, *The Health Hazards of NOT Going Nuclear*, Golem Press, Box 1342, Boulder, CO 80306.
- Cohen, Bernard L., 1983, *Before It's Too Late: A Scientist's Case FOR Nuclear Power*, Plenum Publishing, 233 Spring St. New York 10013.
 - Grant, R. W. 1988, *Trashing Nuclear Power*, Quandary House, Box 733, Manhattan Beach, CA 90266.
 - McCracken, Samuel, 1982, *The War Against the Atom*, Basic Books, Inc. New York.
24. Informes del U.S. Council on Energy Awareness, P.O. Box 66103, Dept. P.C. 14, Washington, DC 20035.
25. Bee, Jim, 1988, Editorial "The Battle for Public Acceptance," **AECL Ascent**, Vol. 7, No. 3, p. 3.
- Cohen, Karl, 1984, "Nuclear Power," Capítulo 14, en *The Resourceful Earth*, editores Julian L. Simon y Herman Kahn, Basil Blackwell, Inc., 432 Park Ave. South, Suite 1505, New York 10016
26. Wargo, J. R., 1988, "Here They Come Again: A Wretched Win-Loss Record Fails to Daunt the Opposition." **Nuclear Industry**, Marzo/Abril 1988, pp. 62-66.
- *The Comparative Risks of Different Methods of Generating Electricity*, declaración política de la American Nuclear Society, ANS Document PPS-3, Octubre de 19879.
 - *Energy and the Environment*, 1989, estudio sobre la posición general de la American Society of Mechanical Engineers, Julio de 1989.
27. Cohen, Bernard L., 1990, *The Nuclear Energy Option: The Alternative for the 1990s*, Plenum Publishing, 233 Spring Street, New York 10013.
28. McGaw, Jim, 1989, "Energy and the Environment: A Precarious Balance; What Are the Alternatives?," **AECL Ascent**, Vol. 8, No. 1, Spring 1989, p. 27.
29. Moore, Taylor, 1989, "Thin Films: Expanding the Solar Marketplace," **EPRI Journal**, Marzo 1989, pp. 4-

15.
 - Beckmann, Petr, 1980, "Solar Electricity and Economics," **Access to Energy**, Vol. 7, No. 7, Marzo de 1980.
 - Grant, R. W., 1988, "The Solar Alternative?," in *Trashing Nuclear Power*, p. 88, Quandry House, Box 773, Manhattan Beach, CA 90266.
 - Inhaber, Herbert, 1979, "Risk With Energy From Conventional and Non-Conventional Sources," **Science**, Vol. 203, 23 Febrero 1979, pp. 718-723.
 - "Medical Perspectives of Nuclear Power," 1989, Informe del Consejo, **Journal of the American Medical Association**, Vol. 262, Nov. 17, 1989, pp. 718-723.
30. Grant, R.W., op. cit., p. 91.
 - Beckmann, Petr, "Solar Electricity: SOLAR ONE," **Access to Energy**, Vol. 9, No. 10, Junio 1982.
31. Dr. Fox, Michael, 1989, "The Truth About Solar Energy: It Costs Too Much", **21st Century Science & Technology**, July-August 1989, pp.20-23.
32. "Fire in Southern California Edison's SOLAR ONE," **Access to Energy**, Vol. 17, No. 7, Marzo 1990.
33. Grant, R.W., op. cit. p. 90.
34. Cohen, Bernard, L., 1983, "The Solar Dream," Capítulo 9, en *Before It's Too Late*, op. cit.
35. Inhaber Herbert, 1983, *Energy Risk Assessment*, Gordon & Breach, 1 Park Avenue, New York 10016.
36. MacIntyre, Linden, 1981, "Wind Power, Applications in the Gulf of St. Lawrence," **AECL Ascent**, Vol. 3, No. 1, 1981, pp. 8-13.
 - Schaefer, John, 1989, "Wind Systems," **EPRI Journal**, Julio/Agosto 1989, pp. 49-51.
37. Informado en **Access to Energy**, Vol. 11, No. 2, Octubre 2, 1983.
38. Access to Energy, Vol. 10, No. 12, Agosto 1983.
39. Ackerman, Bruce A. y W.T. Hassler, 1981, *Clean Coal, Dirty Air*, Yale University Press, 92-A Yale Station, New Haven, CT 06520.
 - Beckmann, Petr, 1979, *The Non-Problem of Nuclear Wastes*, Golem Press, Box 1342, Boulder, CO 80306.
 - Wilson, R., S.D. Colome, J.D. Spengler, y D.G. Wilson, 1980, *Health Effects of Fossil Fuel Burning*, Ballinger Publishing, Cambridge, MA.
 - Cohen, Bernard L., 1990, "Hazards of High Level Radioactive Waste-the Great Myth," Capítulo 11, en *The Nuclear Option: The Alternative for the 1990's*, Plenum Publishing, New York.
40. Vecsy, G. y Dorozslai, P.G.K., *A Simple New Heating Reactor of High Inherent Safety*, informe presentado en la reunión conjunta de la American Nuclear Society, la Swiss Section of Nuclear Society, el Public Forum, Nuclear Energy Today and Tomorrow, en Zurich, Suiza, Agosto 1987.
41. Duffy, John Q., 1981, "Slowpoke: The Little Reactor That Can." **AECL Ascent**, Vol. 3, No. 1, pp. 22-26.
42. Warren, Anita, 1989, "That Powerless Feeling," **Nuclear Industry**, primer cuatrimestre 1989, pp. 10-17.
 - Ray, Dixie Lee, 1988, "Why Doesn't the Public See It the Way We Do?," en la International Conference on Enhanced Safety of Nuclear Reactors, School of Engineering and Applied Science, George Washington University, Agosto de 1988.
 - Cherner, Sara, 1988, "Yeoman Service: They Say Good News Is Not News; That's Why You Don't Hear Much About Nuclear Plants That Perform Well," **Nuclear Industry**, Juio/Agosto 1988, pp. 34-40.