SERIE DE ARTÍCULOS SOBRE ENERGÍA ALTERNATIVA: LA NUCLEAR ENTREGA EL USO DE LA ENERGIA

Mayo 2011

Autor: Ing. Jorge Bertoni

EL USO DE LA ENERGIA

Desde el advenimiento del hombre sobre la Tierra, éste ha debido valerse, para su subsistencia y evolución, de energía adicional a la que le proporcionaban sus músculos para realizar todo tipo de trabajo. Toda la energía disponible en la Tierra proviene del sol y de los materiales que la componen.

El sol genera energía, que nos llega en forma de luz y calor, convirtiendo en su seno, inmensas cantidades de hidrógeno en deuterio, tritio y helio, mediante el proceso de fusión, como ocurre en todas las estrellas del universo, que son en definitiva, reactores nucleares de fusión.

El sol calienta nuestro planeta y provee la luz para que las plantas crezcan, y mantener la vida del reino animal. En las pasadas eras geológicas esa energía se acumuló en el mundo vegetal y animal que finalmente han derivado en los yacimientos de combustible de carbón, gas y petróleo, que constituyen los combustibles fósiles de la actualidad y de los que la humanidad depende para su subsistencia.

Hay otra fuente de energía que se encuentra en la corteza terrestre, en abundante cantidad, que es el uranio. Aunque no es un material abundante en el sistema solar, parece haberse formado hace miles de millones de años, en una proporción promedio de 1,4 ppm. Este material se desintegra espontáneamente, de forma natural, y se transforma en distintos materiales, entre ellos el gas radón, y el calor que así se genera, produce procesos de convección en la corteza terrestre, lo que resulta vital para la existencia.

Para aprovechar la fuente inagotable de energía que significa la fisión del uranio, el hombre diseñó y construyó los reactores nucleares de potencia.

Mucho se ha hablado de la crisis energética de la década del 70, que llegó como una crisis de suministro de petróleo. Y como la existencia de sus yacimientos en la tierra es limitada, cada potencia buscó de acumular reservas, y la humanidad comenzó a preocuparse por lograr una administración racional de esos recursos limitados, que deben ser utilizados por las futuras generaciones.

Por su antigüedad, los yacimientos de carbón son abundantes, pero su uso como combustible, produce efectos secundarios alarmantes, como la emisión de anhídrido carbónico y gases de azufre a la atmósfera, causantes del efecto invernadero sobre la tierra, y la lluvia ácida que elimina especies y mata las vidas animal y vegetal en algunas zonas del planeta.

LA DEMANDA DE ENERGIA

La demanda de energía crece en forma constante, como lo hace la población sobre la tierra, y para su sostenimiento se requiere para los siguientes sectores:

- Uso doméstico y comercial.
- Industria y agricultura.
- Transporte.

Aunque el primer sector depende de las condiciones climáticas de cada país, en promedio, cada sector requiere el 30% de la energía primaria total.

En los otros dos, hay una significativa demanda de energía en forma de electricidad, que está creciendo muy rápidamente.

EL ABASTECIMIENTO DE ENERGIA

Hay dos fuentes de energía primaria que pueden agruparse en dos categorías distintas:

- **Combustibles renovables:** Madera y otros vegetales, limitados por la disponibilidad del suelo y por su ritmo de crecimiento (Producción de Etanol y Metanol).
- **Combustibles no-renovables:** Carbón, gas y petróleo (Combustibles fósiles). Uranio y Torio, (combustibles nucleares de fisión), Deuterio y Tritio (fusión).
- **Fuerzas naturales renovables:** Calor y luz solar, Viento, Olas, Mareas, Ríos (hidráulica), calor geotérmico, gradientes térmicos en el océano.

De estas fuentes primarias pueden derivar otras fuentes de energía secundaria, que son, por ejemplo:

- Electricidad. – Puede ser generada a partir de varias fuentes primarias.
- Hidrógeno. – Principalmente de la hidrólisis del agua.
- Alcoholes. - Se obtiene de la madera y otros vegetales.
- Petróleo y gas. – Se produce a partir del carbón.

En la actualidad la electricidad es altamente significativa, aunque en el futuro la producción y consumo de hidrógeno puede llegar a ser importante.

Gran parte de la demanda de energía puede satisfacerse mediante distintas fuentes. Por ejemplo, el calor a baja temperatura puede lograrse directamente con combustibles fósiles, electricidad o radiación solar. La energía para el transporte móvil requiere combustibles transportables como los derivados del petróleo o el gas. En el futuro se espera que también el hidrógeno podrá satisfacer estas necesidades.

Todo lo dicho aconseja que el uso de los combustibles fósiles, se reserve para aquellas actividades donde son imprescindibles, como el transporte, y para no ser malgastados en usos donde otras formas de energía puedan ser utilizadas.

CAMBIOS EN LA DEMANDA Y SUMINISTRO DE ENERGIA

A medida que el consumo de energía aumente en el mundo, la dispar distribución de los recursos energéticos hará aumentar el intercambio entre los países ricos y los países pobres en energía, y estos últimos, debido a la importancia que tiene la energía en el desarrollo económico e industrial, se sentirán vulnerables económica y políticamente.

Hasta principios de la década del 70, el relativo bajo costo del petróleo, hizo que muchos países dependieran fuertemente de su suministro. La producción de petróleo se triplicó entre 1960 y 1973. Esta tendencia cambió bruscamente ya que el precio aumentó hasta cuadruplicarse y a la

crisis del petróleo del 73 le siguió otra en 1979. La consecuencia de esto, fue que el consumo mundial en 1986 resultó igual que el de 1973, y ello a pesar de un marcado aumento en el consumo de energía primaria en todo el mundo. Las estimaciones hechas en 1972 habían previsto que el consumo de petróleo se duplicaría en los 10 años siguientes.

Por ejemplo, un país pequeño como Japón tiene poco carbón y petróleo en su territorio, y pocos recursos hídricos y llegó en un momento dado en que las crecientes importaciones de petróleo necesarias para satisfacer hasta el 75% de sus demandas totales de energía primaria, ya no eran mas soportables económicamente.

También Estados Unidos, originalmente autosuficiente en petróleo, encontró dificultades para pagar la creciente importación de petróleo que compensara su declinante producción.

Las alteraciones en los precios y suministro de petróleo en los años 70, introdujeron rápidos cambios en el uso y producción de otras fuentes de energía.

- La producción y comercialización internacional de carbón aumentó, para reemplazar parcialmente el uso de petróleo.
- Se adoptó la energía nuclear en varios países con deficiencias energéticas.
- Todos los países adoptaron medidas para restringir el uso de energía.
- Se estudiaron seriamente fuentes de energía renovables, (en algunos casos por primera vez) para determinar donde y cuando podrían usarse económicamente.

La tendencia de estos cambios continuó en la década del 90, con algunas excepciones, y cuando los gobiernos se desilusionaron con la meta no cumplida de que muchas de las fuentes de energía renovables pudieran hacer alguna contribución significativa par paliar la demanda.

En todo el mundo se consideró posible disminuir apreciablemente el uso de energía por unidad del Producto Bruto Interno. Se redujo sensiblemente el uso de petróleo para la producción de electricidad, y se aumentó el uso del gas.

La demanda de energía primaria por unidad de Producto Bruto Interno (define la *intensidad de energía*), mostró una apreciable disminución como continuación de la tendencia desde la crisis del petróleo, de 1,3% por año en los países de la OECD, y este se espera sea el caso para el futuro de los países en vías de desarrollo.

Paralelamente, sin embargo, el consumo de electricidad por unidad de Producto Bruto Interno ha aumentando continuamente, y esto ha requerido un fuerte aumento en la producción de electricidad en todos los países.

La electricidad es una forma de energía muy versátil, que puede ser generada a partir de varios combustibles, como ya se dijo, y puede ser fácilmente transportada y distribuida hasta los puntos finales de uso, no en forma acumulada. Es por eso que el papel que juega en la economía de un país es muy importante y su demanda está en constante aumento. En la actualidad, la generación de electricidad en el mundo, requiere el uso del 40% de toda la producción de energía primaria.

Recordemos las unidades con que se mide la energía eléctrica.

Kw.h (kilovatio.hora) – Usada en el consumo doméstico mensual.

Mw.h (megavatio.hora) = 10^3 kv.h – Usada en la producción de una central eléctrica.

Gw.h (Gigavatio.hora) = 10^6 kw.h = 10^3 Mw.h – Usada en la energía generada acumulada.

Tw.h (Teravatio.hora) = 10^9 kw.h = 10^3 Gw.h – Usada en la producción de un país o el mundo.

Veamos a continuación, según el combustible de que se trate, cuánto hace falta para producir 1000 Mwe durante un año, en una central que funcione el 75% del tiempo. (disponibilidad), o lo que es lo mismo, unos 6.570 Mwh:

- 25 toneladas de uranio (enriquecido al 4% en U235).
- 2 millones de toneladas de carbón.
- 1,27 millones de toneladas de petróleo.
- 1.800 millones de m³ de gas natural.
- 10.000 hectáreas de células solares. (10 km x 10 km).
- 6,2 millones de basura domiciliaria.

A esto hay que agregar que tanto la energía solar como la eólica, necesitan complementos de generación, para suplir las condiciones meteorológicas adversas.

La siguiente tabla, provista por la OECD/IEA 2000, indica la evolución de la demanda eléctrica, en distintas zonas del mundo: (Producción eléctrica expresada en Tw.h)

<u>ZONA</u>	<u>1988</u>	<u>1998</u>	<u>AUMENTO</u>
Mundo	11072	14403	30%
OECD	7035	9125	30%
Africa	303	416	37%
Latinoamérica	467	718	54%
Asia	1117	2304	106%
Oriente Medio	212	410	93%

LA DEMANDA Y EL SUMINISTRO FUTURO DE ENERGIA

¿Cómo se satisfarán las futuras demandas de energía? Hay todavía muchas incertidumbres:

- La producción de petróleo alcanzó un pico en 1979 y no volvió a ese nivel hasta 1994. Los costos de producción se han mantenido bastante estables desde 1973. Los precios finales dependen fuertemente de factores políticos.
- La producción de gas, que está creciendo muy rápidamente, alcanzará muy probablemente su máximo en varios países, en las próximas dos décadas.
- El carbón es costoso de extraer de las minas, y su uso preocupa por el llamado calentamiento de la tierra que produce su combustión.
- Los programas nucleares son indeterminados en varios países, paralizados o en estudio.
- Hay una experiencia práctica muy limitada en el uso de fuentes de energía renovables.
- La asimilación del concepto de *conservación de la energía*, está muy acotado, si no se opera un cambio substancial en el estilo de vida de los países desarrollados, y una concientización en los países en vías de desarrollo.

Cuando en 1973 el mundo tomó conciencia de lo limitado de los yacimientos de combustibles fósiles, muchos países optaron por la energía nuclear.

Una solución para el problema del abastecimiento futuro, basado en un rápido desarrollo de las fuentes renovables, es impensable a corto plazo. Su costo, el nivel del desarrollo actual de su tecnología, y lo difuso e intermitente de su disponibilidad, limitan su posibilidad.

A pesar de todas estas incertidumbres, los planificadores de energía, que asesoran en políticas de Estado, deben encontrar la solución más conveniente. Sus planes habrán de basarse en la proyección del crecimiento de la población mundial, su desarrollo social y económico, y la disponibilidad de los recursos energéticos, relacionados con sus costos, efecto directo de la globalización.

Ya hemos visto que el consumo de energía en el mundo, ha estado creciendo firmemente durante varias décadas. Aún con el efecto temporario del aumento de los precios del petróleo después de 1973 y la consecuente recesión económica, el mundo continúa usando más energía cada año y se espera que lo haga en el futuro. La tasa de crecimiento no volverá a ser la misma que era antes de 1973, pero la mayoría de los países siguen creciendo económicamente, y la necesidad de más energía es indicador de ese proceso. Además, el crecimiento de la población en el mundo, continuará y habrá de llegar desde los 6.000 millones de hoy a 7.500 millones en 2020, y esto también significará un aumento en la demanda de energía.

Así como crece la demanda de energía, también aumenta de la demanda de agua potable en regiones del mundo en vías desarrollo, la que solo podrá satisfacerse mediante instalaciones de desalinización, que serán consumidoras de grandes cantidades de energía. Esto significará un aumento adicional de la demanda.

Al tener todos estos factores en cuenta, una razonable tasa de crecimiento de la energía en el mundo, sería entre 1,5 y 2,0% por año. Alcanzar este crecimiento en el abastecimiento, significará la expansión de fuentes ya utilizadas, y un aumento de la eficiencia en el uso de la energía. Esto significa lograr que las fuentes de energía existentes produzcan más trabajo útil, iluminación y calor de lo que han producido hasta el presente.

Desde 1970 los esfuerzos por conservar la energía impuestos por los factores económicos, produjeron un notable aumento en el rendimiento del uso de la energía, tanto en la industria como en el transporte, por lo menos en los países de la OECD. El aumento de la energía primaria en estos países, se preve que solo lo haga marginalmente, mientras que en los países en vías de desarrollo se espera que lo haga mucho más rápidamente.

La demanda de electricidad crece mas rápidamente que la demanda de energía total. Se estima que ésta se duplicará en el período 1980 a 2020, mientras que en el mismo período, la demanda de electricidad se triplicará.

La más reciente y confiable proyección de la demanda eléctrica en el mundo, es la publicada en el 2000 por el Panel Internacional sobre el Cambio Climático, en el informe denominado *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES), en el que la energía primaria global crece con un factor 1,7- 3,7 hasta 2050, con una media de 2,5. La demanda de electricidad crecería más rápidamente, ya que la gente prefiere su limpieza en el punto final de uso, su conveniencia y flexibilidad. Este crecimiento sería con un factor de entre 2 y 8, con una media de 4,7. Los valores indicados en este informe, del crecimiento de la demanda eléctrica para todo el mundo, expresados en TWh, son los siguientes:

	2000	2005	2010	2020
Estimación baja	15407	16659	18157	21798
Estimación alta		17677	20520	27539

Cuando accionamos el interruptor de la luz, nunca pensamos cuál es el origen de la electricidad que consumimos, pero otra cosa ocurre cuando accionamos el interruptor y no hay luz, porque se interrumpió el suministro, y los electrodomésticos no funcionan y los ascensores no funcionan, y todo eso constituye una pequeña tragedia doméstica.

Es entonces cuando nos acordamos del suministrador, y la importante función que cumple la electricidad al proveer el confort diario de la vida moderna. Y aprendemos duramente que cuando la demanda supera al suministro, la primera consecuencia son los apagones, programados o no. Por las consecuencias que producen, se acepta como cierto eso de que la energía más cara, es aquella de la que no se dispone.

Veamos, en forma resumida, que ocurre detrás del interruptor de luz, y fuera de nuestras casas. Existe un complejo entramado del sistema de suministro eléctrico, que básicamente se divide en:

- Generación.
- Transmisión
- Despacho Unificado de Carga.
- Distribución
- Consumo

Generación: La globalización ha inducido a la privatización de los medios de generación eléctrica en todo el mundo. Las empresas generadoras, sin importar el combustible que usen, venden electricidad al Despacho de Carga, a pedido de éste.

Transmisión: Sin importar mucho la ubicación geográfica de la central de generación, ésta está conectada con una red de transmisión, de propiedad nacional, que abarca casi la totalidad del país. Esta red de transmisión de alto voltaje, alimenta a su vez a las redes de distribución, en distintas zonas geográficas.

Despacho de Carga: Cumple con dos tareas muy delicadas. Asegurar que la producción de electricidad, sea siempre superior a la demanda, y optimizar el costo promedio del kwh generado.

El consumo diario de electricidad, varía a lo largo de las 24 horas del día, y hay una potencia mínima que debe estar operable durante esas 24 hs. Las centrales que la producen se denominan de carga base, pues se ubican precisamente en la base del diagrama que señala la potencia que hace falta en cada momento, y son la que producen electricidad con el menor costo de combustible. Allí se ubican las centrales nucleares.

A medida que es necesario agregar potencia al sistema, el Despacho de Carga hace entrar en operación a centrales con el costo de combustible creciente, hasta que en las horas de máxima demanda o de punta, entran en operación aunque por pocas horas, los generadores de combustible mas caro, como son las turbinas de gas.

El gráfico que indica la potencia necesaria a lo largo del día, y por cuanto tiempo, se llama *Monótona*, y permite clasificar las máquinas de generación en centrales de carga base, de carga media, de semi punta y de punta, con tiempos decreciente de funcionamiento para cada una.

Distribución: Empresas privadas se encargan de transmitir la electricidad desde las líneas de transmisión, hasta el punto de consumo, para lo que deben reducir la tensión, e instalar el medidor de consumo domiciliario. Estas empresas facturan el producto final.

Consumo: En el proceso de optimizar y reducir los costos de la electricidad, se le ofrece al

consumidor, una tarifa reducida de noche para alentar el consumo durante esas horas. Esto tiene por objeto, disminuir la gran diferencia que existe entre los consumos del día y de la noche, que obliga a paradas y arranques de máquinas de generación, y si se aplanan la curva el resultado es económicamente positivo, ya que se reduce el costo promedio del kwh.

Para satisfacer la demanda eléctrica del año 2020, según las cifras citadas anteriormente en la estimación baja, haría falta producir en aquél entonces, unos 6000 Twh más que los actuales, en todo el mundo. Se trata de estimar por lo tanto, el equipamiento necesario para producir esa electricidad y tener una idea más objetiva del orden de magnitud de que se trata. Para ello se supondrá que las centrales eléctricas habrán de operar con un factor de disponibilidad del 80% (unas 7000 hs por año), y que las unidades de generación serán de 1000 Mwe cada una:

Número de centrales = $6000 \text{ Twh} = 6 \times 10^9 \text{ Mwh} / 1000 \text{ Mw} \times 24 \times 365 \times 0,8 \text{ h} = 857 \text{ centrales}$

Es decir que hasta el año 2020, habrá que instalar, distribuida entre todos los países del mundo, una potencia de 857.000 Mwe, con el consiguiente consumo de combustible primario, carbón, fuel oil, gas o uranio, para poder producir los 6000 Twh adicionales previstos para ese año.

LOS PRODUCTOS GASEOSOS DE LA COMBUSTIÓN

Al quemar cualquier combustible fósil, carbón o gas, se producen grandes cantidades de dióxido de carbono y vapor de agua, principalmente. Ambos gases tienen la propiedad de poder actuar como un manto sobre la atmósfera, que permite el paso de la luz y el calor del sol a la tierra, pero impide en gran medida que este calor escape nuevamente. Este proceso se conoce con el nombre de *efecto invernadero*, y teóricamente, con el tiempo podría producir un *calentamiento global de la tierra*.

Entre 1800 y 1992 el nivel de anhídrido carbónico en la atmósfera creció un 25%. Este aumento se debió más que probablemente al aumento en el uso de combustibles fósiles, que comenzó con el proceso de la revolución industrial.

La mayoría de los científicos aceptan que la teoría que explica el efecto invernadero es válida. En 1998, aparecieron desacuerdos entre los especialistas de la atmósfera, respecto a que la tierra está en proceso de calentamiento y se cuestionó si ello se debe a la combustión de los combustibles fósiles.

Si el calentamiento global está ocurriendo, como varios indicadores parecen señalar, ello produce y producirá graves problemas a la humanidad. Se fundirían parte de los casquetes polares, y aumentaría en consecuencia el nivel de los océanos. Grandes extensiones de zonas costeras y las ciudades ubicadas en ellas serían inundadas, varias islas quedarían sumergidas y millones de personas tendrían que ser evacuadas de sus hogares, lo que conlleva un cambio estructural de la ocupación de la tierra.

Un calentamiento global también podría producir un cambio en la circulación de la atmósfera, y convertir extensas zonas productoras de alimentos en estériles desiertos. Epidemias tropicales podrían trasladarse hacia zonas hoy más templadas, y así se podría seguir detallando las visiones apocalípticas hacia las que el mundo se encamina.

Hay científicos que hoy consideran que las inundaciones catastróficas en Europa central, Rusia y China, producidas recientemente por lluvias torrenciales, son consecuencia del calentamiento de la atmósfera. Entonces que hizo el hombre para evitarlo.

ACUERDOS DE RIO DE JANEIRO Y KIOTO

En junio de 1992, las Naciones Unidas patrocinaron una conferencia realizada en Río de Janeiro, Brasil, para discutir el problema del calentamiento global. Más de 25000 personas, incluyendo 7000 periodistas, asistieron a la reunión. Después de agotadoras sesiones, surgió finalmente el *Tratado sobre el Cambio Global del Clima*.

En dicho tratado, los países industrializados se comprometieron a reducir voluntariamente el uso de combustibles fósiles, para reducir en parte las emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera. Esto no surtió ningún efecto, posiblemente porque se trataba de un gesto voluntario. El hecho es que en 1997, cinco años después, la emisión de anhídrido carbónico a la atmósfera había aumentado.

En diciembre de 1997, la segunda conferencia internacional sobre el calentamiento global, patrocinada por las Naciones Unidas, se reunió en Kioto, Japón. Los acuerdos logrados en esta conferencia son más concretos y si se cumplen, afectarán drásticamente a las naciones más industrializadas.

En Kioto, 38 naciones industrializadas acordaron disminuir las emisiones de los gases que producen el efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, a 6% y 8% por debajo de los niveles que tenían en 1990. Para alcanzar este objetivo se estableció como plazo los años 2008 y 2012 respectivamente.

Sin embargo, el acuerdo exceptuó a los países en vía de desarrollo, incluyendo a China, librándolos solo a reducciones voluntarias. Para que sea de aplicación obligatoria en USA, el senado debe ratificar el acuerdo de Kioto, y eso no lo ha hecho todavía.

Kioto ha creado muchas controversias, pues Estados Unidos rechaza cualquier solución que exceptúe a países en desarrollo a cumplir con la reducción de emisiones. China por ejemplo, a pesar de haber sido exceptuada, está entre las naciones más polucionantes del planeta y sucederá a Estados Unidos en la emisión de gases de efecto invernadero. El 25 por ciento de todas las muertes en China fueron causadas por enfermedades en las vías respiratorias, debidas al aire polucionado.

En Abril de 2001, en la novena sesión de la Comisión sobre el desarrollo sostenido del cambio climático, los países se pusieron de acuerdo en discrepar sobre el papel que la energía nuclear tiene en el desarrollo sostenido del clima. El texto final destaca que algunos países ven la energía nuclear como un contribuyente substancial para un desarrollo sustentable, mientras que otros consideran este enfoque como inconsistente. Sin embargo, las partes lograron un acuerdo unánime en que "la elección de la energía nuclear es atributo de cada país".

En Noviembre de 2001, en la conferencia de países en el marco de la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se logró un acuerdo sobre la implantación de reglas (referido como los acuerdos de Marrakesh), para el Protocolo de Kioto. Para la energía nuclear esto es un paso importante hacia la asignación de un valor económico mensurable, por el hecho de no emitir gases que producen el efecto invernadero. No ha sido posible aún, asignarle un valor económico a la no emisión de esos gases, y este es un proceso no concluido aún.

Para que el Protocolo de Kioto entre en vigencia, se requiere la ratificación de al menos 55 países totalizando el 55% de las emisiones de anhídrido carbónico fijado en el Anexo I de 1990. En junio de 2002 había 74 ratificaciones que totalizaban solo el 35.8%.

En Estados Unidos, los economistas predicen que si se aprueba el protocolo de Kioto, ello significará serias dificultades económicas para su cumplimiento, y la fuerza de los grupos anti nucleares impide que los políticos decidan que una de las soluciones más convenientes es la construcción de más centrales nucleares.

Para cuantificar la contribución de la energía nuclear a la no polución de la atmósfera, basta

mencionar que las 438 centrales actualmente en operación, totalizan una potencia de 353.000 Mwe. Si esa misma energía eléctrica fuera generada por centrales térmicas que quemaran combustibles fósiles, producirían un kg de anhídrido carbónico por cada kwh. Es decir que las centrales nucleares evitan la emisión a la atmósfera, de unos 2.600 millones de toneladas de CO₂ por año.

LOS GASES DE COMBUSTIÓN – COMO AFECTAN A LA SALUD DEL HOMBRE

El más perjudicial de los combustibles fósiles utilizados, es sin duda el carbón. Además de los gases que producen el efecto invernadero, emite otros gases y elementos muy perjudiciales para la salud. Anualmente se eyectan unas mil toneladas de cada una de estas sustancias: mercurio, berilio, manganeso, selenio y níquel, y algo menos de plomo, arsénico, cadmio, asbestos, benzopirenos y otros hidrocarburos relacionados. Pero el más peligroso de los polucionantes es el dióxido de azufre, cuya presencia en las llamadas nieblas asesinas ha provocado tantas muertes. Parte de estos elementos se incorporan al aire que respiramos, y el resto, queda en los residuos sólidos o cenizas que se desechan o depositan.

Sorprendentemente, las centrales que queman carbón, liberan varios cientos de veces más radiactividad por día, que las centrales nucleares. Esta radiactividad proviene del uranio, radio, torio y polonio que han quedado atrapados en el carbón desde la época de su formación. En Estados Unidos se extraen del orden de un millón de toneladas de carbón por año, y en ellas hay mezcladas unas 20.000 toneladas de uranio.

El dióxido de azufre, está asociado a las bronquitis y otras enfermedades respiratorias, y a la mayor parte de las muertes producidas en Estados Unidos, relacionado con la polución del aire. En ese país se considera que el uso del carbón como combustible, es el principal responsable de las 50.000 muertes que se producen anualmente.

Específicamente, la inhalación de gases de combustión producen enfisemas, o muerte lenta por asfixia, como en el caso de los fumadores crónicos. Los enfisemas suelen ir acompañados de bronquitis, y en 1960 ésta fue la causa del 10% de todas las muertes en Inglaterra.

En Estados Unidos, en 1996, las enfermedades de obstrucción respiratoria como el enfisema y la bronquitis, han sido la cuarta causa de todas las muertes, y se le atribuyen 106.000 víctimas. Estas solo fueron superadas por enfermedades del aparato circulatorio, cáncer y muerte accidental.

El cáncer de pulmón es diez veces mayor entre los fumadores que entre los no fumadores, y los gases producto de la combustión del carbón actúa como el humo de cigarrillo entre los no fumadores, contribuyendo al desarrollo del cáncer pulmonar.

LA LLUVIA ACIDA

Dentro de los problemas ecológicos mencionados hasta ahora queda por desarrollar *la lluvia ácida*. En grandes extensiones de hielo, o glaciares, donde la nieve y el hielo se han ido depositando a lo largo de las centurias, los científicos han podido medir el grado de acidez de la atmósfera a través de los años, y desde que comenzara el proceso de industrialización, por el 1700, ha ido creciendo en forma ininterrumpida hasta nuestros días.

Se considera que dos polucionantes del aire, productos de la combustión del carbón y el petróleo son los principales responsables de esta acidez: el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno.

Estos, al combinarse con el vapor de agua y otras sustancias, se convierten en ácido que es arrastrado por las lluvias hacia la tierra causando la muerte de peces en los lagos, y de árboles en los bosques. Esto fue detectado en Alemania y Escandinavia. En Italia, los científicos y restauradores observaron que era la causa de la destrucción del mármol, fuente natural de obras de arte monumentales.

En la mitad de los 80, Canada, Noruega y Suecia, declararon que la lluvia ácida era el problema más serio relacionado con el medio ambiente. Esa lluvia que baña los árboles, llega al suelo y es arrastrada hasta los cursos de agua y llega finalmente a los lagos. A medida que la acidez aumenta, fueron muriendo peces más y más grandes, hasta que muchos lagos se quedaron sin vida ictícola y vegetal.

Una de las complicaciones de la lluvia ácida, es que se trata de un problema internacional. En países como Alemania e Inglaterra comenzaron a aumentar las alturas de las chimeneas con el fin de mejorar la dilución de los gases en la atmósfera. Esta medida mejoró la situación en forma temporaria, y los niveles de anhídrido sulfuroso bajaron. Pero la polución siguió aumentando en la dirección de los vientos dominantes, y los gases producidos por las ciudades industriales de Inglaterra y Alemania, comenzaron a descender en Noruega y Suecia a 800 Km de distancia, y en menor medida sobre otros países de Europa.

Inglaterra ha reducido en 30% la emisión de gases de azufre desde 1990, pero la acidez en los lagos de Suecia no ha disminuido. Los gases producidos en Estados Unidos, caen en forma de lluvia ácida sobre Canada.

En cuanto a la interacción de la lluvia ácida con el mármol y otros materiales de construcción que contienen carbonato de calcio, produce una reacción química formando compuestos más solubles en agua, con la consecuencia de que el frente de un edificio o una estatua, son poco a poco disueltos por lluvias subsecuentes.

DESECHOS SÓLIDOS DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBON

Los gases producto de la combustión del carbón, se incorporan al aire a través de una chimenea, y alguno de estos irritantes de las vías respiratorias, químicos cancerígenos, sustancias radiactivas y venenos, ingresan en los pulmones de las personas al respirar. Esto produce enfermedades respiratorias, y en Estados Unidos se estima que producen unas 50.000 muertes por año como se ha dicho anteriormente.

No solo hay desechos gaseosos, sino que también se producen desechos sólidos o cenizas y sedimentos. Todos son peligrosos. Son cantidades tan grandes las que se producen que raramente son enterrados. Se los suele utilizar como relleno de terrenos bajos, sin que existan reglamentaciones que controlen esta actividad, y sin tener en cuenta que esos productos pueden ser arrastrados por las lluvias hacia ríos y lagos, e incorporarse a napas freáticas y aparecer finalmente en el agua potable.

Estos desechos contienen muchas de las sustancias que aparecen en los desechos gaseosos, tales como el selenio, vanadio, mercurio y otros metales, muchos de los cuales son venenosos. También son radiactivos, aunque nadie lo intuya, pues contienen uranio, torio y radón. Las cenizas del carbón, son 180 veces más radiactivas que el nivel permisible en las centrales nucleares.

En 1988, por ejemplo, la empresa BNF (British Nuclear Fuel) en Inglaterra vertió 300 kg de uranio en el mar de Irlanda, y a pesar de que la operación había sido debidamente aprobada, suscitó

grandes comentarios en los medios. En esa oportunidad el presidente de la CEGB, empresa generadora de electricidad, se refirió al hecho de la siguiente forma:

“Tengo que informarles que ayer, CEGB ha vertido al ambiente 300 kg de uranio radiactivo juntamente con todos sus productos de decaimiento. Mas aún, el día anterior también debimos eliminar otros 300 kg, y hoy eliminaremos la misma cantidad. Tenemos planificado hacer lo mismo mañana. De hecho, lo hacemos cada día de cada año, en la medida en que sigamos quemando carbón en nuestras centrales. Y nosotros no los llamamos residuos radiactivos. Los llamamos cenizas de carbón.”

Algo similar ocurre en Estados Unidos. Cerca de 20.00 toneladas de uranio son extraídas junto con los mil millones de toneladas de carbón que se extraen cada año. Cuando se quema este carbón, parte de ese uranio pasa a la atmósfera, y cerca de 500 toneladas quedan en las cenizas. Como no existe virtualmente ninguna reglamentación para la eliminación de cenizas de carbón, éstas se vierten en cualquier parte, sin ninguna precaución hacia la salud pública.

Si se aplicara la misma reglamentación que se usa en las centrales nucleares para el tratamiento de los desechos radiactivos, seguramente tendrían que cerrar todas las centrales que usan carbón, hasta que resolvieran el problema insoluble de la eliminación de sus cenizas.