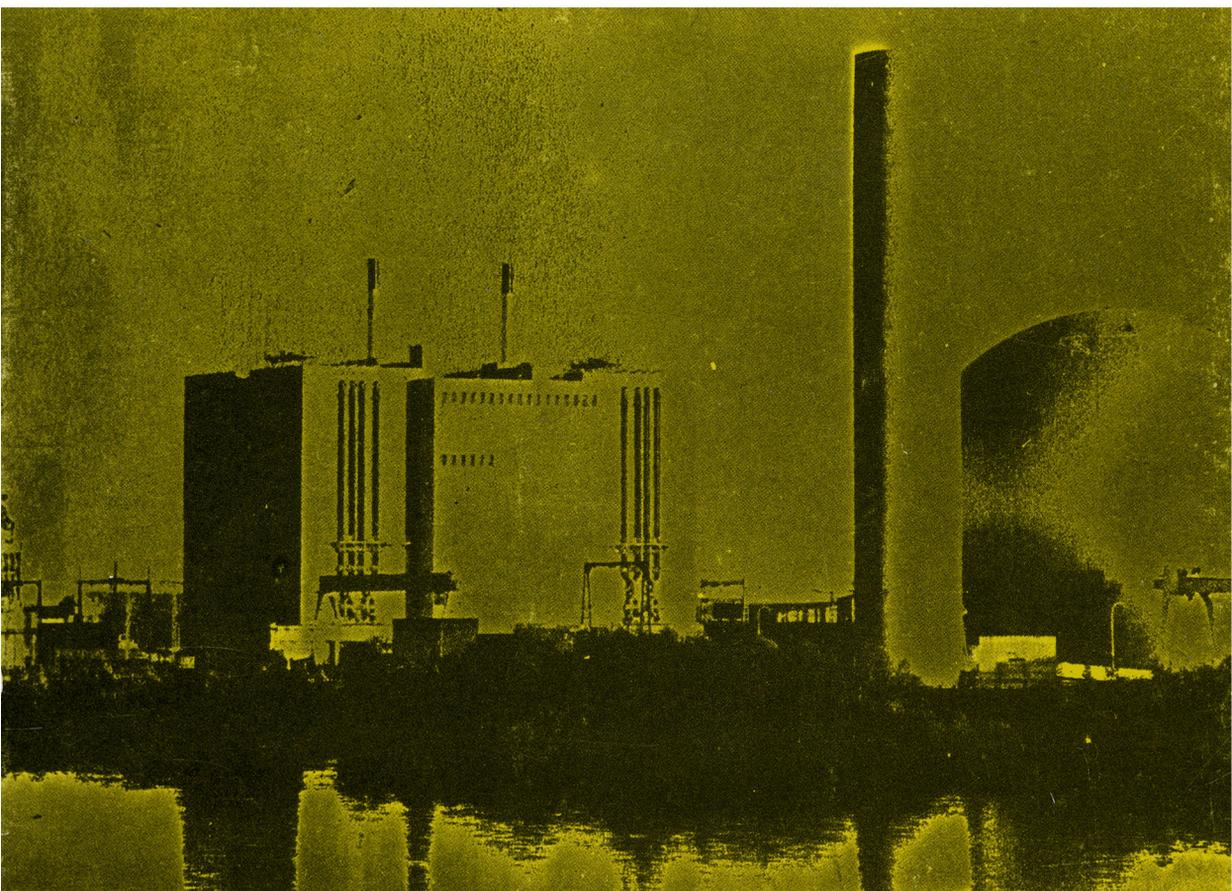


DEBATE-CONFERENCIA SOBRE ENERGIA NUCLEAR

Drs. Weinberg & Arrhenius

RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

Dr. Arrhenius



Sociedad de Ciencias Naturales ARANZADI

INDICE

Sarrera = Introducción

Debate-conferencia sobre energía nuclear

Recursos naturales y medio ambiente

SARRERA

1978ko Irailaren 7-an Donostia-ko Estudios Universitarios y Tecnicos de Guipuzcoa delakoaren aretoan, Aranzadi Elkartearen Ekologia saillak antolatu eta gidaturik, nuklear energiari buruzko mintzal-di-izketa bat ospatu zen. Bertan Weinberg eta Arrhenius doktoreek parte artu zuten. USA-ko Congress eta Sueziako Royal Academy of Sciences elkartearen bitartez proposatuak. Azken orduan, Sueziako Dr. Lennart J. Lundquist-ek, politikazko zientzietan eta ekologiarri buruzko konparatutako legislazio-nean jakintsua, ezin etorria adierazi zigun.

Alvin M. Weinberg irakaslea, nuklear fisikaz Dr.-a Chicagoko Unibertsitatean, Oak Ridge General Laboratory-ko orokar zuzendaria izanda (1955-74), «Atoms for Peace Award» saria, «National Academy of Engenieri American Nuclear So-

INTRODUCCION

El 7 de septiembre de 1978, en el Paraninfo de los Estudios Universitarios y Técnicos de Guipúzcoa de San Sebastián, organizado y dirigido por la sección de Ecología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, tuvo lugar un debate-conferencia sobre energía nuclear en el que participaron los doctores Weinberg y Arrhenius propuestos para este acto a través del Congress de USA y de la Royal Academy of Sciences de Suecia. También era de acudir el Dr. Lennart J. Lundquist de Suecia, Dr. en Ciencias Políticas y especialista en la comparación de la legislación y práctica en distintos países sobre cuestiones de medio ambiente, quien a última hora informó de su imposibilidad de trasladarse a San Sebastián.

El Profesor Alvin M. Weinberg de USA, Dr. en Física Nuclear por

ciety» delakoaren partaide (berauen lehendakari 1959-60-ean) bai eta «American Academy of Arts & Science» delakoan ere. Eginak ditu nuklear energia, matematikazko teoria eta science policy gaiet buruzko ikerketa eta argitalpenak. Orain, Oak Ridge Associated Universities delakoaren Institute for Energy Analysis elkartearen zuzendaria da.

Erik Arrhenius irakaslea, Zoofisiologiaz Dr.-a Stockholm-eko Unibertsitatean, Toxicologia Celular saillaren zuzendaria da, Stockholm-eko Unibertsitatearen Inguru-toxicologia arloaren barnean. OECD eta «Biological Impact of Mercury, 1974» elkartearen aholkulari da fisiologia eta biokimikaz; Industriazko Saillaren partaide eta Sueziako Energiari buruzko Batzordearen lehendakaria. Bere lanak argitalpen askotan barreiatuak daude eta Europa eta Ameriketako zientziatzko batzarre eta symposietan parte hartu du.

Aranzadi Elkarteak egun hartan izan zen mintzaldi-izketa argitaratzen du, elkar-izketan Aranzadiko mahaiaren bitartez egin ziren galderak barne. Honek ez du esan nahi, haatik, haiek Aranzadik egin gogo zituen galderak —denborarengatik egin gabe geldituak— ziren.

Argitaratzen ere da Dr. Arrhenius-ek Orfeon Donostiarra-ren Salon Novelty aretoan iru egun beranduago «naturaren berezko iturburuak eta ingurumaria» gaiari buruz eman zuen mintzaldia.

Bi mintzaldi haiek osorik grabatuak izan ziren —anglesez eta españerazko baterako itzulpena— eta, azaleko orraztaperen xumeenak ez ezik, dauden bezala argitaratzen

la Universidad de Chicago, ha sido Director General del Oak Ridge General Laboratory (1955-74), Premio 1960 «Atoms for Peace Award»; es miembro de la «National Academy of Ingenieri American Nuclear Society» (Presidente de la misma en 1959-60) y de la «American Academy of Arts & Science». Ha realizado investigaciones y publicaciones sobre temas de Energía nuclear, Teoría matemática y Science policy. Actualmente es Director del «Institute for Energy Analysis» del Oak Ridge Associated Universities.

El Profesor Erik Arrhenius de Suecia, Dr. en Zoofisiología por la Universidad de Stockholm, es Director de la División de Toxicología Celular, Unidad de Toxicología Ambiental de la Universidad de Stockholm. Es asesor científico sobre fisiología y bioquímica de la OECD y del «Biological Impact of Mercury, 1974», miembro del Departamento de Industria y Presidente de la Comisión de Energía de Suecia. Sus trabajos están recogidos en diversas publicaciones, habiendo participado en numerosos congresos y simposiums en instituciones y universidades europeas y americanas.

La Sociedad de Ciencias Aranzadi publica este debate conferencia con inclusión de las cuestiones planteadas en el coloquio y que se hicieron a través de la mesa moderadora de Aranzadi, lo que no significa, sin embargo, que sean las preguntas proyectadas por Aranzadi y que por falta de tiempo no se pudieron realizar.

También se incluye la conferencia pronunciada por el Dr. Arrhenius en el Salón Novelty del Orfeón Donostiarra de San Sebastián

dira; mintzaldietan azaldu ohi diren akatsak barne.

Aranzadi Elkarteak haietan aipatu zen guztia argitaratu nahi du orokar, eta bereziki nuklear, energiari buruzko azalpen, jarrera eta berri intresgarriak direlakoan. Batez ere mundu maillako nuklear energiaren auzia berpiztu duten azkeneko ixtripuen ondoren.

tres días después, sobre recursos naturales y medio ambiente.

Los dos actos fueron grabados en su totalidad —el original inglés y la traducción simultánea al español— y se reproducen, pues, casi literalmente (realizadas las correcciones formales mínimas), con los impoderables de, a veces, repetición, imprecisión verbal, etc. que normalmente se dan en las exposiciones orales.

La Sociedad Aranzadi considera de interés dejar constancia escrita de cuanto en ellas se expuso, estimando que, de cualquier manera, suponen testimonios e informal y nuclear en particular; especialmente tras los accidentes últimamente producidos que han reavivado intensamente el debate energético mundial.

DEBATE - CONFERENCIA SOBRE ENERGIA NUCLEAR

Drs. Weinberg & Arrhenius

Ponencia - Introducción de Aranzadi

Vamos a intentar, en esta breve introducción, situar la conferencia-debate dentro del contexto que es propio de nuestro País.

El consumo creciente de los recursos energéticos clásicos, la búsqueda y el desarrollo de fuentes energéticas alternativas, entre ellas la de la energía nuclear, son temas que se plantean y se discuten en todo el mundo. El problema es complejo y es necesario evitar el adoptar posturas absolutas sin haber reflexionado suficientemente sobre las consideraciones de todo tipo en campos tan distintos como el ecológico, el económico, el técnico y el socio-político, que deben preceder a una toma de posición.

La postura verdaderamente realista y progresista es buscar en este como en cualquier otro tema una información cada vez más completa, como base de partida para adoptar un juicio que es válido en cada momento, pero que no se puede considerar como definitivo e inamovible, sino susceptible de cambio por efecto de la nueva información que puede llegar o de las nuevas experiencias vividas. De ahí, repetimos, que el objetivo que se ha planteado esta conferencia-debate, no sea otro que el proporcionar información para permitir el acercamiento más objetivo posible al tema de la energía nuclear, información y criterios tanto más válidos cuanto que proceden, en principio, de personalidades de indudable nivel científico. No es, pues, objetivo de esta conferencia dar soluciones definitivas, ni defender posturas preconcebidas.

Posiblemente, escucharemos hoy, entre otras muchas cosas, opiniones autorizadas sobre la previsión de necesidades energéticas a nivel mundial y las diferentes fuentes energéticas cuya utilización puede preverse para satisfacerlas. Como consecuencia, escucharemos opiniones sobre la inevitabilidad o no del recurso a corto plazo a la energía nuclear, los tipos de instalaciones susceptibles de ser empleadas ya en la producción de energía, las condiciones infra-estructurales que deben cumplirse para su instalación, los peligros que su funcionamiento encierra, sus repercusiones en el medio ambiente, los sistemas de control imprescindibles, etc. Es decir, un conjunto de aportaciones en los campos ecológico, económico y técnico que pueden hacerse desde una perspectiva global mundializada. Es este un punto de vista que, como vemos, enfoca el problema energético sin relacionarlo con un país determinado o con un sistema económico pre-definido, aunque, evidentemente, tiene grandes implicaciones en estos temas.

Recibiremos, igualmente, información sobre los criterios para la definición de un plan energético en países concretos, los modos de participación de las diferentes fuerzas o grupos sociales en el establecimiento de la política energética, las razones que han provocado modificacio-

nes importantes en estos planes en algunos estados occidentales, los sistemas de control y auto-defensa que la sociedad ha instituido en distintos países, las disposiciones legales que dan forma a este control social, la manera, en fin, de cómo la democracia más o menos perfecta de estos países se articula para permitir la actuación más libre de las distintas fuerzas sociales en la búsqueda de la solución más acertada. Es decir, estaremos recibiendo los resultados de plantearse el problema energético en general y el nuclear en particular, desde una perspectiva estatal; esto es, en el marco de un estado del mundo occidental.

Existe un tercer nivel de análisis, tanto de este como de cualquier otro tema: el que es específico nuestro, intransferible y que nadie puede darnos. Es la perspectiva o punto de vista que se deriva de la particular situación socio-política del País Vasco y de su posible evolución futura. Las decisiones, las posturas, las soluciones adoptadas por otras sociedades en otros países no son trasladables miméticamente a nuestro País. Toda la información, todos los criterios, valiosísimos, tanto más cuanto más alta sea la talla científica de los que los proporcionan, son puntos de partida y ayuda imprescindibles, pero deben ser analizados en el contexto de nuestra situación y desde nuestra propia óptica; análisis que, repetimos, sólo el propio País puede realizar. Dada la importancia de este punto, vamos a permitirnos una pequeña digresión sobre algunas de las características que definen nuestra particular situación.

Las necesidades energéticas del País Vasco están vinculadas a la realidad actual y a la evolución futura de su economía. Todo el proceso de industrialización ha condicionado absolutamente, ya desde el siglo XIX y sobre todo en los últimos 40 años, nuestra actual estructura económica. Así, podemos afirmar que no existe economía vasca propiamente dicha, por la sencilla razón de que su existencia supondría la pre-existencia de un control y de una capacidad de gestión de los recursos de que dispone y de su utilización. Consiguientemente, hay que constatar la realidad de una economía vasca «regionalizada», sometida a intereses que se definen exteriormente, y por consiguiente no específicamente vascos, que se caracteriza, fundamentalmente, en lo que al País Vasco Sur concierne, por una concentración industrial inusitadamente alta en sectores tales como la industria básica del hierro y el acero y los transformados metálicos, con las consiguientes problemáticas demográfica, contaminante, energética que suscitan, y por una dependencia exagerada del mercado del Estado español, con el que el volumen de transacciones, compras y ventas, es sensiblemente mayor que la de cualquier otra zona del Estado.

Esta estructura económica tan frágil sólo se explica si se la entiende, como hemos dicho, como parte de la economía del Estado español que la ha determinado totalmente.

Es claro que un país pequeño como el nuestro forzosamente tiene que plantearse una economía abierta, apoyada en una fuerte proporción de intercambio con el exterior, pero también es evidente que, en un contexto de auto-control, el País Vasco no habría caído en esta doble concentración, tan peligrosa, de su estructura industrial y de su estructura de mercado. Países europeos, también de dimensión reducida, con idén-

tica carencia de materias primas y de recursos energéticos que el nuestro, han alcanzado en su desarrollo un equilibrio económico que sin duda hubiera estado a nuestro alcance.

En este supuesto, indudablemente, habría que tener en cuenta, a la hora de formarnos una opinión y tomar postura sobre el tema energético, datos tales como la situación de nuestro País, quiérase o no, dentro del sistema económico del mundo occidental, la importancia creciente del comercio mundial, y la estrecha relación entre supervivencia y desarrollo, y capacidad competitiva en este mercado mundializado, la conexión estrecha entre competitividad, productividad y consumo cada vez mayor de energía, las razonables previsiones de necesidades crecientes de energía, en nuestro País, nuestra absoluta dependencia energética del exterior y las informaciones recibidas, los conocimientos acumulados y los avances técnicos sobre soluciones alternativas para satisfacer estas necesidades con los riesgos que implican y las ventajas comparativas que suponen. Pero la consideración correcta de estas y otras muchas cuestiones, exige una situación de auto-control que el País no tiene. Para que la decisión energética pueda abordarse y adoptarse, y suponga por tanto solución auténtica del debate planteado, es condición indispensable que el País Vasco pueda decidir por sí mismo el modelo de desarrollo que desea. Esto implica, entre otras cosas, capacidad política para fijar unos objetivos sociales propios y control sobre la planificación de la economía. Sólo a partir de esta condición podemos prever las necesidades futuras de energía, consecuencia primordialmente de la estructura industrial más conveniente para el País, en función de sus recursos, y decidir sobre la alternativa de solución mejor del problema energético, atendiendo a criterios de valoración de su coste global, que incluye' la valoración de muy diversos factores, no sólo los estrictamente económicos, que exige un consensus y una participación sociales sólo posibles y efectivos en un contexto autónomo.

De otro modo, si se mantiene la situación actual de nuestra economía y sociedad en general que antes hemos comentado, si nuestro futuro se decide fundamentalmente fuera, si son intereses globales ajenos al País los que intervienen para definirlo, lógicamente no puede esperarse una oposición, en muchos casos intuitiva, a las medidas energéticas que se propongan en cuanto se descubra en ellas el menor riesgo.

Concluyendo; para que funcionen en nuestro País los sistemas de participación democrática en la elección de la opción energética, único modo, repetimos, de asegurar una solución real del problema, es imprescindible, quiérase o no, que el País Vasco tenga capacidad para fijarse unos objetivos socio-políticos propios y control sobre la planificación de su economía; es decir, la existencia de una auténtica autonomía. Fuera de este contexto, no se puede abordar el debate sobre energía nuclear en nuestro País.

Una vez situada en este contexto la conferencia, podemos dar paso a los ponentes, para que nos informen sobre las características del debate nuclear desde una perspectiva mundializada y una perspectiva concreta estatal.

Energías tradicionales. Combustibles fósiles.

Contaminación atmosférica

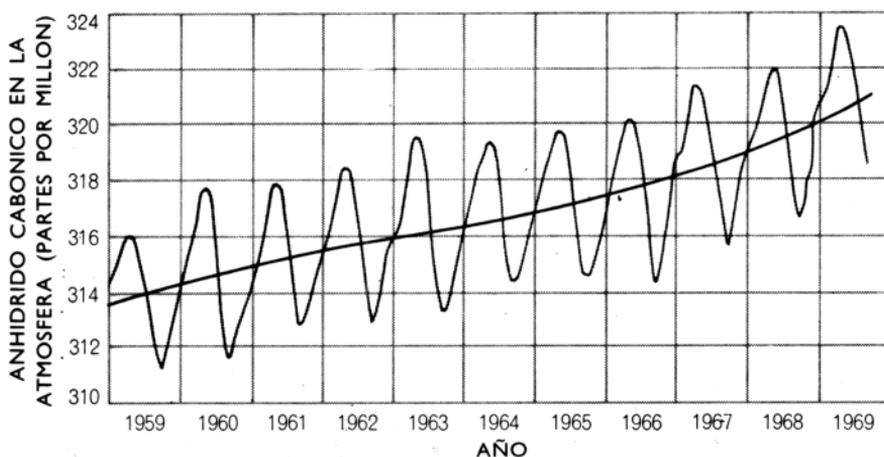
Dr. Weinberg:

Hay un tema interesante al que yo quisiera que prestasen atención, y que creo que es muy apropiado citarlo en este caso en vista de la presencia del Dr. Arrhenius. Como muchos de ustedes saben, el abuelo del Dr. Arrhenius fue el físico químico Sven Arrhenius, que estudió sobre la velocidad de la reacción química.

Hace casi noventa años, señaló que la combustión de combustibles fósiles agrega anhídrido carbónico a la atmósfera y que el anhídrido carbónico, debido a que absorbe fuertemente los rayos de espectro infrarrojo, produce un efecto de invernadero. La tierra es permeable a los rayos solares, pero son reflejados en la gama infrarroja y el anhídrido carbónico captura esta energía y la convierte en calor. Se piensa que este calor conduce a un calentamiento de la tierra.

Ahora bien, la cantidad de calor producida es muy incierta; creo que el abuelo del Dr. Arrhenius calculó (no tengo las cifras exactas), si no recuerdo mal, que se producía un calentamiento mundial de 8 grados centígrados, pero yo no puedo indicar ahora qué cantidad de dióxido de carbono corresponde a esta cifra de 8º de aumento.

Los cálculos más precisos, de los que no estoy muy seguro, que han sido realizados en muchos países, sugieren que si alrededor del 20 % de los combustibles fósiles existentes en el mundo se quemaran equivaldría a duplicar la concentración del anhídrido carbónico, lo que puede aumentar la temperatura promedio de la superficie de la tierra entre 1,50 y 3°C. y la de los polos aproximadamente unos 8.º C. Mucho de esto es un tanto incierto, pero algo que sí sabemos aparece en una diapositiva que quisiera mostrarles.



VARIACIONES A LARGO PLAZO en el contenido de anhídrido carbónico atmosférico, tal y como han sido observadas en el *Mauna Loa Observatory*, de Hawaii, por la *Scripps Institution of Oceanography*. La curva dentada indica los cambios de un mes para otro en la concentración desde enero de 1959. Las oscilaciones reflejan variaciones estacionales en el valor de la fotosíntesis, como se representa en la figura inferior de la página opuesta. La curva lisa muestra la tendencia del proceso.

Algo que es indiscutible es que desde que comenzamos a hacer mediciones exactas de la concentración de anhídrido carbónico ha aumentado en aproximadamente una parte por millón cada año, una parte por millón al año de 300 partes por millón, lo que supone en total un aumento aproximado del 10 %. Las fluctuaciones son debidas a que en el verano el anhídrido carbónico muestra un aumento que llega a 15 partes por millón.

Así, pues, tenemos la posibilidad de ampliar la utilización del carbón y del petróleo, del gas natural, si rechazamos la energía nuclear, pero muchos consideran, y han hecho cálculos, que estos combustibles no son limpios y que plantean más problemas y accidentes que la energía nuclear.

Energías alternativas

Dr. Weinberg:

Podría decir mucho sobre la energía solar y la energía de fusión; tengo que señalar que en USA la energía solar no ha recibido demasiada ayuda durante muchos años y que ahora ha aumentado fuertemente. Actualmente gastamos alrededor de 2/3 de energía nuclear en relación con la cifra de la energía total, pero el desarrollo nuclear está tendiendo a bajar y el desarrollo solar a subir. Creo que es poco prudente eliminar alguna de las opciones energéticas en la creencia que la energía solar sea capaz de suministrar toda la energía.

Pero sería muy poco prudente decidirse por sólo una de las opciones y creer que la energía solar pueda suministrar la energía que necesitamos, dado que ésta es una fuente de energía intermitente.

En segundo lugar, lo que hoy parece que sabemos sobre la energía solar es que es cara, aunque no estoy preparado para decir exactamente su coste real.

Algunas veces me pregunto ¿por qué U.S.A., que puede permitirse la energía solar, si quiere, sin ningún problema, por qué va hacia las otras opciones, por ejemplo, la opción nuclear? Supongo que una de las respuestas es que los países que son capaces de manipular la energía nuclear, aplican menos interés a las otras fuentes de energía por ejemplo carbón y petróleo.

En U.S.A. ahorramos aproximadamente 1,5 millones de barriles de crudo por día debido a la energía nuclear. Por lo que se ve que los Países desarrollados que tienen una experiencia técnica y, las estructuras institucionales suficientes para la utilización de la energía nuclear tienen que admitir menores exigencias tecnológicas para que sean usadas por otros países que no tienen ninguna estructura institucional, ni experiencia técnica.

Hay un lugar para fuentes de energía en pequeña escala y creo que hay un lugar para fuentes de energía en gran escala; sería muy peligroso con lo poco que conocemos acerca de las fuentes de energía en pe-

queña escala, elegir en este momento un camino que rechace las fuentes de energía centralizadas, ya sean de combustibles fósiles o de combustibles nucleares.

Dr. Arrhenius:

Quisiera señalar solamente una cosa: la opción no está principalmente entre carbón y energía nuclear en el caso sueco.

Se estudiaron cuatro alternativas por la Comisión de Energía sueca para elegir entre ellas, partiendo todas ellas de la utilización de las mismas cantidades de carbón combustible. La diferencia estriba en dos alternativas: una que produce 70 u 80 T.h. año de energía nuclear y las otras dos alternativas, que prescinden de la energía nuclear. Estas dos últimas alternativas son bastante extremas; proyectan cerrar las plantas nucleares existentes, lo cual económicamente es algo difícil de hacer. En su lugar proyectan utilizar un pequeño programa solar de 3 W.h., utilizando, principalmente para calefacción, grandes cantidades de residuos de las industrias de la madera, de fabricación de papel y paja.

En la actualidad quemamos 20 W.h. de paja en los campos, porque no sabemos qué hacer con ella; hay un programa de utilización de turba de 20 W.h. y hay lo que llamamos energía-madera, debida al rápido crecimiento de chopos que crecen en la turba y terrenos pantanosos y que se cortan al cabo de tres años, lo que se denomina una mini-rotación de producción de madera.

También es muy importante el tema de la calidad de la energía en el programa sueco. Se ha decidido que hay que revisar críticamente el tipo de energía a utilizar. La energía «low grade» (bajo grado) es más barata que la electricidad procedente de energía «high grade» (gran calidad) que es muy extensamente utilizada en Suecia para Calefacción.

Se utilizan plantas para producir energía de alta calidad, que es usada en actividades de baja calidad, en donde otros tipos de calor, como el calor producido por el sobrante de plantas térmicas, podrían ser utilizados para calefacción en lugar de ser descargados al mar. También los paneles solares, que no producen energía eléctrica pero producen calor, podrían ser utilizados.

Aranzadi:

La razón por la que no se ayuda lo suficiente, en opinión del que hace la pregunta, al Dr. Hannes Alfven en el desarrollo de la energía de fusión y el tema del despilfarro de energía o, planteado de otra forma el ahorro de energía, en temas tales como, por ejemplo, la investigación en la eliminación del inevitable —hasta ahora— escalón de transformación mecánica para pasar de la energía química contenida en el petróleo a la energía eléctrica, con el consiguiente bajo rendimiento que tiene este proceso de transformación, o la investigación de las importantes pérdidas en el transporte de la energía eléctrica, mediante el empleo de superconductores conseguidos por enfriamiento intenso de algunos ma-

teriales. Todo está inmerso en la problemática de soluciones energéticas alternativas y situación de estas nuevas técnicas en el momento actual. ¿Se puede recoger una opinión de los ponentes sobre el tema?

Dr. Weinberg:

Con respecto a la fisión, he tenido discusiones con Hannes Alfvén acerca de la fisión y de la fusión y opino que él está bastante confundido. He estado involucrado en los quehaceres de la fusión durante 30 años y sé que es una tecnología extremadamente difícil para poder asegurar que haya habido un progreso notable el pasado año, particularmente en Princeton donde obtuvieron un plasma superior a 60 millones de grados. Es una tecnología difícil y no hay ninguna que no tenga riesgo. Por ejemplo 100 millones de curies de Tritium en cada reactor de fusión. Por lo tanto existe el problema de radioactividad y tendremos alguno de los problemas que hay con los reactores de fisión.

Con respecto, a la eficiencia en la transmisión o en la conversión de la energía en energía eléctrica se está trabajando en ambos campos, desarrollándose en Los Alamos Laboratory y en otro Laboratorio Nacional. Por ejemplo, creo que tardaremos bastante antes de que podamos utilizar los cables superconductores; sin embargo es un objetivo a seguir. Con respecto a la primera parte de la pregunta, la contestación simple es: ¿Tenemos alguna otra alternativa de energía? ¿Cuánto estaríamos dispuestos a pagar con respecto al riesgo y con respecto al coste económico por las alternativas? Esta es una discusión política que yo no puedo abordar.

Suponiendo que la solar cueste dos o tres veces más que la nuclear, incluso algunos piensan que cuesta hasta cinco veces más... ¿cuál es el momento de cambiar? Es una decisión política y yo supongo que la principal conclusión de mi posición es que ya que no podemos, en este momento, decir realmente cuánto va a costar la energía solar, es muy imprudente rechazar una de las otras opciones energéticas, en particular la energía de fisión.

Aranzadi:

¿Por qué no se crea un puente entre la situación actual y una futura previsible, con nuevas fuentes energéticas que no presenten riesgos? ¿Cuáles son las posibles alternativas energéticas o energías de sustitución? Algunas se refieren a la energía solar y se nos pregunta por el estado de las investigaciones actuales, la proporción de dinero invertido en U.S.A. en investigación sobre energía solar.

Dr. Weinberg:

Tomaré la última pregunta. Ya he expresado brevemente mi punto de vista sobre la energía solar. Creo que se ha hecho un gran progreso pero se debe aclarar que en la energía solar la mayoría de sus manifestaciones son intermitentes. ¿Qué hubieran hecho ustedes con un día co-

mo hoy en San Sebastián, si dependiesen enteramente de la energía solar para la electricidad? La tendrían que conseguir de alguna estación central, teniendo un sistema de almacenaje. Esto es posible, pero por una parte si tienen ustedes una estación central, tienen que decidir qué clase de estación van a utilizar y tener algún sistema de almacenamiento, por ejemplo, baterías, solución que es carísima. Toda la cuestión se reduce a decir a qué precio se puede preferir la energía solar a la nuclear, y si la solar tiene igual grado de fiabilidad; entonces sí podría suministrar energía al mismo costo que la nuclear. En este caso todos, incluso yo, preferiría la energía solar. ¿Por qué vamos a preocuparnos de los problemas de la energía nuclear?

Dr. Arrhenius:

Podría añadir a esto que la mayoría de los miembros de la Comisión de Energía de Suecia estaban a favor de no descartar la energía nuclear de fisión. Había reservas por parte de 5 miembros de un total de catorce y dos estaban sin pronunciarse.

Los que estaban en contra de esto, propugnaban que se deberían de parar por lo menos 10 reactores que están ahora en uso y del todo construidos, limitando su duración hasta finales de 1999. En lo que estaban de acuerdo unánimemente era en que se necesitaba un programa denso de recursos renovables. En esto volveré a repetir que la calidad y la conservación de energía se presenta como un programa importante y en Suecia el programa de energía solar no está hoy muy enfocado en producir electricidad, pero sí en el uso de la energía solar para producir energía de baja calidad en forma de calor y por tanto ahorrando la energía eléctrica para producción de calor.

Se pueden poner objeciones a todo esto, como dice el Dr. Weinberg. No conozco su situación, pero en Suecia tenemos una situación maravillosa, porque tenemos la posibilidad de producir entre 25 a 40 Terawat/hora de energía eólica, porque el viento sopla cuando no tenemos sol. Además tenemos 60 TW/h de energía hidroeléctrica almacenada para los días que el sol no luce y el viento no sopla; podemos, entonces, abrir las presas un poco más.

Dr. Weinberg:

Yo estoy bastante de acuerdo con usted pero quisiera hacerle ver que se va a tomar una decisión para tener suministros completamente renovables y si esto quiere decir que rechazan los combustibles fósiles y nucleares entonces uno tiene la responsabilidad de esta decisión hasta el final de sus consecuencias. Hemos estado estudiando en nuestro Instituto la cuestión de cómo se podría llevar una sociedad sólo con recursos renovables; el problema de su intermitencia es realmente muy serio.

Criterios de emplazamiento

Aranzadi:

Criterios con respecto al emplazamiento de centrales nucleares, en Suecia y en U.S.A. ¿Existen normas obligatorias, criterios precisos con respecto al emplazamiento cercano o no de poblaciones, etc.?

Dr. Weinberg:

Las normas no son tan específicas; no hay ninguna norma que diga que tal reactor no puede estar a menos de tal distancia de una población de tantos habitantes. Por otra parte en aquellos casos en que se ha solicitado la construcción de plantas nucleares que a juicio de la Nuclear Regulatory Commission estaban demasiado cercanas a centros de gran población, se rechazó la solicitud. Tengo en la mente la planta de Ravenswood que fue solicitada hace muchos años para construirla en la isla de Manhattan en Nueva York y que fue rechazada rápidamente.

Otra instalación quizás un poco más discutible era la planta de Newball Island; la Comisión decidió que estaba demasiado próxima de Filadelfia. Hay algunas plantas que están bastante próximas a centros de población importantes en los E.U. Creo que la planta de Indian Point y la de Zion son las dos más próximas a centros de población, alrededor de 30 Km. y 40 Km. de Chicago y la ciudad de Nueva York respectivamente.

Quizás debía agregar que en Canadá la planta de Pickering que tiene ocho reactores, está muy próxima a Toronto, está en sus arrabales. Por lo tanto, hay distintos criterios en distintos países.

U.S.A. es un país muy grande y por lo tanto en principio el problema del emplazamiento es mucho más fácil de resolver que en un país compacto y pequeño. Yo diría que en estos casos las normas que han sido impuestas en los emplazamientos más próximos a núcleos de población deben ser más estrictas que en los más lejanos.

Dr. Arrhenius:

En lo que se refiere a la situación sueca no hay ninguna reglamentación, pero quisiéramos que para utilizar la energía producida en forma de calor por las plantas nucleares, en la calefacción de viviendas, no deben estar demasiado alejadas. No hay áreas de gran densidad de población en Suecia, solamente en el Suroeste de Suecia. Desafortunadamente el reactor Barsebäck está al pie en una de las, peores áreas desde el punto de vista demográfico; en caso de un gran accidente los efectos alcanzarían no sólo a Suecia, sino también a Copenhague. No creo que los daneses se sientan muy felices al respecto.

Aranzadi:

En concreto ¿se puede colocar una central nuclear del tipo PWR de 1.000 MgW, de circuito abierto, en cualquier sitio cercano a una población como Bilbao?

Dr. Arrhenius:

En lo que se refiere al reactor Barsebäck, en el sur de Suecia, caso comparable a la situación próxima a Bilbao y después de los estudios realizados por Rasmussen y el estudio sueco, teniendo en cuenta también la zona agrícola que podría ser contaminada en el caso de un fallo de este reactor, creo que, si el reactor tuviese que ser construido hoy en día, las autoridades suecas no hubieran autorizado su construcción en ese lugar.

Dr. Weinberg:

Quisiera agregar que parte del precio que la sociedad paga por la energía nuclear, es el desarrollo de planes para contingencia remota pero no imposible. Estos planes de evacuación han de ser desarrollados de una forma u otra; todos los reactores en U.S.A. tienen semejantes planes de evacuación. Siempre me siento confuso por el hecho de que parece que nos encontramos cómodos con un peligro con el que estamos familiarizados, por ejemplo, el de las grandes presas; aunque estemos río abajo de ella y no haya planes para evacuar Sacramento, por ejemplo. Sin embargo en el caso de un reactor nuclear en el que las posibilidades de accidentes son muy inferiores seguramente que las de una presa como la de Sacramento, nos preocupamos mucho más.

No quiero decir con esto que no debemos preocuparnos; por supuesto que debemos preocuparnos, pero parece que hay una diferente percepción del riesgo y el peligro entre ambos casos.

Dr. Arrhenius:

Quisiera agregar que uno de los resultados de la Comisión de Energía Sueca fue el estudio de las plantas hidroeléctricas que demostró la necesidad de mejores planes de evacuación, que ahora son obligatorios.

Por lo tanto, el tratamiento de estas plantas hidroeléctricas desde el punto de vista de evacuación, ha de ser el mismo que el de una planta nuclear.

En general se considera que los planes de evacuación son difíciles de elaborar ya que nuestra experiencia proviene de los planes de evacuación de guerra y en una evacuación de guerra en general (por lo menos hasta ahora), son más previsibles las cosas que puedan ocurrir. El repentino caso de un accidente nuclear o la rotura de una presa es una situación muy difícil y esto ha sido la controversia entre el estudio de Rasmussen y el estudio sueco sobre Barsebäck: Rasmussen cree firme-

mente que deberíamos de poder evacuar en un período de tiempo muy corto y el estudio sueco no creyó en este plazo de plan de evacuación.

Dr. Weinberg:

Yo entiendo que según el estudio indicaba un plazo corto tiempo, es decir, unos cuantos días.

Dr. Arrhenius:

No; tendría que hacerlo en 6 horas.

Dr. Weinberg:

No, 6 horas es un caso extremo. En el caso sueco era 7 días; pero yo no quiero que el público nos entienda mal, creo que uno de los precios de la energía nuclear es que hay que tener planes de contingencia que sean creíbles.

Seguridad en las plantas nucleares

Dr. Weinberg:

Recuerdo que el primer trabajo que tuve en la Universidad de Chicago a las órdenes de Enrico Fermi, que fue el constructor del primer reactor en cadena, se relacionó con el tema de la seguridad de los reactores. Esto es algo que ha estado permanentemente en nuestra mente desde que empezamos a construir un reactor.

Muchos de ustedes saben que ha sido realizado un estudio muy amplio acerca de la probabilidad de que un reactor de reacción en cadena pueda fundirse.

Puedo resumir los resultados del estudio llamado Rasmunssen con esta frase: la prioridad de la probabilidad de que un reactor en cadena pueda emitir alguna radioactividad puede cifrarse en un número del orden de 1 en 20.000 por reactor y año, pero que la incertidumbre en este número es del orden de 10, en un sentido y otro, es decir uno en 2.000, o uno en 200.000 por reactor y año. No creo que sea tan elevado como uno en 2.000 porque ya tenemos 700 años de funcionamiento de reactores sin que se haya producido esta fusión del núcleo y la posibilidad de que esto llegue a ocurrir —la probabilidad real sería de uno en 2.000— es bastante pequeña.

Sin embargo, la mayoría de estos accidentes no emitirían gran cantidad de radioactividad. La cantidad de radioactividad sería del mismo orden que la emitida en Windscale (G. Bretaña) hace unos 25 años cuando fue necesario confiscar la leche.

La probabilidad de que un accidente realmente grave pueda producirse, uno que emita una gran cantidad de radioactividad y que produjese un gran número de fatalidades o de muertes, es muy pequeña. El estudio

Rasmunssen dice que quizás sea tan pequeña como una probabilidad en cien millones por año y reactor.

Ahora bien cuando hablamos acerca de probabilidades tan pequeñas, creo que nos hallamos dentro de un margen en el cual la ciencia en realidad puede decir muy poco.

Cuando tratamos de pensar acerca de otras situaciones que sean probablemente comparables, la que yo considero más comparable es el colapso de una gran presa hidráulica. Se ha calculado que la rotura de una gran presa hidroeléctrica en California, tiene una probabilidad de 1 en 10.000 por presa y año y, en especial, hay una presa a unos 20 Km. por encima de la ciudad de Sacramento, en California, que si se rompe borraría del mapa a dicha ciudad, de un cuarto de millón de habitantes.

Los resultados calculados han sido examinados por el grupo de energía sueco. Creo que los dos estudios, el sueco y el americano, en realidad no difieren en factores muy importantes. Lo que fue señalado claramente, tanto en el estudio sueco como en otros estudios americanos, es que el número de muertes, en caso de producirse uno de estos accidentes tan raros, se reduciría significativamente si la evacuación del personal pudiera efectuarse en el espacio de un día aproximadamente.

Bien, a la vista de estas cifras, a la vista de estas probabilidades, ¿es la energía nuclear muy segura o muy peligrosa?

Mi punto de vista personal es que la energía nuclear es muy segura; la probabilidad de un accidente grave no es cero, pero es muy pequeña y que para adoptar decisiones en lo que se refiere a la energía nuclear, debemos por supuesto examinar las alternativas, las posibilidades de elección que tenemos a nuestra disposición.

Tenemos la posibilidad de conservar energía, lo que se está consiguiendo en U.S.A. a un ritmo muy notable. Por ejemplo, nuestros automóviles consumirán un 50 % menos de energía dentro de diez años que en la actualidad y nuestra industria también ahorrará mayor cantidad de energía.

¿Cómo podemos estar seguros que el sistema nuclear, junto con sus subsistemas —y los subsistemas son la minería del uranio, la eliminación de los residuos nucleares del transporte del combustible nuclear, así como el funcionamiento del reactor—, como podemos estar seguros que la totalidad del sistema puede funcionar sin un gran riesgo?

Dr. Arrhenius:

El Dr. Weinberg ha hablado acerca de los accidentes graves. No hemos visto uno todavía y no sabemos cómo serán.

Si existe un gran riesgo, ¿cuál es entonces el accidente? Digamos que una presa, por ejemplo la presa de que ha hablado el Dr. Weinberg situada aguas arriba de Sacramento, tiene una posibilidad en 10.000 años de romperse y hay 250.000 personas que viven en Sacramento que morirían si la presa se rompiera. Esto nos da un promedio de 25.000 personas por año que morirían al romperse esta presa. Pero de acuerdo con

las consideraciones suecas, esto no da la cifra real, porque o 250.000 personas mueren o no muere nadie.

Por tanto, este es otro tema: si tenemos un gran riesgo en algo que no hemos visto pero que es muy raro que ocurra, hay que hacer un cálculo de si se acepta este riesgo. Este es por supuesto uno de los grandes problemas. ¿Hasta qué punto ha de ser baja la frecuencia de este accidente para que sea aceptable? Como el Dr. Weinberg señaló, la frecuencia de un accidente nuclear se considera bastante pequeña. Ahora bien, según los estudios suecos y esto también está de acuerdo con otros estudios, las consecuencias son bastantes fáciles de calcular.

Podemos calcular el efecto final, pero el riesgo real es muy difícil de calcular. Según ha señalado el Dr. Weinberg los cálculos de estos riesgos son bastante semejantes en el informe sueco y en el estudio americano de Rasmunssen y el estudio de Barsabeck.

Se ha realizado otro estudio en Suecia sobre la técnica de este análisis del fallo y este análisis demostró que para un accidente anormal y grave (no estos accidentes bastante comunes de los que ya ha hablado el Dr. Weinberg con emisiones más pequeñas, cuya frecuencia es más fácil de calcular), cuanto más raro más difícil es la técnica de analizarlo.

El análisis sueco dio una cifra aproximada según la cual, con el riesgo más grande calculado por Rasmunssen, no se producirían muchas muertes, pero sí una gran cantidad de miles de casos de cáncer en una zona de 600 ó 700 Km.² debido a la lluvia radioactiva, lo cual exigiría una acción de descontaminación. Al producirse este accidente grave, el fallo según la técnica de análisis fue de 100, no un factor de 10 como mencionó el Dr. Weinberg en el error calculado en el 95% del intervalo de confianza; por lo tanto parece ser que la frecuencia es difícil de evaluar y que uno tiene que tener en cuenta si podemos aceptar estos efectos o no.

Quisiera señalar que los efectos agudos son bastante pequeños en los accidentes calculados en Suecia. La descontaminación es un riesgo bastante grande.

Fue interesante observar que el Dr. Rasmunssen y el estudio sueco llegaron a la misma conclusión, pero en su entrevista en Suecia tenía otro punto de vista acerca de la descontaminación. Dijo: bueno, si no se tiene más que trigo contaminado, pues entonces hay que comérselo.

Creo que es bastante difícil darnos cuenta lo lejos que se está yendo con este planteamiento.

También había previsto separar la tierra vegetal o un sistema para un cultivo en profundidad del suelo, lo cual no es un punto de vista biológico. Una zona como el suroeste de Suecia, si así se tratase, no sería fértil en adelante. Algunos creen que el suelo es igualmente fértil en la profundidad que en la capa superficial, pero no es cierto. Si eliminamos la capa superficial, se necesitan cientos o miles de años para que el terreno recupere su fertilidad.

Aranzadi:

Se formulan cuestiones sobre la auténtica seguridad de los edificios, la posibilidad de rotura tipo «corte guillotina», accidentes naturales, terremotos, incendios, atentados, etc. ¿qué pueden decir al respecto?

Dr. Weinberg:

Déjenme decirles que el estudio Rasmunssen intentó calcular las probabilidades de accidentes que fuesen motivados por causa en las cuales ya se tiene experiencia, como la rotura de un tubo de presión o un incendio y ya hay datos sobre esto en plantas industriales. Por otra parte, no hay forma de calcular las probabilidades de sabotaje o revueltas sociales.

Aranzadi:

Se plantea siempre la cuestión de por qué las compañías de seguros son tan reacias a asegurar las plantas nucleares. Si son tan seguras, ¿por qué esta postura?

Dr. Weinberg:

Creo que es una buena pregunta y supongo que la única respuesta que se puede dar es (en realidad es el mismo tema que el Dr. Arrhenius ha mencionado), la cuestión de una muy pequeña probabilidad de un gran accidente. Las compañías de seguros no están estructuradas para afrontar estas situaciones, situaciones de «cero a infinito». Si el Gobierno no se responsabiliza, de digamosen U.S.A. 560 millones de dólares, el que las compañías de seguros paguen o no, no ayuda realmente, pues si el accidente es suficientemente grande las compañías de seguros quebrarían y la gente no sería indemnizada. Por eso el Gobierno decidió afrontar el riesgo de una pequeña probabilidad de un gran accidente, cubriendo los daños. En este sentido, la Paris Anderson Act fue examinada por el Tribunal Supremo de los E.E.U.U., para pronunciarse sobre su constitucionalidad; ante la sorpresa de algunas personas, dictaminó que dicha Acta-ley era constitucional.

Dr. Arrhenius:

Yo quisiera añadir que en Suecia tenemos regulaciones muy severas para las compañías de seguros y es ilegal para ellas hacer contratos que no pueden cumplir. Por tanto una compañía de seguros no toma un seguro si va por encima de su responsabilidad. Ellas se portan en esto como en otros negocios grandes, es decir, hacen reaseguros con otras compañías de seguros, se aseguran unas a otras, pero esto es un caso extremo, diría yo de accidentes de guerra, que aparezcan con consecuencias demasiado serias.

Combustible nuclear. Enriquecimiento

Aranzadi:

¿Qué nos pueden decir los ponentes sobre las disponibilidades actuales y futuras del mineral de uranio y su viabilidad para abastecer a las centrales nucleares en funcionamiento, construcción o en previsión de construcción futura? ¿Cuál es su opinión sobre el control oligopólico de las fábricas de enriquecimiento del mineral y la consiguiente repercusión que este control puede tener en temas tales como el precio del combustible, o la seguridad del abastecimiento, etc.?

Dr. Weinberg:

En lo que se refiere a la cantidad de uranio, hay que recordar que 1.000 MGW exigen 5.000 Tns. de uranio, durante los 30 años de funcionamiento de un reactor de agua ligera.

Las estimaciones de las reservas mundiales de uranio parece ser que están aumentando; sin embargo yo personalmente tiendo a ser escéptico sobre estas estimaciones. Realmente no lo sabemos. En U.S.A. tenemos tres millones de Tns. aunque algunos dicen que son siete; cuanto más caro sea el uranio, más habrá. Mi opinión es que a pesar del hecho de que Suecia ha proscrito la planta nodriza y de que el Presidente Carter no es muy proclive a ella es evidente la necesidad de esta estación nodriza, si la energía nuclear debe subsistir a largo plazo, para asegurar un suministro de uranio enriquecido. Con respecto a la garantía de suministro de uranio enriquecido, sólo puedo decir que los E.E.U.U. estarán preparados para garantizar servicios de enriquecimiento para los países que estén de acuerdo con los términos del tratado de no proliferación nuclear.

Hay ahora otros suministros. Creo que la estación francesa, la planta inglesa, otra planta de centrifugación en Holanda y creo que en la Unión Soviética, tienen servicio de enriquecimiento de uranio a otros países incluso ahora a los países del Oeste.

Dr. Arrhenius:

Puedo añadir que hay una razón en las dificultades para el contrato entre Suecia y Francia. Nosotros contamos con el combustible enriquecido de U.S.A. y los suecos lo que no quieren es que el plutonio vaya a manos francesas. Puedo añadir que una razón de las dificultades en el contrato entre Suecia y Francia es que nosotros mayormente des-cansamos en el combustible enriquecido de U.S.A. No es probable que el contrato citado implique que el plutonio no llegue a manos francesas.

Aranzadi:

Dr. Weinberg, tenemos una información de un grupo de técnicos en evaluación de recursos pertenecientes a la Academia Nacional de Cien-

cias de U.S.A. que han calculado que los recursos de uranio son tan sólo de 1,8 millones de Tns existentes hasta el año 2000 a un costo rentable de 30 dólares la libra. Como hay una cierta disparidad entre los datos dichos por usted y los aportados por el grupo de técnicos citado ¿podría aclararnos si la totalidad de los recursos por usted dicha, tiene este precio de costo?

Dr. Weinberg:

Conozco los cálculos de la Academia Nacional y también el hecho de que hay mucha discusión en los E.E.U.U. sobre quién tiene la razón.

Creo que la cantidad es más próxima a los siete millones de Tns., a un costo de cerca de 100 dólares por libra (la inflación lo ha aumentado). Aunque no tengo contestación a esta pregunta, porque hay mucha incertidumbre sobre cuánto uranio realmente existe. Creo que ésta es la razón más poderosa para ir adelante con el desarrollo de la tecnología de reactor nodriza, ya que elimina esencialmente la necesidad de más minas de uranio. Realmente no sé cuál es la contestación exacta y no creo que nadie lo sepa y por supuesto estoy bastante bien informado de las importantes polémicas que la National Academy Report inició, puesto que esta posición tiende a oponerse a la posición oficial del gobierno. La posición oficial es que no necesitamos esta nodriza en mucho tiempo porque tenemos suficiente uranio y porque no vamos a necesitar tanta electricidad. Por otra parte la National Academy dice que no tenemos mucho uranio. Existe una discrepancia.

Dr. Arrhenius:

Es una decisión política sueca que en tanto que estemos preocupados por una proliferación nuclear no deben existir reactores de regeneración rápida o reactores nodrizas. Sin embargo, el plutonio producido, si no va a ser utilizado en la proliferación nuclear, tiene que tener algún destino (este es un problema que es quizás diferente para Suecia que para U.S.A., porque somos uno de los países que ni siquiera ha intentado tener armas nucleares y por lo tanto una acción que aumentara los riesgos para la proliferación de armas nucleares está completamente prohibida por el Gobierno).

Por lo tanto se ha proyectado que debe pasarse a los reactores de agua ligera. Esto quiere decir que el combustible producirá todavía una actividad reactiva mayor y se ha calculado que la máxima radiación de un combustible de plutonio enriquecido puede ser, en el peor de los casos, 1.000 Mr. por año y todos estos valores son valores aceptados.

Ahora bien, éstos no son cálculos que hayan sido hechos por gente antinuclear; son cálculos hechos por varias autoridades científicas y demuestran la gran diversidad de opiniones entre los distintos autores.

Rendimiento. Capacidad de carga.

Desactivación de centrales

Dr. Weinberg:

Los reactores más perfectos, por ejemplo el reactor de Wildstone en U.S.A. o el reactor en Petznan en Suiza, han podido funcionar con un factor de capacidad del 90 %, pero algunos de los reactores no han tenido tanto éxito. Ha habido defectos de funcionamiento, deficiencias; a veces los reactores han tenido que ser parados. Creo que el historial más deficiente ha sido el de algunos reactores del Japón, cuyo factor de capacidad es de alrededor del 20 %. El promedio sin embargo es bastante bueno. El reactor de agua a presión en U.S.A., en conjunto, ha trabajado con factores de capacidad durante los últimos años superiores al 60 %.

Las estadísticas, en general, de los reactores de agua a presión son un tanto superiores a las cifras proporcionadas por los reactores de agua en ebullición, quizás de un 5 a un 10 % más de factor de capacidad para los de agua a presión.

Existe un estudio muy reciente sobre el rendimiento comparativo de reactores de agua a presión y de agua en ebullición en las instalaciones nucleares más importantes de los E.E.U.U. de la C.C. Edison que suministra electricidad a la ciudad de Chicago. Por otra parte, hay alrededor de una docena de reactores de gran tamaño y el mismo número de plantas térmicas que consumen carbón. La conclusión a que ha llegado la compañía C.C. Edison es que en estos tamaños grandes la disponibilidad de las plantas nucleares o la disponibilidad de las grandes plantas térmicas es más o menos aproximadamente igual.

Debemos darnos cuenta que tanto la tecnología de las grandes térmicas que consumen carbón como la tecnología de los grandes reactores de agua a presión están en desarrollo y que los factores de capacidad son iguales en la actualidad o casi iguales, lo que no quiere decir, forzosamente, que serán iguales durante 30 años de vida de estos reactores.

En U.S.A. todas las plantas térmicas nuevas que consumen carbón tienen que instalar un equipo muy costoso y complejo para eliminar el dióxido de azufre. Estas plantas químicas son muy complejas y hay cierta preocupación acerca de si serán tan eficientes y fiables como el resto de las instalaciones.

Debemos darnos cuenta de que tenemos una gran cantidad de experiencia acumulada en los reactores de agua a presión de pequeño tamaño, los reactores navales, pero no tenemos mucha experiencia acerca de los de gran tamaño, aunque los principios fundamentales son iguales. Y quizás haya dificultades que se presentarán o surgirán, pero que en este momento no podemos prever.

Aranzadi:

¿Qué hay concretamente sobre la vida media de las centrales y su futuro, una vez cerradas?

Dr. Weinberg:

Supongo que la pregunta formula el problema de la desactivación de las centrales.

La desactivación de un reactor puede efectuarse casi inmediatamente una vez que ha dejado de funcionar, operación que dura unos cien años. Mi recomendación es esperar cien años, en cuyo momento la desactivación sigue siendo todavía un cierto problema, pues no toda la radioactividad ha desaparecido, pero técnicamente mucho más fácil.

Menciono esto porque creo que la energía nuclear crea ciertas demandas institucionales sobre las organizaciones que están encargadas de ella. Por ejemplo si pudiéramos concebir un emplazamiento nuclear como, por ejemplo, una presa que ha existido durante cien años, el tema de la desactivación sería menos importante porque la desactivación se reduce fundamentalmente a cerrar la puerta de la planta y vigilar el reactor durante el tiempo necesario.

Quizás consideren que esto no es una forma muy realista de resolverlo. En realidad hace cincuenta años los ingenieros hidráulicos que construían presas en aquel entonces se preguntaban acerca de la permanencia desde un punto de vista institucional de las presas y se preguntaban lo mismo que hacemos ahora nosotros. Si podemos conseguir y aceptar que la presa permanezca estructuralmente, la desactivación deja casi de ser problema.

Dr. Arrhenius:

Debo agregar que uno de los aspectos que examinamos en la Comisión Sueca, pero que no fue examinado en profundidad, fue la diferencia entre los E.E.U.U. y Europa, en el aspecto de estabilidad política al examinar estos temas.

El territorio de U.S.A. ha aumentado desde 1775, mientras que en Europa, solamente desde principios de este siglo, podemos observar el cambio de fronteras, la fluctuación de las mismas, el cambio en los gobiernos, lo que se ha producido en dos ocasiones bastante dramáticamente y en otras ocasiones de forma no tan drástica pero que ha producido cambios dentro de los países.

Emisiones radioactivas. Contaminación térmica

Dr. Weinberg:

La emisión radiológica de rutina, es decir, la cantidad de radioactividad producida por uno de los reactores nucleares en un funcionamiento normal es en realidad muy pequeña.

En los EE. UU. estos reactores tienen que emitir como máximo 5 mr. por año. 5 mr. por año es aproximadamente un 5 % de la radiación natural y es 1/4 de la cantidad que cada uno de nosotros tiene en su cuerpo debido al potasio 40 que es radioactivo.

La emisión radiológica de este tipo, en mi opinión, es completamente insignificante. Una planta térmica que consume carbón emite bastante más radioactividad, debido a que el carbón contiene uranio, que está en equilibrio con el radio y el radón.

Otro aspecto que quisiera mencionar es que debemos asegurarnos de si las plantas nucleares son menos eficientes, como promedio, que una planta térmica que consume carbón, ya que con los tipos de sistemas de enfriamiento que han sido utilizados, la cantidad de calor desperdiciado o descargado a la atmósfera por cada KWH de electricidad producido es de 0,5 a dos veces superior a la de una planta que consume combustibles fósiles, debido a que la eficiencia termodinámica es baja.

Por otra parte, debido a los problemas de la calefacción en U.S.A., fundamentalmente casi todas las plantas que están en construcción utilizan en la actualidad torres de enfriamiento y estas torres de enfriamiento por supuesto son enfriadas mediante la vaporización de agua y, por lo tanto, debido a que el calor latente de vaporización es mucho mayor que el calor específico del agua, la cantidad de agua calentada es muy inferior (aproximadamente una centésima parte) que si se utiliza un sistema de refrigeración indirecta.

Aranzadi:

Hay varias preguntas que formulan cuestiones con respecto a la irradiación, los efectos genéticos, mutaciones genéticas, la acumulación de la irradiación en las cadenas vitales, los efectos en los trabajadores en la propia central, en la cuba; en definitiva, preguntas sobre efectos de la radiación.

Dr. Arrhenius:

La causa de las dificultades estriba en que hay que estudiar el efecto sobre el material genético por pequeñas dosis y comparar estas pequeñas dosis con los experimentos de laboratorio que hemos efectuado y la experiencia desde un punto de vista epidemiológico. La decisión es difícil, y debemos formular ciertos supuestos; uno de estos supuestos es que esta relación es lineal hasta cero, supuesto que no lo aprueba el Dr. Weinberg.

Otros autores dicen que dado que no tenemos otra información presente tenemos que conformarnos con esta posibilidad. En todo caso lo que he citado anteriormente, efecto de todo o nada, es cierto.

Si una unidad de irradiación ejerce su influencia sobre el material genético y esta influencia no es reparada, entonces se produce un tumor o un daño genético que produce una malfunción, o no se produce este tumor; no hay una semi-influencia, es una influencia de todo o nada y por

eso tenemos que considerar más atentamente estos niveles de dosis bajas según la opinión sueca y la influencia de las radiaciones de otras sustancias tóxicas.

A nivel de los trabajadores, por supuesto, como ustedes saben, se les obliga a seguir estrictamente estos reglamentos y tener en cuenta la posibilidad de que se produzcan accidentes o emisiones que no han sido previstas.

Dr. Weinberg:

Hace muchos años que yo no he tenido contactos con la biología, pero tengo cierto interés en ella y tengo contactos con expertos en biología en mi institución, pero quisiera recordar al Dr. Arrhenius que hay cierto número de modelos, de mecanismos de reparación, que en realidad nos conducen a una relación cuadrática o hasta de mayor orden de relación entre la dosis y sus efectos, aunque el Dr. Arrhenius mantenga esta tesis de todo o nada.

Yo creo personalmente que el tema de si el efecto de las dosis baja es lineal o no es, probablemente, imposible de contestar.

Mi opinión es, por lo tanto, que al pensar acerca de la magnitud del efecto, el riesgo que debemos comparar siempre es con la radiación natural. La posición básica que yo he mantenido durante los últimos años es que si la dosis adicional que es impuesta es pequeña en comparación con la natural, debemos aceptarla. Este es uno de los precios que debemos pagar y reconocer que realmente nunca puede llegar a conocerse cuál es el efecto de 1 mr. por año sobre la incidencia del cáncer o de los efectos genéticos.

Dr. Arrhenius:

Quisiera mencionar que no tuve en cuenta la aceptabilidad de una pequeña dosis. En realidad estoy de acuerdo en que no sabemos si hay una relación lineal o cuadrática. Lo que he dicho es que los grupos suecos que trabajan acerca de este tema y principalmente el Comité anterior a la Comisión genética, la Comisión de Energía y Medio Ambiente creada por el gobierno anterior, decidieron que dado que no conocíamos cuál era la relación, prefirieron considerar que la relación sería lineal.

Dr. Weinberg:

Bueno, quisiera hacer una aclaración adicional. No tengo ninguna objeción a utilizar la relación lineal como un medio para establecer standards. No estoy en contra de esto; estoy en contra de utilizar la hipótesis lineal para dosis muy bajas como un cálculo del daño, y hay una diferencia entre hacer un cálculo según la hipótesis lineal de dosis bajas y establecer tantas muertes calculadas según la hipótesis lineal. Esto en cierto modo es artificial.

Por eso discrepo de la opinión que dice que no sabemos lo que van a producir estas radiaciones a niveles bajos; es una diferencia de matiz.

Dr. Arrhenius:

Lo que hicimos en el Comité Sueco fue que utilizamos esto como una hipótesis de trabajo y, como usted, yo también estoy en contra de ciertas partes de la misma.

También establecieron otras distinciones más y también fijaron normas para la actividad química sobre el material genético, lo que sigue siendo otra aproximación, puesto que hay una reacción química que tiene una sustancia que tiene que penetrar; en la célula, chocar con el material genético y aún hay más... y creo que el grupo sueco anterior a nosotros se fundó en el supuesto de la posibilidad de que exista esta relación lineal.

Por otra parte, los efectos climáticos que ha mencionado el Dr. Weinberg son, de ser algo, un peligro inherente a todos los combustibles fósiles que producen anhídrido carbónico. Pero si ustedes producen el calor mediante biomasa o cualquier otra actividad biológica, hay un balance entre el anhídrido carbónico producido en la combustión y el asimilado en la fotosíntesis por tales biomasa.

Mirando con cuidado la cantidad de anhídrido carbónico que se necesitaba para alcanzar un punto inseguro de no retorno, el Dr. Weinberg dijo que nosotros no sabemos todavía casi nada si hay un efecto o no. Sabemos que sí hay un efecto, el punto de no retorno, el punto irreversible, que no nos permitirá reparar el daño que hemos hecho; pero este punto no se calculó para alcanzarlo mediante la combustión de petróleo, con el actual conocimiento acerca del suministro de crudos ni por quemar esquisto, ni por gas, ni por quemar biomasa, sino sólo por la masiva cantidad de combustibles fósiles que están presentes en el carbón.

También se ha hablado de la acidificación, indicando que hay que deshacerse del anhídrido sulfuroso.

Los cálculos económicos para la desulfuración dicen que esto se podría hacer con bastante economía, si al paso de quitar el sulfuro preceden otras purificaciones para que la unidad de desulfuración no fuese contaminada por otros componentes.

Los metales en el suelo y en el agua, como he dicho, son un problema poco importante si lo comparamos con los metales emitidos por otras fuentes.

El mercurio emitido por un futuro programa sueco de carbón se estima en alrededor de 500 Kgs./año. La emisión total de mercurio en Suecia es de 20.000 Kgs./año, lo que a simple vista es mucho. La forma más sencilla para reducir las emisiones de mercurio es suprimiendo el carbón como fuente de energía y sustituyéndolo por petróleo. Su coste fue calculado teóricamente en 1.000.000 coronas por Kg. de mercurio, mientras que suprimiéndolo de los residuos de combustión o vertiéndolos en escombreras costaría alrededor de 6.000.000 de coronas suecas por 800 Kgs. de mercurio, lo que sería bien diferente.

La acidificación del suelo y de las aguas es un gran problema en Suecia; el suelo es muy sensible a la acidificación producida por el sulfuroso que se produce en las plantas energéticas, principalmente de car-

bón y petróleo, y no solamente en Suecia, sino también en el continente. El suelo sueco es relativamente singular, es muy lábil en sus standards de ph y fácilmente pasa a un ph bajo, con los efectos posibles que esto puede tener sobre el entorno.

Otro problema importante son los metales en el suelo y en el agua. El problema del mercurio es en parte debido a la producción de energía, si bien se ha demostrado que la energía es un contribuyente menor al suministro de mercurio o de metales, ya que la parte más importante procede de otras actividades industriales. Se puede decir que lo dicho no nos permite elegir entre el carbón y la energía nuclear, dado que casi todo los metales están presentes en el carbón y por lo tanto sus cenizas han de ser guardadas mediante un almacenaje adecuado.

Por lo tanto este tipo de argumentos utilizados por los oponentes de una u otra energía son de repente rebatidos creando una situación incómoda para un político, cuando se ha usado un argumento repetidas veces y luego se le vuelve en contra.

Quisiera hacer un pequeño análisis del por qué existe una diferencia entre los residuos metálicos y los radioactivos.

En las discusiones suecas con los toxicólogos llegamos a dividir las sustancias tóxicas en cuatro grupos. Podemos dividir las sustancias tóxicas según sus efectos en dos formas. Primero, ¿es una sustancia eterna o no eterna? Es decir, ¿sus propiedades tóxicas residen en sus propiedades atómicas o en sus propiedades moleculares? Quisiera tomar un ejemplo, los metales mercurio, plomo, cadmio, cromo, níquel, todos son tóxicos; una vez que entran en el biosfera pueden circular en ésta y ejercer su influencia varias veces, efectos que pueden ser amplificados debido a la bioacumulación; no se degradan. La única forma de eliminarlos es mediante la sedimentación geológica. Lo dicho sirve para los isótopos radioactivos, con una excepción: a largo plazo los isótopos radioactivos van declinando debido a su desintegración, pero, a corto plazo deberían ser considerados como sustancias tóxicas eternas; esto es así, ya que una vez que entran dentro del cuerpo de una especie pueden transportarse a otras especies prosiguiendo sus efectos.

En contra de esto tenemos las sustancias tóxicas del tipo de los hidrocarburos policíclicos aromáticos para la combustión o las sustancias doradas que han sido emitidas en el ambiente durante varios años. Estos son productos que pueden ser bastante persistentes y su degradación es lenta, pero más pronto o más tarde se degradan perdiendo sus propiedades tóxicas.

La otra forma de subdividir las sustancias es según sus efectos. Un primer grupo de sustancias ejerce su influencia dañando las distintas funciones biológicas, como la producción de energía corporal que puede producir la muerte celular a través de la fabricación de proteínas que producen deficiencias enzimáticas.

Sin embargo, todos estos efectos producen una muerte celular como efecto máximo, que puede repararse solamente mediante la creación de nuevas células o nuevos componentes celulares aunque las dosis elevadas tal vez sean fatales.

El otro grupo es el que podríamos denominar de sustancias genéticamente activas que ejercen su influencia actuando a través del material genético de las células. Estos tipos, que incluyen todas las sustancias cancerígenas como los hidrocarburos policíclicos, nitrosaminas, sustancias moleculares y algunos metales como por ejemplo el níquel, el cromo y los isótopos radioactivos, actúan térmicamente sobre el material genético.

Tanto si hay calor (calentamiento genético celular) como si no, parte de estos calentamientos producen daños persistentes.

Cuando se da este tipo de acción, se producen daños genéticos; es una cuestión de todo o nada; se produce o no se produce un tumor, nunca se tiene medio tumor.

El efecto del calor de una concentración elevada de una sustancia y el efecto del calor de una concentración baja de una sustancia es el mismo si existe este calor. Esto quiere decir que el efecto es total o nulo.

Sin embargo, esto nos hace prestar atención a un grupo específico que es un tanto eterno y que tiene efectos totales o nulos y estos son los radioisótopos y los materiales cancerígenos como el níquel y el cromo. Además de esto tenemos que el níquel y el cromo tienen que penetrar en la célula para ejercer su influencia dado que actúan por reacción química, mientras que los radioisótopos actúan a través de una radiación física y no tienen que penetrar realmente en la célula para ejercer su influencia. Esto creo yo que es, en sí, la razón por la cual se hace tanto hincapié, por lo menos por la Comisión de Energía Sueca, en la forma de evitar las emisiones de radioisótopos en las plantas nucleares, en los residuos radioactivos y las que pueden producirse en accidentes en plantas nucleares.

Quisiera resumir el problema en pocas palabras, diciendo que la Comisión de Energía está de acuerdo con el Dr. Weinberg en que el funcionamiento normal y adecuado de una planta nuclear presenta un riesgo muy bajo comparado con otros riesgos que presentan otras fuentes de energía. Además quiero añadir que el Instituto de Radiación Sueco se preocupa mucho acerca de la emisión de gases radioactivos en la planta de Cogemat en Francia, que va a procesar nuestros residuos nucleares, por considerar que en la actividad en la planta de Cogemat al tratar los residuos radioactivos suecos no se cumplen las normas suecas sobre materiales radioactivos.

Residuos radioactivos. Almacenamiento y transporte

Dr. Weinberg:

En el laboratorio Nacional de Oak Ridge hemos trabajado acerca del problema de la eliminación de los residuos radioactivos en minas de sal durante más de 20 años. Elegimos las minas de sal como el lugar más adecuado geológicamente para almacenar estos residuos, principalmente porque la sal incrustada no puede estar en realidad en contacto con las aguas freáticas, porque en caso contrario la sal se disolvería y desaparecería.

Esto no quiere decir que la sal incrustada no contenga bolsas de salmuera, en realidad inclusiones de salmuera en estos pequeños cristales de sal, pero dado que la sal fluye de una manera plástica tuvimos la idea de descender hasta 500 ó 1.000 mts. de profundidad y excavamos en una capa de sal de 500 mts. para colocar los residuos nucleares que fueron solidificados rellenando de nuevo con sal. Debido a que la sal se cierra plásticamente se piensa que estos residuos quedarán encerrados o sellados herméticamente para siempre.

Tenemos poca experiencia a este respecto. Se han llevado a cabo experimentos en capas de sal gema en Louisiana, con ciertas ideas para taponar estos agujeros.

No puedo, ni nadie puede decir que la eliminación de los residuos radioactivos en la actualidad o en cualquier otra estructura geológica sea absolutamente factible, porque estamos hablando acerca de mantener la integridad del sistema durante 1.000 ó 2.500 años según la velocidad de degradación de los isótopos radioactivos.

Observarán que yo no hablo de millones de años y la razón por la cual no hablo de millones de años es porque, según vemos después de diez mil años, la radioactividad de los materiales que se colocan en las minas de sal es casi igual a la radioactividad del uranio original que fue extraído de la tierra. Aspecto que debemos tener presente para tener una real perspectiva del tema.

Por otra parte, por lo menos nosotros, los miembros del grupo de científicos nucleares, no nos ha preocupado demasiado esta problemática porque los volúmenes son muy pequeños y si podemos vitrificar estos residuos en sustancias de carácter viable, entonces el volumen producido por un solo reactor de 1.000 MGW. es aproximadamente igual a 2 m.³ anuales por cada reactor, lo cual realmente no es mucho.

Uno tiene que enfrentarse, como ya he dicho, con un dilema: ninguno de nosotros vamos a estar vivos dentro de 10.000 años y por ello no podemos decir que sabemos positivamente que los materiales estarán todavía en este lugar al cabo de 10.000 años.

Por otra parte, hay aquellos que propugnan prescindir de la energía nuclear, a menos que podamos decir con certeza absoluta que estos materiales van a permanecer en estos lugares almacenados al cabo de 10.000 años.

Por lo tanto para resumir mi punto de vista, creo que, dado que los residuos nucleares son de pequeño volumen, pueden encontrarse los depósitos geológicos que sean adecuados y puedo concebir, sin embargo, que exista siempre alguna duda sobre ello.

Voy a citar el reciente informe hecho por científicos del «United States Geologyc Survey», llamado: «Geological Disposal of High Level Radiactive Waste Earth Science Perspectives» (Perspectivas Científicas de las Instalaciones Geológicas de los desechos de tierra de alto nivel radioactivo). Después de una larga discusión sobre las dificultades de instalaciones de residuos, la conclusión fue que los autores confían (creen) que pueden ser construidos depósitos geológicos aceptables. Este infor-

me no debería ser considerado como un atentado a desacreditar el concepto de contaminante geológico elaborado en los inicios.

Dr. Arrhenius:

Uno de los dos grandes temas acerca de la energía nuclear en Suecia se refiere a la manipulación de los residuos radioactivos.

El nuevo Gobierno al tomar el poder, inmediatamente, promulgó una ley que resultó una sorpresa. Esta ley decía que para poner en marcha una planta nuclear es preciso demostrar que se pueden manipular los residuos radioactivos de esta planta nuclear de forma totalmente segura. Esto preocupó a gran número de científicos, porque la cuestión era ¿cómo podemos interpretar la palabra «seguridad», «seguridad absoluta»?

Ningún científico puede decir que algo es absolutamente seguro, por lo tanto tenemos que interpretar lo que se considera políticamente absoluto desde el punto de vista del Gobierno nuevo. Y esta es una interpretación que tiene que ser realizada de acuerdo por ellos mismos; pero entretanto hay que suministrar pruebas de cómo podemos alcanzar este «absolutamente seguro».

Para conseguirlo los propietarios de plantas nucleares suecas se reunieron y crearon lo que ellos llamaban el programa KBS, denominado «programa de seguridad de combustibles nucleares». Es un programa que cuesta alrededor de sesenta millones de coronas suecas y fue un esfuerzo destacado para demostrar la forma en que podrían manejarse las plantas nucleares con plena seguridad.

El informe tiene unos 58 subinformes. Fue estudiado cuidadosamente por varias organizaciones de Suecia, por varias autoridades nucleares y también por otras autoridades y por equipos de seguridad y medio ambiente de la Comisión y, así mismo, fue enviado a distintos países para su crítica.

El grupo de seguridad y medio ambiente estudió este informe. Utilizaron una técnica para analizarlo que fue descrita por primera vez por dos científicos de U.S.A.; a lo que se denominó un proceso de enjuiciamiento descrito por los autores americanos.

El enjuiciamiento debía ser hecho por dos autores de distintas ideas, que debían llegar a un acuerdo. Uno es el «confident» y el otro es el «critical» y estos dos deben enjuiciar el problema y deben presentar un informe para decidirlo. Estos dos autores, aunque tenían la misma formación técnica, interpretaron los informes de manera diferente. El «confident» era un físico sueco Josn Ridvey y el «critical» era un oceanógrafo, geógrafo y químico nuclear americano, Jack Winchester.

Presentaron tres críticas principales acerca del almacenamiento de estos residuos radioactivos. Pero expondré en primer lugar cuáles son los planes acerca de los residuos radioactivos en Suecia. En general es un plan que debe empezar por el almacenaje. Los residuos son almacenados, son recogidos y transportados a Francia, a la planta de Cogemat, con la cual las empresas (Swedish Nuclear Power Units) tienen un contrato. Al regreso de Francia el producto, vitrificado, se almacena pa-

ra la primera degradación durante unos treinta años. El punto principal, el principal argumento, era reducir la emisión de calor durante la degradación del material radioactivo. Este material vitrificado es encapsulado en plomo y titanio y se coloca en una galería profunda en un lecho de granito sueco que debía ser una roca sólida, un bloque de granito que debía estar exento de grietas y donde no puede circular ninguna vena de agua freática que entre en contacto con esta cápsula.

Tenían confianza que podían demostrar que esto era factible, pero las tres principales objeciones del grupo de estudio de la Comisión de Energía eran: primero que el lugar para el almacenaje no parecía ser seguro porque habían fundado sus ideas acerca de la roca granítica perfecta en sus perforaciones, en unos sondeos muy escasos.

Segundo era que el movimiento de las aguas freáticas se fundaba en un análisis que se consideró poco adecuado.

En tercer lugar, las propiedades de corrosión del titanio habían sido valoradas por exceso y se demostró que una cápsula de plomo quizás fuera mejor, aunque esto no ha sido todavía estudiado.

Esto quiere decir que hemos terminado por tener dos grupos de modelos fundados en éstas y otras críticas.

Cuando el Dr. Weinberg habló acerca del programa americano, ellos tienen sus propias instalaciones para reprocesar estos residuos radioactivos. Suecia no las tiene ni piensa tenerlas y si no se procesan los residuos radioactivos en el País hay que tener alguien que lo haga.

Sin embargo el contrato con Francia es en parte secreto y, por lo tanto, no se puede tener en cuenta; aunque algunas partes pueden conocerse y, además, por filtraciones de políticos franceses. Al parecer el contrato contiene una gran cantidad de cláusulas de seguridad, lo cual quiere decir que puede ser cancelado en cualquier momento. Existen dificultades técnicas en el reprocesado de estos residuos que quizás presenten un problema, dado que los franceses no han tratado todavía el tipo de residuos radioactivos producidos por las plantas nucleares suecas, porque ellos tienen otros tipos de reactores. Otra razón pueden ser los cambios o revoluciones sociales que pueden dar lugar a que este contrato sea cancelado, ya que la acción política se considera que puede también cancelarlo; es interesante desde este punto de vista ver que la oposición en Francia ha declarado claramente que la planta de Cogemat debe continuar funcionando, pero solamente para Francia y no para otros países, porque es una «empresa nacional». Esto quiere decir que si la oposición gana en Francia, Suecia no podrá tratar sus residuos radioactivos en Francia.

Dr. Weinberg:

La cuestión del traslado y los problemas que plantean los desechos radioactivos, por ejemplo, es un tema muy amplio. Creo que solamente podríamos decir que la radioactividad ha sido transportada con bastante éxito en los E.E.U.U. durante unos 30 años ya y, dado que las normas cada vez son más estrictas, la tecnología ha sido cada vez más elaborada

y más segura. Por ejemplo, los vagones cisternas en los que se transportan los residuos radioactivos.

Mi opinión acerca de este tema es que para conseguir que la energía nuclear sea más aceptable, por lo menos en los E.E.U.U., el transporte de los residuos nucleares debería reducirse al mínimo; esto supondría que las zonas de almacenaje o eliminación de residuos estén, al menos para los de bajo nivel, muy cercanas a los reactores.

Dr. Arrhenius:

En Suecia, al no poder reprocesar sus combustibles, se ha tenido que crear un programa para tratarlos en Francia. Hay serios problemas, como ha señalado el Dr. Weinberg, y uno fue saber si el contrato consideraba el que un barco pudiese verter por accidente alguno de estos tanques en el Báltico; las autoridades de rescate dijeron que no. Hubo que fijar una ruta específica para los barcos, para que los tanques no cayesen a una profundidad superior a veinte metros.

Aranzadi:

Al Dr. Arrhenius ¿cómo hacen el transporte de sus residuos radioactivos, por aire, mar, tierra, en Suecia?

Dr. Arrhenius:

Debo admitir que no sé mucho acerca de la forma en que es transportado más que lo que el Dr. Weinberg acaba de mencionar acerca de los vagones cisterna, que deben ser capaces de soportar una cierta caída de cierta altura sin sufrir roturas. Creo que las reglas son las mismas.

Dr. Weinberg:

Quizás pudiera agregar que en los E.E.U.U. las normas son tales que los recipientes en que los residuos son transportados deben ser capaces de caer desde una altura de 10 m. sobre hormigón y deben ser capaces de resistir un incendio durante media hora a una temperatura elevada; por lo tanto mi opinión es que el transporte de residuos radioactivos no es probable que produzca en realidad un gran peligro. Lo que puede suceder es que al manipular los residuos radioactivos de niveles más bajos se puedan producir pequeñas cantidades de contaminación aquí o allá, aunque no creo que, en realidad, sea posible que se produzca una gran cantidad de contaminación.

Coste energía nuclear

Dr. Weinberg:

En lo que se refiere al costo de la energía nuclear la situación está cambiando tan rápidamente que es muy difícil decir si la energía nuclear es más costosa o menos que la electricidad producida con carbón.

Uno de los grandes desengaños de mi vida ha sido que hace quince o veinte años me parecía que la energía nuclear realmente sería muy barata. Esto quizás suceda con el tiempo, pero en la actualidad no parece probable. Podemos decir que probablemente en ciertas partes de los E.U. la energía nuclear es más barata que la energía producida con carbón y en otras partes más costosa.

Este tema se complica bastante debido a la exigencia de utilizar técnicas para evitar el dióxido de azufre en las plantas que consumen carbón, que por una parte exigen el utilizar carbón que contenga poco azufre. Pero esto ya no basta y hay que agregar sistemas para eliminar el dióxido de azufre, lo cual eleva el costo de las plantas térmicas.

Podríamos señalar que dado que la energía nuclear representa una nueva fuente de energía y que las materias primas para esta fuente de energía, el uranio, están distribuidas geográficamente de una manera bastante distinta a la de los combustibles fósiles, siempre en mi opinión, es posible que la energía nuclear pudiese en cierto modo suministrar un elemento superior de autosuficiencia energética o autarquía energética que no se tendría con los combustibles fósiles.

La cantidad de uranio que necesita una planta nuclear es alrededor de unas 5.000 Tn. en un período de 30 años, cantidad mucho menor que la cantidad de carbón o de Fuel-oil que es necesaria para mantener una planta térmica.

La fuerza de este argumento está en que hace poco en E.U., en el invierno en que se produjo la huelga que duró casi tres meses, una parte de los E.U. que sufrió menos los efectos de esta huelga de los mineros de carbón fue, de hecho, la zona de los alrededores de Chicago, en la cual cerca del 35 % de su energía eléctrica es producida actualmente por energía nuclear. En realidad, la compañía Edison pudo enviar electricidad de sus plantas nucleares para ayudar a zonas del país que dependían de termoeléctricas que consumían carbón.

Instituciones y organismos de control

Dr. Arrhenius:

En 1972 se realizó un estudio energético en el que se decía vagamente que es preciso examinar hasta qué punto la utilización de los distintos tipos de energía puede ser ventajosa para el entorno y si esta ventaja existe si podría ser aceptada de alguna manera por la sociedad.

En, 1976 fue creado por el Gobierno de Suecia el Energy and Environment Committee que elaboró ideas muy estrictas para estudiar los efectos ambientales, pero solamente y principalmente los efectos ambientales de aquellas formas de energía que eran utilizadas en aquel momento. Luego vino el gran paso.

Mientras este Comité sobre la energía y el medio ambiente trabajaba, las elecciones suecas produjeron un cambio repentino en la política de Suecia.

Suecia había sido dirigida por un Gobierno Laborista durante 40 años, pero, principalmente debido a los temas ambientales y también a las actitudes antinucleares, uno de los partidos de oposición adquirió tanta fuerza que junto con otros dos partidos pudo hacerse cargo del Gobierno y en la actualidad tiene que cumplir con sus promesas electorales. Y esto era algo en realidad muy difícil, porque los que participan en el nuevo gobierno Sueco no tenían las mismas ideas acerca de la validez de los temas ambientales mientras que el partido dominante, que es el del Primer Ministro, era antinuclear o tenía una idea básica antinuclear, y deseaba una investigación de la totalidad del sistema energético, para juzgar sus efectos sobre el entorno y la salud humana. Por consiguiente dedicó una gran cantidad de fondos para crear la Comisión de energía que ha trabajado durante año y medio para analizar la totalidad del problema de la generación de energía, producción de energía y utilización y sus distintos efectos, no sólo sobre la sociedad sueca, sino también sobre otras y sobre las generaciones futuras.

La Comisión tiene varios subgrupos. La Comisión era política y sus miembros pertenecían a distintos partidos, desde la izquierda hasta la derecha y distintas organizaciones, organizaciones sindicales, industriales, patronales, etc. Pero los subgrupos tenían que estar formados por expertos que proporcionasen una asesoría científica para poder adoptar decisiones.

Según ha podido verse esta tarea ha resultado bastante difícil. Varios miembros de la Comisión tienen ideas distintas acerca de cuál es el suministro adecuado de energía, algunos son muy favorables a las plantas nucleares, otros muy opuestos porque cada vez que veían que había la posibilidad de aprovechar un argumento en favor de su política lo exageraban intensamente.

Sin embargo, la Comisión de Energía ha emitido un informe que recomienda al Gobierno acerca de la utilización futura de la energía y por detrás de este informe hay un sinnúmero de informes de los subgrupos y de otros miembros que han proporcionado informes a los subgrupos. El trabajo no siempre se puede resumir en palabra escrita porque a veces la palabra escrita puede ser bastante equívoca pero este informe de la Comisión tiene algunas cosas buenas y otras que no lo son tanto y luego hay un maremagnum de subinformes.

Aranzadi:

La primera pregunta se refiere a los organismos de control que existen tanto en Suecia como en E.E.U.U. Por ello podemos preguntar, primero al Dr. Arrhenius, ¿cuál es la composición de la Comisión Sueca de Energía, cómo son elegidos sus miembros, cómo se garantiza su independencia de intereses concretos relacionados con la industria nuclear, cuál es la relación que la Comisión de Energía mantiene con el Gobierno y los estamentos políticos, cuál es su poder ejecutivo, quién supervisa su funcionamiento? Después repetiremos las mismas preguntas al Dr. Weinberg, relacionándolas con la Nuclear Regulatory Commission y

la Energy Research and Development Agency, que son las dos Comisiones que han surgido de separar en estas dos comisiones la Agencia de Energía Atómica que existía previamente.

Dr. Arrhenius:

Quisiera comenzar con la Comisión de Energía. La Comisión de Energía fue una Comisión provisional para revisar los problemas y presentarlos al Gobierno, mediante un informe sobre el cual pudiera actuar el Gobierno. Esta Comisión de Energía dejó de existir el 3 de julio de este año 1978.

La composición de la Comisión de Energía era representativa de los distintos partidos políticos, de las organizaciones sindicales, de las organizaciones de empleados administrativos, de la industria y también algunos pocos expertos que eran ajenos a estos grupos.

Por supuesto, un grupo de esta clase no es independiente de los otros miembros, de los partidos, etc. Pero se consideró que era una composición equilibrada. En realidad, debido a la presencia de las organizaciones sindicales y de otras organizaciones que estaban más unidas a los partidos de la oposición y dado que el partido en el poder mayoritario no tenía control completo sobre las ideas de los demás partidos, la Comisión de Energía yo diría estaba un tanto inclinada a oponerse al partido antinuclear, del cual formaba parte el primer ministro y el ministro de energía. Lo mismo podríamos decir acerca del grupo de expertos. Los expertos fueron elegidos para obtener un equilibrio. Se consideró el encontrar personas que carecieran completamente de ideas acerca de esto. Si uno actúa en este campo, tiene ciertas ideas (opiniones) y aunque uno trate de no tener prejuicios, siempre habrá alguna predisposición.

Había también representantes de la industria nuclear, de la oposición a la energía nuclear y también de grupos ecologistas en activo; o sea, los ecólogos estaban también representados.

La razón por la cual yo fui nombrado presidente de esta Comisión, fue que como era biólogo y no físico nuclear, se consideraba que yo iba a estar un poco alejado de la lucha entre estos diversos grupos.

Se produjeron muchos encuentros, muchas discusiones y desacuerdos durante las reuniones.

Yo creo que un grupo bastante sumiso no hubiera resuelto tantos problemas como nosotros resolvimos durante todas estas discusiones acerca de diversos temas para alcanzar al fin una decisión común.

En cuanto a las autoridades reguladoras de la energía nuclear, tienen representantes de distintos grupos; por supuesto que también hay ciertas inclinaciones de gente de diferentes grupos, pero tratan de que estén equilibradas para obtener un funcionamiento adecuado. Hay miembros del Irrad. Research institute y también de otras instituciones científicas que trabajan sobre estos problemas para proporcionar la crítica adecuada del material que se va a considerar.

Dr. Weinberg:

La situación en E.E.U.U. es bastante compleja, tanto porque existen organismos regulares de diversas clases a nivel nacional, así como a nivel de cada Estado y en ocasiones los organismos reguladores a nivel de Estado son mucho más estrictos que los organismos nacionales y a veces ocurre lo contrario.

Brevemente la estructura es la siguiente:

Como ya hemos dicho existe la Comisión de Regulación Nuclear creada como un organismo federal independiente en 1974, quedando como un organismo independiente, cuando se creó el Departamento de Energía.

El Departamento de Energía no tiene autoridad para regular la energía nuclear. La Comisión de Regulación de Energía Nuclear es la que tiene esta autoridad y este poder incluye también los poderes para fijar normas y la autoridad para hacer cumplir estas normas. Por ejemplo, en cierto número de casos las empresas propietarias de plantas nucleares han sido multadas por superar ciertas normas de funcionamiento.

La composición de la Comisión es de 5 miembros con un gran número de personal, más de 1.000.

La composición de la Comisión por supuesto cambia, los miembros son designados por un término de 5 años. En la actualidad yo diría que el Presidente de la Comisión de Regulación de Energía nuclear es una persona que ha tenido una formación y una inclinación hacia la energía nuclear, aun cuando siempre ha estado interesado en el campo de la seguridad nuclear; se trata del científico Dr. Henry. Existe otro miembro, el Dr. Galinsky, quien está muy interesado en el problema de la proliferación y fue él junto con otro miembro de la Comisión de Regulación Nuclear quien se opuso a la venta, a la transferencia de combustible nuclear.

Entre los otros miembros de la Comisión, algunos no son tan inclinados hacia la energía nuclear, pero yo quisiera decir que no creo que una Comisión que regula la energía nuclear puede actuar en absoluto si sus miembros incluyen gente que creen que la energía nuclear en principio es una abominación y debe ser eliminada. La Comisión simplemente no puede funcionar en tal caso. Por lo tanto, existe un acuerdo fundamental a pesar de que algunos de los miembros estén más bien inclinados hacia el ecologismo, ya que hay un acuerdo en que la energía nuclear puede llegar a ser aceptable.

La NCR en ocasiones ha rechazado la solicitud de plantas. En fecha reciente se interrumpió la construcción de una planta provisionalmente, debido a ciertas razones bastante complicadas que no voy a entrar a explicar ahora.

Existe también en E.E. U.U. una agencia de protección ecológica que tiene autoridad para fijar normas generales para protección del medio ambiente, incluso las relacionadas con la radiación. Las normas de la NRC, son que las plantas nucleares no pueden emitir más de 5 milliroentgens por reactor y año, lo que supone 5 % de la radiación natural. La agencia de protección ecológica, sin embargo, tiene autoridad para

fijar normas para todo el ciclo nuclear y sus normas fijan que todo el ciclo nuclear no puede emitir más de 25 milliroentgens anuales en cualquier individuo. Por supuesto, existen además los distintos organismos de reglamentación estatales y su actitud hacia las plantas nucleares varía de un Estado a otro.

Algunos estados, Minesota, por ejemplo, California, creio, Oregón, tienden a ser bastante antinucleares, por otra parte otros estados, como Carolina del Sur (donde existen grandes plantas nucleares, en el río Savana), tienden a ser bastante favorables a la energía nuclear.

Por otra parte, en USA se ha separado el desarrollo de la energía nuclear de su regulación. Así tenemos el Departamento de Energía independiente de la Nuclear Regulatory Commission. La National Regulatory Commission ha sido muy estricta en los reactores que ha construido imponiendo severas especificaciones en los sistemas de seguridad, en la infraestructura y en la cualificación de los que operan los reactores.

Yo diría, además, que el éxito de la energía nuclear (y por éxito yo quiero decir no tener grandes accidentes nucleares en el mundo, probablemente 1 cada 100 ó 500 años) es conseguir ese grado de experiencia, de perfeccionamiento de la tecnología. Por ello exigiría una organización institucional para la energía nuclear que asegure que las personas que están a cargo de la energía nuclear, las que hacen funcionar los reactores, las que los construyen, las que están a cargo de los residuos, tengan una experiencia y unos años de trabajo que sea igual a los de otros tipos de energía.

Esta experiencia se corresponde a, vamos a decir, la que es representada por los pilotos de las líneas aéreas o quizás más adecuadamente, la de las estructuras institucionales que están encargadas de los sistemas de diques en Holanda; expertos a todos los niveles, desde profesores de hidrología hasta gente que actualmente repara los diques. Esta tradición es transmitida de familia en familia, de generación en generación y representa la clase de institucionalización que yo creo que es necesaria.

No se puede tener éxito con la energía nuclear si no hay un cierto grado de estabilidad política, un grado de comprensión, dado que las centrales nucleares no son juguetes fáciles de manejar, pero que si se destruyen de una forma o de otra pueden ocasionar grandes peligros.

Hace quince años comparé la energía nuclear a una transacción faustiana y muchos de aquellos que no están de acuerdo con la energía nuclear me han echado en cara esta afirmación y me han dicho; ¿lo que usted quiere decir es que la energía nuclear es un pacto con el diablo y que nosotros no queremos nada de eso?

Pero no era eso lo que yo quería decir, lo que yo quería decir es que a cambio de una nueva fuente de energía (y quiero que recuerden que el hombre no tiene tantas posibilidades a su disposición, a cambio de una nueva) —la energía nuclear— el hombre en cierta forma ha de comportarse, ha de desarrollar instituciones de forma que, por una parte, tenga una infraestructura tecnológica adecuada y por otra parte ha de tener una estabilidad política e institucional adecuada.

¿Es esto posible? Creo que lo es y quiero que tengan presente que Goethe en su Fausto creyó que lo era, porque recordarán que al final de Fausto este es redimido. «Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen». «Quien aspira y lucha sin cesar, obtendrá el éxito».

Aranzadi:

En definitiva, y aunque hay muchas cuestiones críticas con respecto a la problemática nuclear, quisiéramos destacar que se ponen de manifiesto las diferentes opiniones al respecto, tanto en la sala, como entre los ponentes, como entre otros científicos. En lo que respecta a lo que los ponentes nos han informado, remarcar la idea de que, en definitiva, todo nos conduce a la necesidad de plantearse esta cuestión desde una perspectiva política. Es decir, se ha puesto de manifiesto claramente por los dos ponentes que la opción energética es una solución política, es una decisión que cada sociedad debe de poder plantear, abordar y solucionar. Llamariamos, además, la atención sobre algunos aspectos que han remarcado cuales son: la necesidad imprescindible de una infraestructura social, técnica y política para que se pueda dar la utilización de la energía nuclear, las crecientes medidas de seguridad, control, garantía; las medidas anticontaminantes que en sus países se están aplicando en los reactores que se proyectan y que hacen en algunos casos encarecer de manera importante la energía nuclear; etc.

Aunque en lo que a nosotros respecta, el problema es anterior. Es evidente que el único modo de asegurar una solución válida, real, aceptada, quiérase o no, ya lo hemos dicho, es que el País Vasco tenga capacidad para poder fijar, para poder planificar su economía, su sociedad en general. Volvemos a insistir, porque todo lo que hoy se ha comentado no es más que parte de un debate que existe en todo el mundo, siendo necesario poner claramente de manifiesto la exigencia de un marco previo, marco autónomo del País para abordarlo.

Y para terminar, queremos agradecer a los ponentes el haber acudido, a las Asociaciones que nos los han facilitado, que son a las que nosotros recurrimos, Congress de U.S.A. y Real Academia de Ciencias de Suecia a través de la Embajada de Suecia en Madrid.

Y agradecerles a todos ustedes la asistencia y a las Cajas de Ahorros, sobre todo, Municipal de San Sebastián y Provincial de Guipúzcoa, que han colaborado de manera importante en la financiación de este acto, acto que esperamos haya cubierto el objetivo que nos proponíamos: aportar algo al nivel informativo que nuestro País posee sobre el debate energético mundial.

Eskerrik asko.

RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

Dr. Arrhenius:

La razón por la cual esté hablando aquí esta noche es que miembros de la Sociedad Aranzadi me han dicho que también este tema tiene importancia en el País Vasco; y verdaderamente la tiene, ya que los problemas del medio ambiente y los recursos naturales son universales a pesar de que las soluciones y los detalles de ellos pueden diferir entre los distintos países. La cuestión general es que el desarrollo técnico y económico ha producido grandes beneficios en el modo de vida, mejores modelos de nutrición y mejor cuidado de salud y también un incremento del tiempo de ocio. Sin embargo, es bastante evidente que este crecimiento ha tenido también efectos negativos y que el precio que hemos pagado por este bienestar puede ahora ser considerado demasiado alto. El precio de este bienestar ha sido en muchos casos una fuerte polución y una mala utilización de los recursos naturales, efectos que han causado cambios en nuestro ambiente y en nuestras posibilidades futuras para usar estos recursos que han podido ser irreparablemente dañados.

Voy a mencionar algunos problemas suecos como, por ejemplo, la polución de mercurio resultante de la industria papelera, que ha producido niveles de mercurio en el pescado, por acumulación a través de las cadenas de nutrición ecológicas, tan altos como en Japón. La razón para tener menos daños que en Japón parece ser que es debido a que las normas de nutrición de los suecos han sido mejores y por ello la catástrofe de Japón no ha surgido aún en Suecia; pero hemos llegado a un punto en el que existe la posibilidad, en un país de extremo bienestar como Suecia, de un daño muy serio.

Otro problema es la eutrofización del agua (incremento de nutrición en el agua), lo que ha provocado que las aguas estén llenas de plantas y algas; esto ha destruido la posibilidad de utilizar el agua para beber y para otras necesidades.

Otros problemas son: la acumulación de cadmio en desagües donde también el nivel se está aproximando al de Japón; el alto nivel de plomo en los gases de los automóviles (se ha demostrado la acumulación en el cerebro de los niños); las emanaciones de energía fósil, que se cree contribuyen a una mala salud y principalmente a un incremento del riesgo de cáncer. Los riesgos asociados a la energía nuclear a pesar de ser considerados muy pequeños, tal y como lo discutimos la otra noche, se añaden a todos los citados problemas.

El Gobierno sueco considera que el desarrollo futuro, siguiendo estas líneas, puede verse extremadamente comprometido y que hay que entrar en acción. Los limitados recursos, como por ejemplo petróleo, tie-

rra, agua y recursos minerales, y la desequilibrada distribución de ellos en todo el mundo, son importantes razones para emprender alguna clase de gestión para suministrarlos.

Los límites de la capacidad de la tierra para soportar la polución son un serio problema a nivel global. Pondría el ejemplo del anhídrido carbónico; si seguimos quemando carbón y petróleo por mucho tiempo pueden producirse cambios irreversibles en el clima. Localmente, tenemos D.D.T., T.C.B., el mercurio y dióxido de azufre (regularmente distribuidos y derivados de la combustión de carbón en Europa Central, contribuyendo al 80 % de la lluvia de los compuestos de azufre). En Suecia se han realizado muchos esfuerzos hasta la fecha; hemos creado una Agencia de Protección del Medio Ambiente (Environment Protection Agency) y varias leyes en contra de la polución. Muchos comités han estudiado en detalle estos problemas y como ejemplos puedo mencionar: la purificación de las plantas que han reducido el fosfato vertido a las aguas y por lo tanto la eutrofización; la emisión de dióxido de azufre en Suecia, regulada por una ley que limita el azufre que contiene el petróleo; las emisiones de mercurio de la pasta de papel que han sido limitadas; así como la prohibición de usar D.D.T. y T.C.B.; también se ha empezado a limitar la contaminación de plomo procedente de los escapes de coches.

Igualmente, se ha incrementado el control poniendo en marcha el «Product Control Act» (Tratado del control del producto) de acuerdo con el cual pueden ser requeridas las declaraciones de los fabricantes de un producto fabril.

Sin embargo, todas estas son acciones defensivas, tratan de contrarrestar efectos que han aparecido ya. La razón para establecer el Comité que he mencionado, que va a trabajar durante 3 años, y del que voy a ser Secretario General, está motivada por el uso de datos no fiables como base de decisión.

Los problemas que hemos estudiado hasta ahora han sido relativamente bien definidos y las soluciones parecen ser bastante claras. Sin embargo, si se abordan aspectos más amplios de la polución del entorno, hay que constatar una interacción muy fuerte entre las diferentes actividades humanas. Por lo tanto el efecto final de una actividad puede ser difícil de establecer y también es, a veces, difícil establecer cuál de las distintas acciones es la principal causante del problema y dónde se puede encontrar la solución más fácil para actuar contra esta polución.

El problema es cómo podríamos abordar aspectos más amplios, cómo podríamos conseguir más información para una más amplia visión, cómo podríamos investigar la interacción entre varias ramas de la actividad humana y cómo prevenir los problemas, más que curarlos.

Este punto de vista, que yo lo llamaría ofensivo, estriba en cómo utilizar los recursos naturales con el control adecuado.

Por este motivo debo definir los recursos naturales y quisiera definirlos como sustancias o propiedades de sustancias que pueden usarse por el hombre para su beneficio.

Resumiendo lo que he dicho antes, tenemos que establecer un punto de vista ecológico, más básico, sobre estos problemas. Una de las

metas principales del Comité es que deberíamos conservar la calidad de vida que tenemos y no causar un nivel de vida más bajo para las generaciones futuras. Esto significa que hay necesidad de que los recursos naturales sean usados en beneficio de la humanidad, de tal manera que el fondo físico y biológico para la actividad humana permanezca sin disminuir.

De nuevo quisiera insistir que anteriormente sólo ramas y pequeños sectores de la actividad humana han sido tomados en consideración y que nosotros ahora tenemos que tener una visión sobre sistemas totales.

Quisiera poner un ejemplo con algunos problemas de múltiples alternativas y uso competitivo de los recursos naturales y un buen ejemplo es la utilización del agua.

Se considera que Suecia posee un buen suministro de agua; nosotros la usamos para muchos propósitos: la utilización para transporte de material, ya sea en masa como en el transporte fluvial de petróleo, o en suspensión como con los residuos; la utilizamos para la agricultura, para la irrigación; y también la usamos para beber y como fuente de vida para la alimentación como, por ejemplo, los peces. Hay un fuerte conflicto entre algunos de estos usos y creo que es necesario calcular cuidadosamente la necesidad de agua para los usos que no podrían ser omitidos y estos son, por supuesto, el uso para beber y el uso como medio de vida de los peces.

El cálculo del uso total del agua en Europa, si Europa va a autoalimentarse, demuestra que la cantidad de agua que se necesitará cuando la población sea doble, aproximadamente en el año 2050, es un 125 % de las disponibilidades actuales y ésta es realmente una exigencia imposible de satisfacer.

Otros cálculos muestran que en Suecia puede que tengamos que beber agua que ya ha sido utilizada para transportar desechos o que ha sido utilizada ya en la industria o en el riego de terrenos agrícolas donde ha podido ser contaminada con material nutritivo (la posibilidad de diluir esta agua es de uno a diez).

Esto significa que cuando usamos el agua, por ejemplo para transportar desechos domésticos, debemos considerar la posibilidad de tener que hacer un cóctel al recuperarla diluyéndola en un 10 %.

La evidencia demuestra que el uso del agua como transporte para desechos no puede continuar en el futuro. Es preciso desarrollar en la agricultura, como lo hacemos con los desechos domésticos, sistemas técnicos para el transporte de materiales, en aquéllos casos en los que excrementos de animales están fuertemente diluidos transportándose como líquidos.

Cebemos, pues, encontrar otras soluciones en las que el material no esté diluido en el agua cuando se transportan los desechos. Y estas técnicas existen realmente. El motivo que no se hayan utilizado aún es que es más fácil utilizar el sistema antiguo de diluir en el agua; es decir, por pereza tecnológica.

Otro ejemplo de uso competitivo de los recursos naturales, es el

incremento de la plantación de abetos y pinos en Suecia. Tenemos suelos que son muy sensibles a la acidificación, problema que ahora se está haciendo cada vez más evidente dada que los lagos suecos estén aumentando su acidez no sólo por las materias sulfurosas que caen en ellos producidas por la combustión de carbón que se quema en Alemania, sino también por la baja capacidad del terreno en los bosques de pinos para neutralizar esta lluvia ácida.

De hecho, el problema del mercurio que se creía haber solucionado al limitar el desecho de mercurio, depende en gran parte de la acidificación de los lagos. El mercurio en gran parte se distribuye por el aire y hay un equilibrio entre aire y agua que se destruye cuando los lagos se acidifican. Por tanto, el mercurio distribuido por distintas fuentes queda específicamente atrapado en esos lagos que son ácidos; o sea que la replantación y utilización de abetos para hacer celulosa en las papeleiras en plan de monocultivo tiene parte de la responsabilidad en este 5 % de los lagos suecos, que tienen tan elevado contenido de mercurio en el pescado, que su venta está prohibida. Muchos más lagos contienen peces que sólo se permite consumir una vez por semana. Esto se ha llamado hacer «prescripción de la comida».

El monocultivo de bosques y la introducción de nuevas especies sin una selección cuidadosa y el estudio de las consecuencias ecológicas es, creo, un problema mundial. Los bosques hoy en día, y cada vez más, se ven como una base de materia prima para la industria del papel; pero hay otras utilidades. Por ejemplo, en Suecia, la industria del papel hoy en día no es muy rentable, pero la producción de madera para la construcción, que no necesita forzosamente abetos y pinos, sí lo es.

Otra utilización de la madera de los bosques son los planes suecos para tener una producción de biomasa para energía que aportaría una fuente de energía renovable.

El problema para el Comité es ¿qué cambios sociales y políticos se necesitan para adquirir una utilización de recursos naturales basada en un punto de vista ecológico? ¿Cómo podemos establecer los límites de tolerancia para que no haya daños para las futuras generaciones mediante este uso específico de los recursos naturales?

Un aspecto importante a considerar es que el desarrollo en pasos pequeños puede ser necesario. Uno de los motivos principales de los efectos que tenemos hoy en día en el entorno es que nuestra capacidad técnica permite cambios muy rápidos y, en cambio, la posibilidad de seguir los efectos y de corregirlos no es la misma que cuando teníamos un desarrollo más lento. Esto se acentúa por los efectos retardados de muchos contaminantes, ya que es muy común que el efecto no sea directo sino a través de múltiples eslabones.

Los cánceres, que aparecen hoy en día en los hospitales, han sido causados por poluciones en lugares de trabajo y en el entorno hace unos 20 ó 30 años. La cantidad de cáncer producido por la polución de hoy día tendrá su efecto completo después del año 2000.

También debemos hacer programas de desarrollo social, haciendo posible cambiar los programas si el sistema parece haber ido por el

camino equivocado. No podemos permitir situaciones de no retorno. Yo creo que los sistemas de técnica extremadamente elevada tienen esta pega puesta que una vez que se han establecido es imposible cambiarlos. Esto ha sido considerado por mucha gente como el problema mayor para sistemas tales como la energía nuclear.

En Suecia consideramos que debemos mantener diferentes sistemas de energía, incluyendo la energía nuclear, con objeto de tener la posibilidad de seleccionar, aunque el partido mayoritario del Gobierno opina que no permitirá la selección, puesto que la presencia de la energía nuclear suprimiría el elemento «variedad» debido a su requerimiento de gran desarrollo técnico y de centralización.

¿Cómo se puede influir el desarrollo de la sociedad de acuerdo con estas líneas que acabo de mencionar? ¿Cómo establecer si existe o no conflicto entre un buen control de los recursos naturales y una política de un entorno limpio y otras metas para la sociedad humana? ¿Qué consecuencias económicas tendría el control de los recursos naturales y la protección del entorno?

Estas cuestiones son bastante difíciles de abordar, ya que hoy en día estamos viviendo en una sociedad de bienestar donde se ha dicho que nada se puede adquirir sin una pérdida de otros valores; es decir que no se pueden tomar las ventajas del desarrollo técnico sin una gran cantidad de polución. Esto es lo que ahora uno se pregunta.

Una de las cosas que tenemos que hacer es adquirir un conocimiento mayor de desarrollos alternativos de modo que no se pueda hacer ningún plan sin tener uno o varios planes de alternativas, con la ayuda hoy en día de, por ejemplo, la informática, para hacer análisis amplios de los sistemas en varios niveles.

Este análisis sistemático se ha hecho, por ejemplo, en Suecia sobre el condado de Gotland, que es una isla, donde se ha calculado el balance total de la energía y donde ahora podemos estudiar cómo el cambio en este equilibrio podría influir a la sociedad. Ahora ampliaremos este estudio para continuar con otros recursos naturales.

Debemos también analizar las metas en distintos campos: ¿Por qué utilizamos ciertos metales? ¿Podrían los metales tóxicos que no nos sirven para la vida biológica ser sustituidos por otros que tienen además efectos positivos? ¿Cuál es la meta de la industria de la alimentación cuando utiliza productos agrícolas?

La agricultura ha sido forzada para aumentar su producción, lo que supone un uso incrementado de fertilizantes artificiales y estos fertilizantes demuestran que tienen efectos secundarios por eutrofización y por un posible efecto sobre la capa de ozono en la estratosfera que nos protege de las irradiaciones ultravioletas.

La producción agrícola hoy en día produce también demasiada grasa, que puede ser una de las razones del 20 % de nuestra incidencia de cáncer. Los fertilizantes artificiales aportan también cadmio a las plantas, y los minerales necesarios para la vida no siempre están presentes ahora en los granos producidos por la agricultura como, por ejemplo, el zinc y el selenio.

Estos problemas muestran la necesidad de un sistema de análisis de la agricultura ya que, por ejemplo, es posible desviar la producción de grasas para competir con el uso presente del aceite mineral en la técnica industrial.

También es posible desarrollar la agricultura sin añadir fertilizantes de nitrógeno si la agricultura se realiza con sistemas que contengan planes que combinen el nitrógeno del aire y hagan posible la alimentación.

Es evidente que estos sistemas han existido antes de que la agricultura sufriese un desarrollo demasiado rápido.

La rotación de las cosechas con el uso de las plantas de fijación de nitrógeno era una cosa común en la agricultura antigua. Son precisamente las numerosas producciones extensivas de la agricultura de hoy en día las que han dado un corte al usar la energía que ha sido fácilmente obtenible a través de productos fertilizantes industriales.

Algunos estudios en Suecia han mostrado que la utilización antigua de los bosques como un lugar de pasto para los rebaños de ovejas podría aumentar la producción si no se lleva demasiado lejos y que esta utilización podría impedir la utilización de herbicidas, que es un problema muy serio en Suecia hoy en día.

Esto muestra cómo la pérdida de conocimientos es un problema serio y que al intentar proteger las futuras generaciones debemos intentar aprender de generaciones anteriores.

La tendencia a creer que nuestros antepasados eran menos listos que nosotros es muy peligrosa. Por supuesto, tenemos una tecnología mejor, pero esta tecnología podría utilizarse de acuerdo con antiguas reglas bien probadas y con un análisis cuidadoso si queremos cambiar las técnicas.

También es necesario que hagamos un planning pronto y con mirada y cálculos a largo plazo, de modo que podamos utilizar nuestra imaginación para intentar encontrar cuáles son nuestras ideas más pesimistas sobre los posibles efectos secundarios en el futuro. Puede ser peligroso vivir en una especie de «satisfecha» sociedad tecnológica y creer que siempre hacemos bien. Como la experiencia enseña, más a menudo hacemos mal que bien.

Voy a tomar un pequeño ejemplo: en Suecia la cosecha se realiza con maquinarias agrícolas muy grandes, produciendo el grano directamente; se han reemplazado las técnicas antiguas, cuando se cortaba la paja en el campo y el grano se separaba de la paja en la granja. Esta técnica ha sido muy acertada, pero ha introducido la necesidad de utilizar herbicidas, puesto que se demuestra ahora que las semillas de las malas hierbas que antiguamente se transportaban a la granja y se recogían allí, ahora se extienden por todos los campos. Esto demuestra otra vez cómo la nueva técnica debe ser cambiada y modificada o desechada y sustituida por otras técnicas basadas sobre un conocimiento antiguo.

Estos han sido ejemplos sobre proyectos que están en estudio por el Comité, pero el Comité también tiene como guía para su trabajo la idea de que debe sugerir el manejo práctico basado sobre estas líneas de pensamiento. Deberíamos intentar encontrar los medios que se deben utilizar para influir en el desarrollo de la sociedad, de acuerdo con las líneas apuntadas aquí y para hacer que la sociedad viva sobre una base de pensamiento ecológico.

Esto significa que deberíamos sugerir nuevas leyes, indicar áreas para el desarrollo de la investigación y también indicar el cambio del planning, indicando que medios económicos se podrían utilizar para adquirir estos efectos.

También las formas de decisión deben tenerse en cuenta, puesto que una forma de decisión demasiado centralizada puede ser peligrosa, como, según yo creo, sucede a través del Gobierno ahora en el poder. Las soluciones generales no son quizás siempre tan buenas como las soluciones que se modifican para acoplarse a distintos propósitos y diferentes áreas.

Esto implica que las leyes también deberían sugerir cambios necesarios en la Administración y que deberíamos encontrar los medios de información utilizables y, finalmente, los cambios en la educación necesarios para conseguir un mejor entendimiento de estos problemas; lo que significa que la educación en ciencias naturales y ciencias sociales debería ser más adaptada al pensamiento ecológico.

Un punto importante es también que deberíamos indicar las formas que se necesitan para adquirir una influencia mayor sobre la gente en torno a las decisiones que afectan a nuestro entorno.

Como hay muchos conflictos en Suecia, igual que en otros países, ha sido problema del hombre de la calle conocer estas ideas sobre las problemáticas causadas por la industria y sociedad tales como las plantaciones de bosques, los terrenos industriales, las centrales nucleares y el uso intensivo de insecticidas y herbicidas.

Finalmente yo quisiera decir que el Comité debería indicar líneas y detalles sólo para dar ejemplos, ya que esto sería una guía que se cree deberían seguir los desarrollos futuros.

La cuestión es ¿Son estos pensamientos antitecnológicos?, yo quisiera contestar con un fuerte no. Porque, verdaderamente esto es optimismo tecnológico e intelectual. No es necesario polucionar con objeto de tener una mejor calidad de vida, la polución es generalmente una ignorancia y pereza intelectual por parte de los que hacen los planes y de los que los ponen en práctica.

Estas líneas de guía para un nuevo pensamiento con visión ecológica deberían ser consideradas como un reto para la industria y la sociedad de aumentar sus actividades intelectuales para hacer obras mejores y usar nuestro punto de vista altamente tecnológico actual de acuerdo con una forma de pensar mucho más diversificada.

Muchas gracias.

Coloquio

Aranzadi:

Después de esta interesante exposición sobre los recursos naturales y el medio ambiente que muestra un poco la visión general y los modos de acción de un país como Suecia y que, si bien nosotros no podemos aplicar por la falta de estructuras mínimas autónomas para poder abordar esta temática, es interesante conocer porque ilustran y nos ayudan a tener unos puntos de vista más correctos con respecto al desarrollo y a toda la problemática que ello conlleva, vamos a plantear al Dr. Arrhenius algunas cuestiones con la intención de ampliar o concretar algunos de los aspectos abordados.

Evidentemente, algunas de las preguntas que teníamos preparadas para el Dr. Arrhenius han sido ya abordadas en esta charla y por lo tanto solamente vamos a apuntar algunas ideas sobre concepciones más generales, no tan centradas en la problemática sueca, que afectan a todo el mundo occidental.

Una de las críticas más profundas a la utilización de los recursos energéticos fósiles, en particular al carbón, es su alto grado de contaminación producido por la combustión de azufre que contiene.

Existen técnicas de eliminación eficaces, pero quizás no rentables, si seguimos haciendo comparación con otras fuentes de energía, de energía de punta.

La actual tendencia parece ser la gasificación o combustión en dos etapas y la eliminación o reducción del sulfuroso en la primera etapa.

Esta es una cuestión que el Dr. Arrhenius ha apuntado como uno de los graves problemas de contaminación atmosférica y quisiéramos preguntarle cuál es su opinión, en definitiva, sobre la utilización o explotación masiva de los yacimientos carboníferos, algunos de ellos abandonados en aras de otras energías.

Dr. Arrhenius:

Cuando quemamos combustible fósil, debemos primero considerar que si seguimos de acuerdo con las líneas de desarrollo actuales, sólo podemos continuar durante unos treinta años.

Esto se debe a la inseguridad de saber si tendremos cambios climatológicos producidos por el anhídrido carbónico, problema que no se tiene si se usa la biomasa producida hoy, puesto que el anhídrido carbónico se usa en la misma medida en que se produce.

Sin embargo, como hemos estudiado en Suecia, considerar el carbón fósil como un paréntesis para este tiempo en lugar de la energía nuclear significa que los problemas que subsisten son: dióxido de sulfuro, hidrocarburos cancerígenos y óxidos de nitrógeno. Se podría decir que la comparación entre la energía nuclear y la energía por combustión de fósiles se hace generalmente sobre los planes actuales y, como dijo el Dr. Weinberg la otra noche, centrales como la de Lemóniz son técnica-

mente perfectas, no pudiendo decirse lo mismo de las centrales de energía fósiles. Pero si las hacemos de acuerdo con las exigencias y líneas de las centrales nucleares, es fácil, sin demasiado esfuerzo económico, que sean muy limpias.

Yo creo que no es correcto comparar la técnica de 1980, con la de principios de 1900.

El óxido de sulfuro se elimina fácilmente por precipitaciones como la de Gibson, si solamente los gases de desecho se refrigerasen primero y se purificasen del hollín.

La cuestión de los hidrocarburos cancerígenos es también la cuestión de una combustión eficiente y de una buena purificación.

También se podrían eliminar los metales, siendo uno de los problemas el mercurio, aunque este problema es pequeño comparado con el de otras emisiones de mercurio.

El problema se facilita ya que el carbón es generalmente lavado en la mina. Esto es; extraen el mineral, pirita, que contiene el sulfuro y los metales. Esto se hace por motivos económicos, puesto que esto quita cerca del 10 al 20 % del peso del transporte del carbón, pero tiene un efecto secundario: la cantidad de sulfuro emitido disminuye.

En general yo diría que el Comité de Energía en Suecia es bastante optimista sobre la purificación de combustibles fósiles, siendo el problema más difícil los óxidos de nitrógeno, que también se puede solucionar, pero el anhídrido carbónico siempre permanecerá como un problema, ya que no se puede eliminar.

Aranzadi:

Después de este planteamiento general sobre el aprovechamiento de los más difíciles yacimientos de carbón, ¿qué tendencia cree usted, Dr. Arrhenius, que seguirán los países del mundo industrializado en la explotación de los recursos energéticos fósiles frente a otras fuentes energéticas naturales y frente a la energía nuclear de fisión en esta «dualidad» de desarrollo económico y estabilidad ecológica?

Dr. Arrhenius:

Es una pregunta muy difícil, pero yo creo que la energía nuclear es una fuente aparentemente fácil hoy en día, y que entre los combustibles fósiles el único de cierta magnitud es el carbón, con las dificultades a largo plazo del anhídrido carbónico, como he mencionado antes.

Sin embargo, también con la energía nuclear la situación de muchos países será de dependencia de otros países, tanto para la importación del uranio, como para el tratamiento de los desechos.

El precio de estos recursos naturales, el combustible y el tratamiento de los residuos puede cambiar y causar situaciones de dependencia.

Como un ejemplo, mencionaré que parte de la Comisión de Energía en Suecia, aquellos que están a favor de la energía nuclear, recomiendan la importación del uranio, aunque en realidad se ha constatado una tendencia al aumento de precio. Este grupo —que tiene miedo a la pro-

liferación de armas nucleares— se muestra ahora reacio al uso de los supergeneradores.

Sin embargo, sería escamotear la realidad ante sus propios ojos el sugerir el uso del uranio sin estos supergeneradores, según señaló el Dr. Weinberg. Por tanto, esta decisión tiene un error serio, las dos partes de la decisión no son compatibles.

Aranzadi:

Indudablemente la energía eléctrica es la energía más dúctil, más manejable, pero su eficiencia técnica en el sistema energético de los países de Occidente es muy baja. Concretamente en U.S.A. está próxima al 50 %, siendo aún menor la eficiencia económica. Por otra parte, no hay que olvidar que la energía perdida por la propia producción de electricidad es de aproximadamente 25 % del consumo total de energía.

Para paliar esta deficiencia técnica existen investigaciones avanzadas sobre la energía de combustión, hidrógeno - oxígeno, en las llamadas células eléctricas de combustión que convierten directamente la energía química en eléctrica.

Como Secretario del Comité de Energía de Suecia, ¿Nos puede informar, Dr. Arrhenius, qué porvenir tienen estas tecnologías?

Dr. Arrhenius:

Estoy de acuerdo en la problemática de las pérdidas en las vías de producción eléctrica. La primera meta de la Comisión de Energía para abordar este problema es hacer una clara distinción entre varios tipos de calidad de energía que se necesitan para distintos fines. Esto significa que fines como la calefacción, que están utilizando ahora electricidad, deberían usar electricidad de calidad más baja, tal como la energía solar directa y la energía del viento. Esto significa una meta para la descentralización no tan difícil de alcanzar.

Los planes serían para centrales de tamaño mediano que podrían suministrar a las comunidades locales; además de esto, centrales menores locales para las granjas y cosas similares.

Sin embargo, a largo plazo, sería bueno poder producir energía eléctrica por otros medios que las centrales actuales. Y uno de nuestros planes a largo plazo es por cierto, el tener el tipo de células eléctricas que ustedes han mencionado.

Pero nuestra meta principal no es utilizar hidrógeno sino utilizar metanol producido en un próximo futuro con carbón y más tarde por la biomasa. Este mismo metanol se utilizaría para actividades de transporte. Sin embargo, consideramos el desarrollo de estas células eléctricas como un plan a largo plazo, que esperamos sea posible llevar a cabo.

Aranzadi:

El otro día en la conferencia comentó el inicio de la utilización del viento como fuente energética en Suecia. Creemos que, dentro de este

contexto que ha comentado ahora, sería interesante saber si es un desarrollo muy incipiente o de utilización muy local o si cree que tiene un futuro de importancia.

Dr. Arrhenius:

Desde luego nosotros lo pensamos así y los cálculos americanos que también hemos controlado indican que Suecia podría tener cerca del 10 % de su suministro de energía, es decir, más o menos 40 Twh/año suministrados por el viento.

El desarrollo de la técnica se ha seguido hasta el punto de que hemos hecho una central para test al norte de Estocolmo, sobre unos cientos de KW. Esta es una central de test y deberá ser ampliada 5 a 10 veces; la próxima está planeada en la isla de Gotland, donde las condiciones del viento son aun mejores que en la planta de prueba.

Tenemos intención de ubicar grupos de generadores de energía de viento a lo largo de la costa de Skania, de Land y de Gotland y también al norte de Estocolmo, en Opland.

Sin embargo hay algunos problemas estéticos con esta planta. Algunas personas dicen que éstas tienen que ser pequeñas, considerando que en la isla de Öland, que tiene aproximadamente 150 Km. de largo, existían recientemente 2.000 molinos de viento distribuidos a la largo de la Isla y, sin embargo, estas centrales de viento son mayores y pueden ser más marcadas en el paisaje. Por tanto, nuestros planes son de localizarlas lejos de la costa, sobre pontones, y tener un cable para la electricidad que llegue hasta la costa.

Aranzadi:

En una política de conservación de la energía parece un evidente desperdicio de la misma el que las centrales energéticas, tanto térmicas como nucleares, viertan sus aguas de refrigeración directamente al medio.

Relacionado con este tema y contando con su formación como zoólogo, quisiéramos igualmente preguntar cuál es su opinión sobre un vertido térmico de refrigeración de una central nuclear o térmica de potencias aproximadas de 1000 MGW y 200 MGW respectivamente.

Dr. Arrhenius:

Tuvimos un experto sobre este tema, aunque yo no estoy trabajando sobre los sistemas de agua. Las conclusiones a las que llegamos fueron que los problemas eran los incrementos de crecimiento en el agua, debido a la alta temperatura, que por algunos optimistas tecnológicos han sido considerado como positivos.

Sin embargo, en un sistema ecológico equilibrado puede ser peligroso que estos cambios ocurran y hemos observado, entre otras cosas, un aumento de la infección de parásitos en los peces y un aumento del

depósito de metales pesados, como el mercurio y organocloros compuestos, y también de D.D.T. y T.C.B.

De todas maneras, los efectos se consideran como muy locales, con una sola planta nuclear del tamaño mencionado, si se trata de una situación costera. Sin embargo, hay que tener presente que no se trata sólo de un factor; hemos señalado que hay que tener cuidado para no tener demasiada concentración de varios factores agregados.

En Suecia, hoy en día, el máximo que se ha planeado es de 3 agregados de este tamaño; el mismo tamaño que uno de los agregados de Lemóniz.

Otro problema es la localización fluvial o lacustre, donde el efecto puede aparecer antes. Yo he visto cálculos para los ríos europeos donde el aumento medio de la temperatura, debido a la refrigeración de la industria actual y de las centrales de energía, es de dos a tres grados, habiendo habido ya incidentes en el Rhin, donde los peces han tenido un incremento de las bacterias botulínicas y murieron y los pájaros que comieron estos peces también murieron por millares debido al consumo de estos peces que ya estaban intoxicados.

Este es sólo un incidente, pero muestra las dificultades que hay para calcular los efectos totales ecológicos aunque sea por un solo factor, como es el aumento de la temperatura.

Aranzadi:

Interesante opinión, por la situación tan contaminada de nuestros ríos y de la costa.

Por otra parte, ya que habla de Lemóniz, sería interesante que pudiera precisar lo que el otro día afirmó de que una planta como la central de Lemóniz hoy no sería autorizada en Suecia ¿Por qué?

Dr. Arrhenius:

Como dije entonces, no tenemos reglamentos estrictos sobre localización de centrales nucleares. Sin embargo, tenemos una central con dos reactores en Barsebeck, en el sur de Suecia, en el área más densamente poblada del país. Los cálculos hechos por el Dr. Rasmussen en América y también los que hicieron las autoridades suecas muestran un gran riesgo, yo diría importantes consecuencias, si estos reactores tuviesen un accidente serio. Como el Dr. Weinberg dijo la probabilidad se calcula como muy pequeña. Sin embargo, el modo de calcular ha sido considerado por las autoridades suecas permitiendo un margen de inseguridad de factor de 100 sobre el riesgo. Las consecuencias se calcula que son grandes, con varios miles de personas muriendo de cáncer después de varios años y teniendo que ser descontaminados unos 700 Km.², perdiendo, por lo tanto, un terreno para una actividad agrícola fértil. Estos cálculos, que sirven tanto para el informe Rasmussen como para los más pesimistas Suecos, son sorprendentemente similares sobre el cálculo de los riesgos máximos.

Es solamente la consideración de lo serios que se consideran estos riesgos máximos lo que difiere entre el Dr. Rasmussen y el estudio de Suecia.

Con estos cálculos cara a la selección del emplazamiento para un nuevo reactor, ¿elegiría el gobierno sueco esta problemática área tan densamente poblada?

Aranzadi:

Surge inevitablemente la pregunta de cómo están estructurados concretamente en Suecia los organismos que deciden sobre la instalación o no de una central nuclear y sobre los tipos más adecuados en función de su ubicación; posteriormente, qué organismos controlan su funcionamiento y cuáles son su composición e interrelaciones.

Dr. Arrhenius:

El organismo principal de control es la Inspección Sueca Nuclear, que creo que es como la americana, tiene una parte activa de secretariado y unos inspectores ejecutivos que son ingenieros nucleares y también son especialistas sobre riesgos.

El Comité que toma las decisiones está formado por miembros del Parlamento y otros hombres de leyes y expertos nucleares, aparte de la inspección.

Algunas de estas personas (pero de ninguna manera todas ellas, ni siquiera en su mayoría) son críticas respecto a las centrales nucleares. Esto es, la voz de los expertos críticos puede oírse en estas reuniones, aunque tienen que tener razones muy fuertes para influir en las decisiones.

También tenemos un Instituto de Protección de Radiaciones, que considera todas las radiaciones en Suecia, incluyendo las de uso científico y médico, y que es escuchado por la inspección nuclear y tiene representantes allí.

Sin embargo, el comienzo de nuevas centrales, según les he dicho ya, tiene que estar precedido de una decisión y tienen que cumplirse los reglamentos respecto a los desechos radioactivos.

Esta decisión la toma el Parlamento y es bastante sorprendente que en Suecia existen límites muy estrictos entre las competencias del Parlamento que hace las leyes y los jueces que controlan y deciden cómo se cumplen.

Según mis conocimientos, esta es la única ley donde el Parlamento es también la Corte.

Aranzadi:

Y la sociedad sueca en general ¿Qué vías tiene de información y de participación en este tema?

Dr. Arrhenius:

Las principales vías de información han sido a través de los críticos del Medio ambiente y los periódicos, excepto, por supuesto, la información dada directamente por los propietarios de las centrales nucleares que, de hecho, es en gran parte el Estado. Creo que ésta es una de las razones por las cuales se ha estipulado tan claramente en el nuevo Comité que debemos de tratar de encontrar medios por los cuales cada persona en Suecia pueda seguir e influir las decisiones que a su vez influyen sobre su medio ambiente. En el momento presente consideramos que la situación de la información hacia cada ciudadano en Suecia no es satisfactoria.

Aranzadi:

Evidentemente hay muchas cuestiones a plantear todavía; la contaminación de los ríos, la utilización del agua, la necesidad de una planificación económica coherente desde un punto de vista ecológico; pero, tenemos que terminar. Agradecemos a ustedes su asistencia y al Dr. Arrhenius con un eskerrik asko eta beste bat arte.

Dr. Arrhenius:

No quisiera que ésta sea la última frase. Yo quisiera decir la última frase, porque siento muy fuertemente la necesidad de darles las gracias, aquí en Donostia y especialmente a la Sociedad Aranzadi, por su amabilidad en atenderme mientras he estado aquí, durante mi estancia. También quisiera decir que estoy muy impresionado por la forma en que la Sociedad Aranzadi puede, a pesar de la falta de medios económicos en comparación con los que tenemos en Suecia, llevar a cabo semejantes estudios y tener discusiones positivas sobre problemas muy serios.

Yo quisiera darles las gracias de todo corazón.