



Eugenio Gil López es Doctor en Ciencias Físicas y Diplomado en Ingeniería Nuclear, es jefe del Área de Análisis de Accidentes del Consejo de Seguridad Nuclear. Pertenecer a diversos comités sobre Radioprotección del Euratom y la AEN/OCDE, y ha participado como experto del OIEA en varias ocasiones.

LAS CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE DE CHERNOBIL

E. GIL

La SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA me ha invitado a dar una charla en el Ciclo "Los Jueves Nucleares" sobre las consecuencias del accidente de Chernobil coincidiendo con su 8º aniversario.

Nada más recibir la invitación, tuve claro tres cosas:

- que aceptaría la invitación,
- que agradecía íntimamente, y no solo formalmente, la invitación de la SNE porque se trata de un asunto al que he dedicado muchas horas en los últimos años y porque personalmente me resulta del mayor interés, y
- que haría un esfuerzo especial para orientar la charla hacia una visión personal y subjetiva del accidente y sus consecuencias.

Después de darle muchas vueltas no he encontrado mejor forma de encarar la charla. Por tanto, no voy a abrumar a los asistentes con datos que pueden encontrar en libros tan interesantes como "La verdad sobre Chernobil" de Grigori Medvedev o en informes tan serios y exhaustivos como:

- USSR STATE COMMITTEE ON THE UTILIZATION OF ATOMIC ENERGY The Accident of the Chernobyl NPP and its Consequences, Parts I and II (Information compiled for the IAEA Experts Meeting) Vienna, 25-29 Aug, 1986.
- INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP Summary Report on the Post Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident Safety Series 75-INSAG-1 IAEA, Vienna 1986.
- THE INTERNATIONAL CHERNOBIL PROJECT Technical Report IAEA, Vienna 1991

sino que voy a presentar una visión sobre las consecuencias del accidente de Chernobil construida sobre unas pocas referencias y datos que cuando los he leído en la bibliografía me han parecido escritos con letra negrilla. No voy a ser exhaustivo ni riguroso, sólo voy a hacer referencia a algunos datos e informaciones que son útiles para explicar la idea que me he hecho del Accidente.

INTRODUCCIÓN

Nadie debería trabajar en el sector nuclear sin pensar de cuando en cuando en Chernobil, y no sólo en lo que ocurrió en la madrugada del 26 de abril de 1986 sino también en el cúmulo de circunstancias que se produjeron con anterioridad a esa fecha y que, sin ningún género de dudas, condicionaron lo que ocurrió aquel día. De manera especial, deberíamos tener presente siempre las consecuencias del accidente, que como veremos a lo largo de esta charla no se limitan al entorno técnico y radiológico. Aunque la magnitud de estas, sea la base de todas las demás.

La tecnología nuclear se caracterizó desde sus comienzos por una preocupación general por la calidad de todos sus elementos: humanos, materiales, técnicos, organizativos, etc.. Esta preocupación se hizo explícita en multitud de criterios, normas, prácticas, etc., que por una parte garantizaban razonablemente el nivel de calidad esperado y por otra, generaba entre los técnicos nucleares un regusto elitista que en cierta medida está en la raíz de la fuerte oposición social a la utilización pacífica de la energía nuclear.

Si a uno de nosotros nos preguntasen por el fallo de cualquiera de esos elementos, enseguida responderíamos que existen automatismos, salvaguardias, técnicos, normas, etc, capaces de resolver la situación que pudiera

presentarse y sin ningún género de dudas su respuesta sería sincera.

Fiel reflejo de ese nivel de calidad técnica fue la enorme cantidad de medios que se pusieron en juego tras ocurrir el Accidente de Chernobil. Tal cantidad de recursos, que fueron improvisados en muy poco tiempo, permitieron evaluar el alcance del accidente con rapidez y precisión y pusieron en marcha, con notable eficacia, una serie de contramedidas que paliaron en gran parte las consecuencias del accidente. Baste recordar que se evacuaron decenas de miles de personas en pocas horas, que se pusieron en marcha actuaciones de enorme dificultad técnica, que se realizaron un número ingente de controles radiométricos en personas y áreas, que se aplicaron en pocos días complicados tratamientos médicos en condiciones muy adversas, que el sarcófago que cubre la central accidentada se construyó en pocos meses, etc..

Como fruto de las actuaciones que se llevaron a cabo en condiciones tan difíciles, según las evaluaciones más rigurosas de las consecuencias radiológicas del accidente que se han realizado hasta la fecha, el impacto directo del accidente sobre las personas y el medio ambiente ha sido muy inferior al que habitualmente describen los medios de comunicación.

Sin embargo, según esas mismas evaluaciones ha quedado claro que el Accidente de Chernobil ha abierto

nuevas dimensiones, que nunca habían sido contempladas en los análisis de consecuencias de accidentes; y que en lo sucesivo, cuando hablemos de "las consecuencias de los accidentes nucleares", no podremos limitarnos a hablar de bequerelios, sieverts, términos fuente, costes de la recuperación y toda esa jerga de vocablos que asustan a la gente de la calle.

Lo nuclear ha dejado de circunscribirse al entorno restringido de la gran industria y sus detractores habituales, y ha entrado en la vida cotidiana de la gente. En los meses siguientes al accidente, la gente de a pie se preocupó por sus lechugas, por la leche que bebían sus hijos, por sus embarazos, por sus viajes, etc. y desde entonces la popularización de lo nuclear ha seguido una tendencia imparable. Y todo ello como consecuencia del Accidente de Chernobil.

Parece evidente que el Accidente de Chernobil ha supuesto una cura de humildad para todos los que trabajamos en el mundillo nuclear y hoy día, a pesar de que en más de una ocasión se declaró que "no había lecciones aprendidas en el Accidente de Chernobil", son muchos, muchísimos, los informes justificativos de nuevos proyectos, artículos científicos, normas reguladoras, etc. que empiezan diciendo algo así como: "El accidente ocurrido el día 22 de abril de 1986 en la central ucraniana de Chernobil ha puesto de manifiesto que...". En todos estos casos es fácil leer entre líneas, "para que no vuelva a ocurrir" o "para que si vuelve a ocurrir, nos coja preparados".

En otras palabras, muchos de nosotros tenemos hoy los pies más cerca del suelo, somos menos optimistas y sobre todo pensamos que la energía nuclear no es un santo grial que se nos ha dado para que la mantegamos fuera del alcance del resto de los mortales. Ciertamente, no era esa la actitud que muchos manteníamos antes del día 22 de abril de 1986.

La lección ha sido aprendida y como otra consecuencia más del Accidente de Chernobil, los países que disponen de energía nucleoelectrónica han revisado sus políticas energéticas, sus centrales nucleares, sus planes de emergencia, etc., y las organizaciones internacionales dedicadas a este asunto han replanteado sus programas de trabajo y han propiciado la firma de acuerdos y convenios multilaterales que se basan en una nueva forma de entender la utilización de la energía nuclear.

Así por ejemplo, los Organismos Internacionales y los países más avanzados han dado un nuevo enfoque a la planificación de las emergencias nucleares basándose en las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. La Comisión ha dado un giro copernicano en sus recomendaciones en materia de respuesta a situaciones de emergencia, modifi-

cando incluso las bases sobre las que se sustentaban hasta ahora; extendiendo el concepto de optimización a la planificación de intervenciones e introduciendo el parámetro "dosis evitada" que nunca había utilizado.

Como era de esperar, el Accidente de Chernobil tuvo su mayor incidencia en la antigua Unión Soviética, donde además del impacto radiológico, tuvo unas consecuencias políticas, sociales, económicas, tecnológicas, etc. que lo convirtieron en una piedra de toque de los nuevos rumbos políticos que preconizaba el Presidente M. Gorbachov.

Si en lugar de estar dando una charla, estuviese pronunciando unas palabras iniciales para abrir un debate en una mesa redonda, mi intervención terminaría aquí. Creo que estos pocos párrafos resumen la idea que en estos años me he hecho del Accidente de Chernobil. Ahora sólo me queda comentar unos pocos datos entresacados de la ingente bibliografía que ha generado el Accidente para tratar de explicar el resumen anticipado.

Para facilitar la exposición, me he permitido clasificar de forma poco ortodoxa las consecuencias del Accidente en dos grandes grupos: "directas", entendiendo por tales las que tienen que ver con los efectos de la radiactividad e "indirectas" las que ha producido el Accidente en campos abstractos, no sensibles a la radiactividad.

LAS CONSECUENCIAS INDIRECTAS DEL ACCIDENTE

El Accidente de Chernobil y sus consecuencias directas, probablemente amplificadas ambos por los medios de comunicación, han alcanzado unas repercusiones en otros campos de la actividad humana que lo han convertido en uno de los acontecimientos claves de la historia reciente. Sus repercusiones alcanzan esferas que serían impensables en cualquier otra actividad industrial.

Consecuencias personales

El desarrollo de la energía nuclear en la antigua Unión Soviética se produjo en unas circunstancias sociopolíticas muy concretas. Estas circunstancias eran capaces de inyectar una enorme carga política y burocrática en cualquier actividad industrial, y especialmente en un proyecto tan importante como la construcción y explotación de una central nuclear. Así por ejemplo, cumplir formalmente un objetivo de carácter político impuesto por la organización central de Moscú, podía llegar a ser más importante que demostrar realmente que la instalación funcionaba correctamente y que todos sus sistemas de seguridad estaban operativos.

En la sentencia del juicio que se siguió contra los responsables de la central de Chernobil en el momento del acci-

dente, se recoge textualmente el siguiente párrafo:

"El 31 de diciembre de 1983, a pesar de que aún no se habían realizado las pruebas necesarias en el reactor número 4, Bryukhanov (director de la central) firmó un acta en la que se aceptaba la entrega del complejo del reactor y se certificaba que los trabajos se habían completado. Entre 1982 y 1985 se llevaron a cabo pruebas con el turbogenerador en desaceleración, con la intención de poner a punto el funcionamiento de los sistemas de seguridad. Estas pruebas no tuvieron éxito y fueron incompletas".

Parece claro que la dirección de la central tenía plena confianza en que ésta podría operar aunque algunos de sus sistemas no hubieran superado todas las pruebas previstas. Esa confianza, convenientemente certificada, fué suficiente para que en 1984 las autoridades concedieran el permiso para la explotación comercial de la central.

El 10 de abril de 1984, el Comité Central y el Consejo de Ministros de la Unión Soviética felicitaron a los trabajadores de la central nuclear de Chernobil por haber reducido el periodo de puesta en marcha de la central.

A pesar de esa confianza de los técnicos y de las felicitaciones oficiales, el 25 de abril de 1986 se iba a realizar una prueba para comprobar que la energía residual del generador en desaceleración era adecuada para hacer frente a los primeros instantes después de una pérdida de energía exterior. La prueba se había intentado hacer en otras centrales pero no había sido posible. Chernobil 4 aceptó realizarla porque reunía condiciones de seguridad apropiadas. Todos en la central estaban convencidos de que el reactor soportaría la prueba e incluso no tuvieron reparos en desactivar algunos sistemas de seguridad; con ello se aseguraban que el reactor no tendría una parada automática lo cual hubiera impedido realizar la prueba que debía hacerse aprovechando una parada programada. No habría otra hasta el año siguiente. El objetivo debía cumplirse, aunque algunas condiciones de seguridad no estuviesen del todo claras.

Se podría decir mucho sobre las circunstancias previas al accidente, sobre el diseño poco seguro de la central, sobre la falta de experiencia de algunos de los técnicos de la central, sobre la presión de las autoridades de Moscú, pero en el entorno de esta charla quiero destacar ese sentimiento de satisfacción que sin duda tenían los responsables de Chernobil y que les llevó a operar la central con algunas pruebas importantes pendientes, a aceptar la realización de la prueba a cualquier precio, a anteponer el cumplimiento de objetivos ajenos a la central a sus condiciones de seguridad, a suspender la actuación de sistemas de seguridad y, sobre todo, a realizar la prueba con la confianza absoluta de que no pasaría nada.

Para mi, la primera lección del Accidente de Chernobil ha sido perder la fé absoluta en un entramado tan complejo como una central nuclear y afrontar mi trabajo con más humildad. Reconozco el tono subjetivo de esta "consecuencia" pero tengo la impresión de que tiene un carácter tan general que la convierte para mi en la primera "Consecuencia del Accidente de Chernobil".

Consecuencias políticas

El propio Accidente, entendiendo por tal el cúmulo de circunstancias que desembocaron en la catástrofe ocurrida el día 26 de abril, tuvo consecuencias que van mucho más allá de la destrucción de la central y la contaminación de su entorno, afectando incluso a las bases económicas y políticas de la Unión Soviética.

Es difícil decir algo nuevo sobre el Accidente de Chernobil a estas alturas. Como indiqué al principio, las propias Autoridades Soviéticas se esforzaron en explicar a todo el mundo lo que había ocurrido, sus causas y sus consecuencias inmediatas, y la literatura posterior ha analizado hasta los más pequeños detalles todas las circunstancias del Accidente. No tiene sentido en una charla de estas características, entrar en los detalles técnicos de la secuencia accidental. Pero sí haré algunas consideraciones sobre varias cuestiones, directamente relacionadas con el Accidente, que me han llamado profundamente la atención y de las que, en mi opinión, también se han derivado consecuencias.

El Accidente ha sido analizado por activa y por pasiva y numerosos adivinos del pasado han explicado todo lo explicable e imaginable. Los propios informes oficiales y oficiosos han interpretado el Accidente en claves que han sufrido una sutil evolución. El primer informe oficial, el presentado en Viena en agosto de 1986, cargaba las tintas sobre la actuación de los operadores de la central. En la misma línea se movía el informe elaborado por la propia OIEA.

Por aquellas fechas, en Occidente se pensaba más en las deficiencias de diseño que en la actuación de los operadores. Esta interpretación marcaba claramente la diferencia entre las centrales occidentales y la tecnología RBMK-1000.

Más tarde, cuando Unión Soviética dejaba de serlo, empezaron a aparecer interpretaciones que culpaban del Accidente a una forma de hacer las cosas en la que la responsabilidad se diluye en una trama difusa de comités, subcomités, etc. hasta perderse toda posibilidad de identificar al verdadero responsable de la decisión adoptada. Es obligado recordar a V. Legasov (responsable del equipo que dirigió la respuesta a la situación de emergencia) quien antes de suicidarse, envió

al diario Pravda una carta en la que manifestaba explícitamente esta idea. No me siento capacitado para decir si el Accidente de Chernobil tuvo su raíz en el diseño de la central, en la actuación de los operadores, o en la falta de una línea jerárquica claramente definida y responsabilizada.

Probablemente, las tres circunstancias estaban en el origen del accidente y las tres interpretaciones tienen su componente real y su componente de interés.

Lo que para mi está fuera de toda duda es que el Accidente de Chernobil ha tenido una influencia importantísima en la evolución política sufrida por la Unión Soviética. Recordemos que, contra toda costumbre, el Gobierno Soviético reconoció ante Occidente la existencia del Accidente e inició un cambio significativo en su política informativa en materia nuclear que culminó en la Conferencia Internacional sobre Chernobil celebrada el mes de Agosto de 1986 en la OIEA. La Unión Soviética presentó ante la Comunidad Internacional un informe detallado sobre las causas, evolución y consecuencias iniciales del accidente. Eran los tiempos de "Glasnost" y Chernobil fué una de sus mejores pruebas.

Finalmente, y como prueba de que el Accidente de Chernobil había calado hondo en la política soviética, en 1989 el Gobierno del Presidente M. Gorbachov, solicitó de la OIEA y otros Organismos Internacionales la realización del Proyecto Internacional Chernobil. La petición formulada por las Autoridades Soviéticas al OIEA decía explícitamente:

"...una valoración por expertos internacionales de los conceptos aplicados por la URSS para permitir que la población viva de forma segura en las zonas afectadas por la contaminación del accidente de Chernobil, y una evaluación de la efectividad de las medidas aplicadas en estas zonas para salvaguardar la salud de la población". No era fácil imaginar antes del Accidente de Chernobil que una superpotencia como la Unión Soviética demandase una ayuda internacional en estos términos. De nuevo está claro que las Consecuencias del Accidente de Chernobil van mucho más allá de su alcance técnico y radiológico.

Consecuencias sociales

Cuando el OIEA comenzó a preparar el Proyecto Internacional Chernobil, una de las actividades llevadas a cabo fue visitar las comarcas más afectadas para tomar contacto directo con las gentes que habitaban en ellas. En varias reuniones mantenidas con los paisanos se recopiló una lista de las preguntas formuladas directamente por éstos.

Estas preguntas forman parte de uno de los apéndices del Informe Final del

Proyecto. Ruego a los asistentes que hagan una lectura rápida de ese Apéndice y se pongan en la situación de las personas que formularon las preguntas. Reflejan desconfianza en sus Autoridades directas, en sus médicos, en las estructuras de su país, que teóricamente son sus defensores. En resumen, como Consecuencia del Accidente de Chernobil una parte importante de la población de todo un país ha dejado de creer en él.

Consecuencias tecnológicas

La trascendencia tecnológica del Accidente quizá sea uno de los aspectos menos conocido por las personas que no está directamente implicadas en el desarrollo de la tecnología nuclear. Sin embargo, sus repercusiones se han hecho notar en toda la industria nuclear, tanto occidental como rusa. Veamos a continuación algunas cuestiones que han sufrido un cambio en profundidad, aunque no se haya traducido en decisiones de aplicación tecnológica inmediata.

El Accidente tuvo su mayor importancia, como era lógico, en las centrales de tecnología soviética. Las centrales RBMK han pasado a la historia, y sólo las necesidades energéticas de Rusia, Ucrania, etc. mantienen algunas de ellas en operación. En cuanto al resto de la tecnología nucleoelectrónica rusa, los países occidentales y algunos organismos internacionales (OIEA, NEA, CCE) han puesto en marcha varias líneas de trabajo que tienen por objetivo genérico equiparar las condiciones de seguridad de aquellas centrales a los estándares exigidos en Occidente. Los programas incluyen asistencia a los Organismos Reguladores de los países del Este, revisiones de seguridad de las tecnologías RBMK y VVER, revisiones de seguridad de cada central en particular, etc.

La importancia económica de estos proyectos los sitúan en una de las principales partidas de la ayuda económica que Occidente está prestando a los países del Este Europeo. Lo cual le confiere una importancia comercial y política de primera magnitud. España está participando en varios de estos proyectos, y técnicos y empresas españolas están trabajando en ellos.

Las implicaciones tecnológicas en la industria nuclear de la CEI son, sin duda, una de las principales "Consecuencias del Accidente de Chernobil". Las centrales occidentales y su gente también se han visto influenciadas por el Accidente de Chernobil; es fácil darse cuenta que desde el Accidente:

- Si alguien tenía dudas sobre la necesidad de sistemas automáticos de seguridad, sólo accesibles a los operadores en circunstancias absolutamente excepcionales, con estudios de seguridad específicos y bajo condiciones de

operación completamente favorables, debería repasar las horas previas al Accidente y se convencería de lo contrario.

* La obligación reguladora de que exista un edificio de contención, tan controvertida en los comienzos del desarrollo de la industria nuclear, se ha convertido en el mejor aliado de muchos de los que pensaban que era inútil y contraproducente para los verdaderos objetivos de una central nuclear.

• Los requisitos normativos de que el diseño de la central sea intrínsecamente seguro se han convertido en la estrella de los nuevos conceptos de reactores que se están diseñando.

En resumen, aunque la mayoría de los técnicos tenía claras estas cuestiones, el Accidente de Chernobil ha terminado de convencer a aquellos que pensaban que los requisitos de seguridad eran un impuesto a pagar por la impopularidad del átomo. Y no me extenderé más en este campo salvo para decir que también considero estas cuestiones como "Consecuencias del Accidente de Chernobil"

LAS CONSECUENCIAS DIRECTAS DEL ACCIDENTE

Está claro que las consecuencias radiológicas, sanitarias y económicas del Accidente, son la raíz de todas las demás. Su magnitud, alcance geográfico, importancia humana, valor económico, etc. hacen del Accidente de Chernobil un hito en la historia de la ciencia y la tecnología. Su enorme impacto social ha hecho que cada dos por tres aparezcan informaciones, con un mínimo rigor científico, que las utilizan para satisfacer los intereses más dispares.

El Proyecto Internacional Chernobil, en cuya ejecución participaron varias Organizaciones Internacionales y países, constituye hasta la fecha la aproximación más rigurosa al análisis de las consecuencias del Accidente para la población que vive en las zonas afectadas por la contaminación. Lamentablemente el Proyecto no cubrió el análisis de las

consecuencias del Accidente sobre las personas que participaron en las tareas de recuperación (los liquidadores). La petición de Asistencia Técnica que el Gobierno Soviético presentó a la OIEA no lo contempló.

La mayor parte de la información a que me referiré a continuación proviene del Informe Final del Proyecto.

El término Fuente

De acuerdo con las primeras estimaciones, la secuencia de emisión de material radiactivo (Término Fuente) al exterior es la recogida en la figura que en una primera aproximación tiene una interpretación fisicoquímica relativamente sencilla. Se han realizado numerosas evaluaciones posteriores, con el objetivo de precisar lo más posible la cantidad total de material radiactivo liberada al medio ambiente y mejora el conocimiento sobre su naturaleza fisicoquímica.

Recientemente, la Comisión de las Comunidades Europeas ha puesto en marcha un proyecto que pretende reunir toda la información existente en Europa sobre la contaminación procedente del Accidente de Chernobil. Con esta información se espera valorar el Término Fuente de la forma más realista posible y elaborar el mapa completo de la contaminación generada sobre una base de medidas experimentales. Los estudios mencionados no han modificado sustancialmente el Término Fuente evaluado inicialmente y probablemente el estudio de la CCE tampoco lo hará.

A pesar de la importancia del Término Fuente del Accidente de Chernobil y del enorme esfuerzo internacional dedicado a la investigación en este campo, no es frecuente encontrar referencias que liguem ambos. Probablemente sea debido a la fuerte dependencia del Término Fuente y la tecnología en estudio. En cualquier caso, se ha apreciado en los últimos años un enorme interés por el estudio de los accidentes que producen grave daño al núcleo. No pretendo decir que esto sea una consecuencia del Accidente de Chernobil, pero el aumento del interés por estos temas observado en los últimos

años no deja de ser una extraña coincidencia.

Las actuaciones de respuesta en la central

Son conocidas por todos las actuaciones después del Accidente para reducir la intensidad de las emisiones, entre las que cabe destacar

- El enterramiento del reactor, vertiendo sobre él 5000 tm de material para reducir la

emisión y garantizar la subcriticidad, permitiendo su refrigeración.

• La construcción de un edificio envolvente del reactor ("sarcófago") cuyo fin era confinar las ruinas de la central, optándose por un edificio abierto que permitiese vigilar los fenómenos (térmicos, neutrónicos, mecánicos, radiológicos etc.) que tuviesen lugar en su interior.

Una vez aplicadas estas contramedidas, que se llevaron a cabo en unas circunstancias muy adversas, tuvieron sus consecuencias inmediatas en el control de las emisiones radiactivas. Sin embargo, la rapidez con que se aplicaron condicionó fuertemente su éxito:

• Con la perspectiva actual sabemos que la operación de enterramiento del reactor, que costó alguna de las vidas que ciertamente son achacables al Accidente, presentó problemas durante su ejecución llegando a ser la causa del aumento experimentado por la tasa de emisión a partir del sexto día después del Accidente.

• El sarcófago, que ciertamente se construyó en un tiempo récord, presenta graves problemas de integridad en la actualidad. Las Autoridades Ucranianas están pensando recubrir el sarcófago con un segundo edificio, porque el primero no ofrece las condiciones de seguridad necesarias.

Las condiciones en las que se desarrolló la respuesta al Accidente han puesto de manifiesto que es absolutamente necesario tener unos planes de emergencia que no sólo contemplen la Protección Radiológica de las personas que podrían verse afectadas. A título personal, me permito reconocer el gran esfuerzo que, en este sentido, ha empezado a desarrollar ENRESA en nuestro país, interpretando con un carácter muy amplio, la verdadera respuesta a una situación de emergencia radiológica de gran alcance.

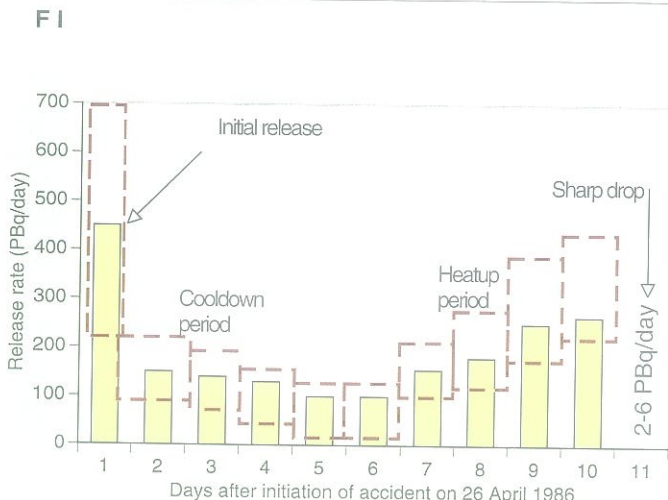
Las consecuencias radiológicas

Las consecuencias radiológicas del Accidente de Chernobil y sus vertientes sanitarias, económicas, ecológicas, etc., han alcanzado tales proporciones que, al margen de las exageraciones aparecidas en los medios de comunicación de todo el mundo, justifican sobradamente todas las consecuencias que hemos identificado hasta ahora.

Los primeros días y las zonas próximas

Los primeros días y las zonas próximas a la central sufrieron los valores más altos de concentración, contaminación y tasas de dosis y requirieron las actuaciones más rápidas y contundentes.

Las primeras contramedidas para la protección de la población se aplicaron a las pocas horas del Accidente, recomendándose la permanencia en las casas mientras se preparaba la evacuación de la ciudad de Pripyat, situada a pocos kilómetros de la central. La evacuación se inició a las 36 ho-



ras del Accidente y afectó a unas 115.000 personas que vivían a menos de 30 kilómetros de la central. En estas zonas existe todavía un nivel de contaminación muy elevado, debido al Cs-137, Sr-90 y Pu-239 principalmente. Las condiciones radiológicas existentes desaconsejan la vida en esta zona por lo que permanece despoblada, aunque algunas de las personas evacuadas han vuelto a sus casas, fuera del control de las Autoridades.

Las principales consecuencias radiológicas del Accidente, relacionadas con su entorno inmediato y vistas con perspectiva de 1994, son sin duda alguna:

- La dosis de radiación recibida por las personas que actuaron en la propia central, que se resume en: 39 personas fallecidas por causa directa de la radiación, unas 300 personas con niveles de dosis de varios sieverts y un número que puede cifrarse en varias decenas de miles de personas con dosis comprendidas entre 0,1 y 1 sievert..

- Las dosis al tiroides recibidas por las personas que vivían en las proximidades de la central y a las que la protección del yodo estable no llegó con suficiente eficacia. Muchas de estas personas eran niños, y hoy sabemos que está aumentando significativamente la incidencia del cáncer de tiroides entre ellos.

La nube que transportaba el material radiactivo que emanó durante diez días desde el reactor dispersó la contaminación preferentemente en dirección noroeste, depositándose la mayor parte en Bielorrusia. La experiencia ha demostrado que las dosis asociadas al paso de la nube, aun siendo importantes, sólo son una pequeña fracción de la dosis integrada a lo largo del tiempo.

En resumen, una comarca de varias decenas de miles de kilómetros cuadrados ha quedado en condiciones no aptas para la vida humana, un número importante de trabajadores vive con recelo debido a que los medios de protección que les facilitaron fueron muy limitados, la población se ha visto obligada a modificar su vida íntegramente, muchos niños están sufriendo, a sus pocos años, ciertas enfermedades que en otras condiciones ni conocerían.

El largo plazo

La dispersión de material radiactivo obedeció leyes físicas que eran bien conocidas antes del Accidente y desde los primeros momentos se hicieron estimaciones muy realistas que sólo tenían las incertidumbres propias de los fenómenos meteorológicos e hidrológicos. Las evaluaciones posteriores han permitido corroborar con cierto éxito la validez de los modelos de estimación de la dispersión.

La dispersión alcanzó a todo el hemisferio norte en cantidades apreciables, pero fue en Bielorrusia, Ucrania y Rusia donde los niveles de contaminación alcanzaron mayores proporciones. A título indicativo, recordemos algunos datos que permiten hacerse una idea clara de la situación.

115.000 personas fueron evacuadas y existe la posibilidad de que se relocalicen otras 200.000 en el futuro dependiendo de los

critérios que se apliquen en la toma de decisiones, 13 distritos importantes han sido afectados seriamente por la contaminación, actualmente cerca de 275.000 personas viven en la "Zona bajo Control Estricto" en la que se llevan a cabo controles continuos de contaminación.

El país más afectado por la contaminación ha sido Bielorrusia. Cerca de 38.000 kilómetros cuadrados (Suiza tiene 41.300 kilómetros cuadrados) han quedado seriamente contaminados, esto representa el 18% de su territorio, en proporciones menores pero en un orden de magnitud similar puede hablarse de la contaminación en Rusia y Ucrania.

En este momento es necesario reflexionar lo que esto significa al margen de las implicaciones puramente radiológicas de la situación. Pensando en términos más próximos, un país como Suiza estaría completamente contaminado, no es fácil imaginar lo que esto puede significar. Con estos números se comprende más fácilmente que las Consecuencias del Accidente de Chernobil no son sólo radiológicas.

El Accidente ha puesto de manifiesto que queda mucho terreno por andar hasta tener un conocimiento detallado del comportamiento de los materiales radiactivos en la biosfera, y ha sido el punto de arranque de numerosos proyectos de investigación que tienen por objeto mejorar el conocimiento científico del comportamiento de los radionucleidos en los ecosistemas y de las circunstancias específicas que los condicionan. La región de Chernobil se ha

TABLA II
Población de Bielorrusia que vive en la zona contaminada

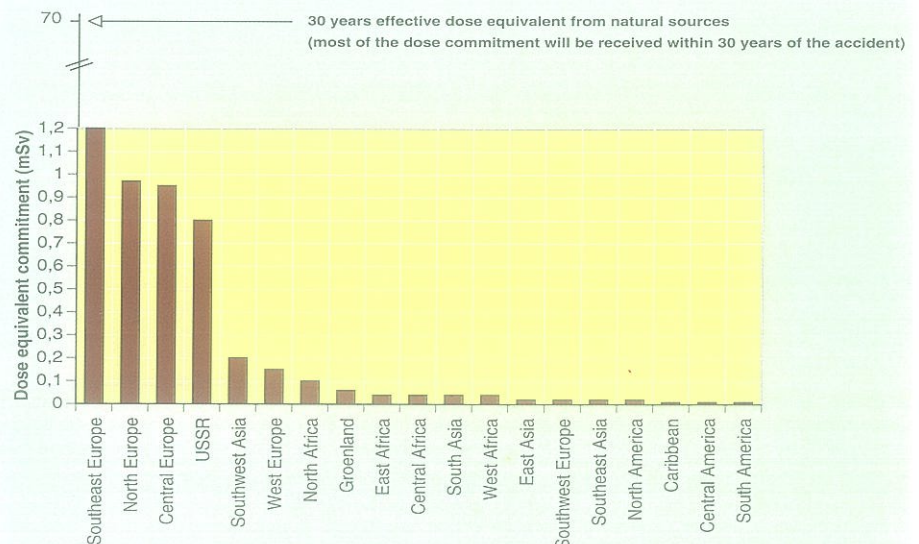
Contaminación del suelo (principalmente por Cs-137) Ci / km ²	Población afectada	Ciudades - pueblos
<1	2.100.000	27 - 2.666
de 1 a 5	1.734.000	14 - 1.352
de 5 a 15	267.000	5 - 295
>15	105.000	5 - 295
>40	9.400	0 - 70

convertido en un gran laboratorio de Radioecología y Protección Radiológica Ambiental que sin duda aportará un avance significativo de estas Ciencias. También en este campo han existido Consecuencias del Accidente de Chernobil.

A pesar de estas cifras tan impresionantes sobre la dispersión de la contaminación, el capítulo de dosis individuales recibidas por los habitantes de las zonas contaminadas, que no han sido evacuadas, no alcanza niveles que puedan considerarse especialmente alarmantes. La figura muestra la distribución de dosis individuales medias por países.

La evaluación de la situación radiológica que proporcionó el Proyecto Internacional Chernobil ha dejado bien claro que las dosis que recibirán los habitantes de las zonas estudiadas se mueven en el entorno de los efectos estocásticos. En este contexto todo lo que se diga tiene carácter probabilista y está sometido a un fuerte grado de incertidumbre y sólo un análisis extremadamente riguroso puede extraer conclusiones aceptables. Por esta razón, remito a los asistentes interesados en el tema al Informe Final del Proyecto y les invito a poner en

F II - Regional average dose equivalent commitments due to the Chernobyl accident.
[Source: UNSCEAR (2)]



cuarentena cuantas informaciones les lleguen, que no vayan unidas a una mínima explicación de la metodología que se utilizó para obtenerlas.

Una de las cuestiones relacionadas con el Accidente, cuyos detalles son poco accesibles al gran público, que ha tenido una trascendencia fundamental en muchas de las consecuencias analizadas ha sido la extraña evolución de los criterios seguidos para la aplicación de contramedidas. Se han aplicado diferentes Niveles de Intervención por circunstancias completamente ajenas a la situación radiológica. Estos cambios de criterio han tenido un efecto muy nocivo en la credibilidad de las Autoridades. El Proyecto Internacional Chernobyl ha realizado un análisis muy detallado de esta cuestión y sus conclusiones y la experiencia ganada ha condicionado fuertemente las nuevas tendencias internacionales en esta materia.

Después del Accidente las herramientas que se utilizan para estudiar las consecuencias de un accidente nuclear han sufrido una evolución espectacular. Organizaciones nacionales e internacionales han desarrollado metodologías de gran alcance, capaces de analizar todas las consecuencias directas esperables, entrando en detalles impensables hace unos años. Estas metodologías están siendo objeto, hoy mismo, de una aplicación masiva en todos los países que tienen centrales nucleares propias o vecinas.

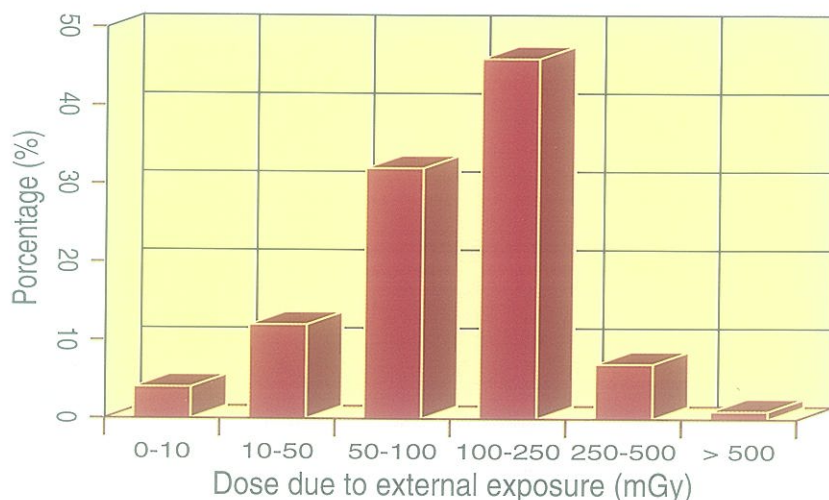
EPÍLOGO

Como dije al principio, cuando acepté dar esta charla me propuse presentar una visión subjetiva de las Consecuencias

Cánceres de tiroides detectados en niños de Bielorrusia

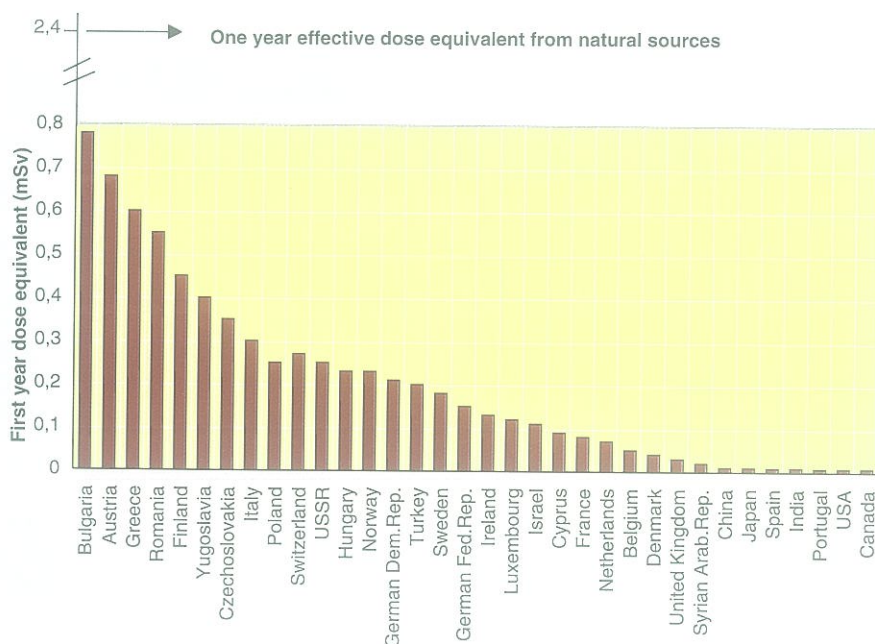
Año	Nº de cánceres
1986	2
1987	4
1988	5
1989	6
1990	29
1991	55
1992	67
1993	58 (hasta septiembre)

del Accidente de Chernobyl. Por esta razón no pretendo concluir nada, pero sí voy a insistir una vez más en que han alcanzado esferas de la vida personal, social, política, económica, etc. que obligan a los técnicos nucleares a elaborar su trabajo teniendo siempre presente. De natural soy optimista, y no quisiera cerrar esta charla con el tono ciertamente pesimista que ha tenido; por ello os invito a que no sean en vano las



F IV - Distribution of doses due to external exposure for emergency response workers.

F III - Country first year committed dose equivalent commitments due to the Chernobyl accident. [Source : UNSCEAR(2)]



Consecuencias del Accidente de Chernobyl y a que teniéndolas presentes, enfrentemos nuestro trabajo con el rigor suficiente para que no vuelva a ocurrir nada semejante. Muchas gracias.

REFERENCIAS

USSR STATE COMMITTEE ON THE UTILIZATION OF ATOMIC ENERGY.

The Accident of the Chernobyl NPP and its Consequences. Parts I and II (Information compiled for the IAEA Experts Meeting) Viena 25-29 Aug, 1986.

INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP

Summary Report on the Post Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident Safety Series 75-INSAG-1 IAEA, Viena 1986.

THE INTERNATIONAL CHERNOBIL PROJECT

Technical Report IAEA, Viena 1991.