
Análisis de los Efectos del Accidente de TMI Sobre la Salud del Público a Casi un Cuarto de Siglo

Carlos Arredondo Sánchez *
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
Carretera México-Toluca Km. 36.5
Ocoyoacac, Estado de México 52045, México
cas@nuclear.inin.mx

Resumen

Después de casi un cuarto de siglo del accidente ocurrido en la planta nuclear de la Isla de las Tres Millas (TMI), continúan publicándose estudios que analizan los efectos en la salud de la población que vivía en los alrededores de la planta. En este trabajo se hace una revisión de los estudios más relevantes realizados a la fecha, considerando con cierto detalle las suposiciones hechas, los métodos utilizados y los resultados obtenidos. Dado que algunos estudios contradicen las suposiciones, métodos y resultados de los otros, pretendemos hacer una evaluación imparcial y objetiva de todos los análisis para obtener conclusiones coherentes y sin sesgo. Se revisaron los conceptos subyacentes a los estudios epidemiológicos, haciendo énfasis en aquellos que pueden introducir algún sesgo. También se revisaron los modelos que existen sobre el efecto en la salud de la población de dosis bajas. Se revisó también la correspondencia publicada en la literatura científica entre los diferentes autores, analizando los diferentes argumentos, para decidir cuáles son los de mayor validez. Un factor muy importante en este momento es que ha transcurrido un lapso suficientemente adecuado como para pensar que la probabilidad de cambios en las tendencias de cánceres observados cambie. En nuestro análisis se procuró tomar en cuenta que las suposiciones y metodologías empleadas en los estudios fueran respaldadas por aquellos hechos que pueden ser comprobados por los registros existentes a la fecha y no por anécdotas o ideas preconcebidas. Por último se presentan las conclusiones de este trabajo de revisión y análisis.

1. INTRODUCCIÓN

El 28 de marzo de 2004 es el 25 aniversario del accidente ocurrido en la central nuclear de la Isla de Tres Millas (TMI) acaecido en el año de 1979. Por sus consecuencias fue clasificado como nivel 5 en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El accidente fue clasificado con este nivel porque generó daño importante a la instalación nuclear incluyendo una fracción importante del núcleo y liberó una gran cantidad de material radiactivo en la instalación.

* También en el Instituto Politécnico Nacional, ESFM.

En los diarios siguen apareciendo las noticias de TMI, el 28 de marzo del 2003 aparecieron las dos noticias siguientes: Investigadores involucrados en dos proyectos históricos separados, uno en el Colegio Dickinson y el otro en la Universidad George Mason en Virginia, están preguntando a la gente en el área por sus historias del accidente, ambos colegios se enfocan en experiencias individuales para obtener una imagen completa del accidente que impactó a la comunidad en 1979. Los estudios se valen de medios como un sitio web y serán publicados a finales del 2004. Los abogados de los 1990 demandantes quienes claman que su salud fue dañada por el accidente de TMI dijeron que su acción legal terminó. Este mes la Third US Circuit Court of Appeals rehusó una audiencia para apelar una decisión de la corte-baja concediendo rápida dimisión de las demandas contra el propietario legal de TMI, la General Public Utilities Corp. y sus defensores.

Por otra parte, durante el tiempo transcurrido desde que ocurrió el accidente a la fecha, se han levantado muchas voces tanto de miembros de la sociedad como de algunos científicos, señalando que el efecto de TMI sobre la salud de la población fue mucho mayor que lo que dijo la Comisión del Presidente que lo investigó inmediatamente después de ocurrido.

El objetivo del presente trabajo es revisar los análisis más relevantes que se han publicado durante este cuarto de siglo, sobre los efectos del accidente en la salud de la población, para determinar la relevancia de los mismos, con el propósito de obtener conclusiones coherentes. Esto último es posible dado que el lapso de 25 años, a cumplirse el próximo año, es suficiente para que se manifieste el desarrollo de los posibles cánceres imputados a la liberación radiactiva de gases ocurrida durante los 10 días que duró el accidente.

Se revisan aquí, los diferentes análisis efectuados después del accidente así como los estudios epidemiológicos más recientes, considerando las suposiciones hechas en cada uno, los métodos utilizados y los resultados presentados, así como la correspondencia cruzada entre los diversos autores. Los resultados obtenidos indican que no hay evidencia determinante para considerar un incremento notable en los valores de mortalidad por cánceres debidos a las liberaciones radiactivas asociadas con el accidente de TMI.

2. REVISIÓN DE LOS ANÁLISIS PUBLICADOS

En la revisión realizada se incluyeron varios de los estudios realizados desde el momento mismo del accidente hasta el año 2003. Para cada uno, se analizaron las suposiciones hechas y los métodos utilizados, presentando una breve descripción de los mismos, aún cuando no en todos los casos se dispuso de toda la información requerida. Los estudios revisados son los siguientes:

2.1 Informe Kemeny [1] o de la Comisión del Presidente:

Del análisis efectuado para el Reporte de la Comisión del Presidente sobre el accidente de TMI, podemos señalar varios aspectos muy importantes mencionados en este reporte:

El reporte muestra que en una proyección derivada para el número total de cánceres inducidos por radiación entre la población afectada por el accidente de TMI se obtuvo el valor 0.7. Este número es una estimación de un promedio. En el caso de TMI significa que de cada uno de los 2 millones de individuos viviendo dentro de 50 millas tiene una probabilidad adicional mínima de morir por cáncer y cuando todas estas probabilidades mínimas se suman se obtiene dicho factor de 0.7. La distribución de Poisson correspondiente nos dice que hay un 50 por ciento de probabilidad de que no haya muertes adicionales por cáncer, un 35 por ciento de que un individuo muera de cáncer, un 12 por ciento de que dos personas mueran de cáncer y es prácticamente cierto que no habrá cinco personas que mueran de cáncer.

Los autores indican que pueden ser calculadas probabilidades similares para sus diferentes estimaciones. Todas ellas tienen en común lo siguiente: es altamente posible que no resulte una sola muerte extra por cáncer. Y para todas sus estimaciones, es prácticamente cierto que el número de muertes adicionales por cáncer será menor de 10. Considerando que el cáncer causado por radiación nuclear es similar al producido por cualquier otro agente, la incidencia de cáncer adicional por el accidente debe ser determinada estadísticamente. Se sabe por métodos estadísticos que de la población analizada, eventualmente 325,000 personas morirán de cáncer por todas las causas ajenas al accidente. Ellos consideran que no hay un método estadístico concebible por el cual menos de 10 muertes adicionales por cáncer puedan ser detectadas.

Por lo tanto se dice que el accidente no podría causar alguna muerte adicional por cáncer, o en dado caso serían tan pocas que no podrían ser detectadas. Considerando lo anterior, los autores de dicho informe estiman que el efecto más serio del accidente sobre la salud fue un severo *stress* mental, que duró poco tiempo, el cual se produjo por todos los eventos que se suscitaron durante el accidente. Entre los más relevantes se puede mencionar la especulación sobre la posible explosión de una burbuja de hidrógeno dentro de la vasija del reactor, además de la evacuación de la población, principalmente de mujeres embarazadas y niños. Los mayores efectos causados por la angustia fueron encontrados entre aquellas personas que vivían dentro de un radio 5 millas de TMI y en familias con niños en edad preescolar.

La liberación total de radiactividad al ambiente desde el 28 de marzo hasta el 27 de abril fue de 15 curies de yodo y de 2.4 millones de curies de gases nobles (kriptón y xenón). No se detectó el escape de cantidades detectables de cesio y estroncio radiactivos de vida larga hacia el ambiente. La mayor cantidad de radiactividad fue liberada la mañana del 30 de marzo y fue causada por el venteo planeado y controlado del tanque de almacenamiento de agua hacia el cabezal de venteo, se sabía que el cabezal tenía una fuga.

Se calculó el incremento en la dosis global a la población en un radio de 50 millas debido al accidente (2,000 personas-rem), la cual fue menor que el uno por ciento del nivel de fondo anual (240,000 personas-rems). Y la dosis promedio a una persona viviendo dentro de 5 millas de la planta nuclear fue calculada en diez por ciento de la radiación de fondo anual (360 mrem) o probablemente menor.

Por último, la dosis máxima estimada recibida por algún individuo de la población en general ubicado fuera del sitio durante el accidente fue de unos 70 milirems. Por lo que se concluye que no habrá cánceres, ni desarrollo de anormalidades, o daños genéticos detectables.

El informe termina señalando que no se conocen los efectos que producen los niveles bajos de radiación (pocos rems o menos) sobre la salud de la población. También se señala que hubo deficiencias en la instrumentación para medir la liberación de radiactividad, particularmente durante los estados tempranos del accidente. Sin embargo, estas deficiencias no afectaron la capacidad de la Comisión del Presidente para estimar las dosis de radiación o los efectos en la salud resultantes del accidente.

2.2 Otros análisis con lapsos pequeños después del accidente [2].

El Nuclear Energy Institute reporta la existencia de una serie de estudios efectuados en los años 1981, 1982 (dos), 1985, 1988, 1989, 1991 y 1998. Dadas las fechas en que fueron elaborados, los periodos de seguimiento son pequeños y preferimos concentrarnos en estudios posteriores

2.3 Análisis de Hatch et al. [3] de la Universidad de Columbia (1991).

Este estudio surge debido a que el público no aceptó la conclusión de la Comisión Presidencial (1979), en relación a que la máxima dosis externa recibida por una persona de la población fue menor que los niveles de fondo (3.6 mS), o sea 1 mSv, y que no eran detectables efectos sobre la salud. En 1981 se creó el Fondo de Salud Pública de TMI (TMIPHF) por una orden de la Corte, el cual financió investigaciones para estimar las dosis a la población dentro de un área de 10 millas y recopiló información sobre la incidencia de cánceres de cerca de 160,000 residentes entre los años 1975 a 1985. Los principales efectos considerados fueron cánceres como la leucemia y malformaciones en niños. El estudio, publicado en 1990, concluyó: "En general, el patrón de resultados no proporciona evidencia para convencer que la radiación liberada de TMI influyó al riesgo de cáncer durante el limitado periodo de seguimiento.

La investigación se llevó a cabo en la Universidad de Columbia, dirigida por Hatch et al. en 1991, en ese tiempo había dudas respecto a los efectos por la exposición, lo cual se entendía dadas las estimaciones oficiales de las liberaciones de dosis bajas de radiación en TMI y el corto periodo durante el que se monitoreó la incidencia de

cánceres (10 años). No obstante, ellos pensaron en la posibilidad de que las liberaciones no medidas pudiesen haber sido más grandes que las estimadas y por lo tanto haber producido niveles de exposición a la radiación mayores que los niveles de fondo. Sin embargo, esto último fue descartado considerando los datos disponibles de dosímetros termoluminiscentes que fueron proporcionados a los investigadores.

Los resultados de los dosímetros fueron determinantes para pensar que las dosis fueron bastante bajas. La conclusión global de Hatch et al. fue: “Los patrones de resultados no proporcionan evidencia convincente de que la radiación liberada del accidente de TMI tenga influencia en el riesgo de incidencia de cáncer durante el periodo limitado de seguimiento”.

Es evidente que un factor muy importante que influyó sobre las conclusiones de Hatch et al., fue que la información accesible al realizar el estudio, solamente incluía los datos de incidencia de cánceres durante un periodo de monitoreo corto (10 años), es por ello que recomiendan específicamente continuar el seguimiento del estudio sobre la población de TMI.

2.4 Análisis de Wing et al. [4] de la Universidad de North Carolina (1997).

Wing et al. (1997) hicieron un análisis descalificando el de Hatch et al.(1991). Es notable la mención que hacen Wing et al. de un estudio citogenético efectuado por investigadores rusos entre los años de 1994-1995 a 29 personas que vivían cerca de TMI y que reportaron eritema, vómito, diarrea y otros síntomas durante el accidente.

Para calibrar la estimación de dosis a estos residentes de TMI se utilizaron principalmente datos obtenidos del personal involucrado en la sepultura del núcleo fundido del reactor en Chernobyl, comparando cambios temporales en la proporción de aberraciones cromosómicas inestables (dicéntricos) con relación a las aberraciones estables (traslocaciones determinadas por el método de hibridación fluorescente *in situ*). Los resultados de este estudio indicaron dosis estimadas de 600 a 900 mGy.

Talbott et al. argumentan que las muestras del estudio anteriormente mencionado, fueron obtenidas de individuos vecinos a TMI predominantemente viejos y tomadas después de 15 años del accidente, además de que no se consideró un grupo de control local y no se tomaron en cuenta otros factores de confusión, como consumo de tabaco, exposición ocupacional u otros, durante ese periodo de 15 años. Concluyendo así, que en el estudio citogenético mencionado no se pueden distinguir las causas y los efectos espúreos [9].

Wing et al. también recomiendan seguir vigilando la aparición de cánceres y otros posibles efectos sobre la salud de la población de TMI, señalan que el periodo de aparición de un cáncer puede ser tan largo después de la exposición a la radiación que los estudios de la incidencia de cáncer en el área deben ser continuados hasta

después de 1985. El TMIPHF contrató a la Universidad de Pittsburg para llevar a cabo este seguimiento.

Wing et al. afirman que la suposición de Hatch et al. en el sentido que las dosis fueron demasiado bajas para producir efectos observables, está soportada por mediciones de radiactividad en aire, suelo, animales y comida. Pero que también es resultado de las condiciones bajo las cuáles las dosis para los estudios de incidencia de cánceres fueron estimadas y acusan a la investigación de haberse llevado a cabo bajo una orden de la corte que impedía considerar dosis altas. Aún cuando señalan que los modelos para las predicciones dosimétricas utilizados en el estudio de Hatch et al. son consistentes con las lecturas de los dosímetros termoluminiscentes colocados fuera de la frontera de la planta, aseveran que fueron colocados días después del inicio del accidente y con grandes espacios angulares entre ellos. Señalan también que desde el principio del accidente estaban inoperables instrumentos importantes

La suposición de Wing et al. es que las dosis de radiación fueron altas.

2.5 Talbott et al. [5] de la Universidad de Pittsburg primera parte (2000).

En el 2000, investigadores de la Universidad de Pittsburg, publicaron su trabajo del análisis de los datos coleccionados por el departamento de Salud de Pennsylvania en entrevistas efectuadas durante dos meses después del accidente, dándole seguimiento por un periodo de 13 años, desde 1979 a 1992.

La información colectada para 32,135 individuos incluyó: educación, ocupación, tabaquismo, historia residencial, historia médica, exposiciones previas a la radiación y viajes diarios hacia dentro y fuera de la zona durante los 10 días que siguieron al accidente. Al analizar la información utilizaron cálculos estándar como lo son un modelo estadístico y razones de mortalidad estándar i.e. comparaciones directas del número de muertes observadas con el número esperado de muertes de la población en general.

Los indicadores de mortalidad examinados en el estudio incluyeron todas las enfermedades del corazón y los tipos de cánceres que son inducidos por exposición a la radiación en diferentes tejidos como: bronquios, traquea, pulmón, pecho (sólo en mujeres), tejidos linfático y hematopoyético (órganos formadores de la sangre). También fue considerado el cáncer de tiroides, pero no fueron reportadas muertes por el mismo durante el periodo de estudio.

Los resultados iniciales indican una mortalidad significativamente más alta para todas las causas entre la población de TMI comparada con los residentes de los tres condados vecinos. La mayor contribución a la mortalidad fue por las enfermedades del corazón. Sin embargo, después de considerar otros factores que pueden influir sobre dichas enfermedades como el consumo de tabaco y el nivel de educación, el aumento en la mortalidad no puede ser atribuido únicamente a la radiación liberada. El Dr.

Talboot comentó: “Los efectos del tabaquismo y del nivel de educación sobre las incidencias de enfermedades del corazón son bien conocidos”.

Otro comentario importante fue: “Dado que el periodo de latencia de muchos de los cánceres es de 20 o más años, un seguimiento continuo de los residentes de TMI proporcionará una idea más clara de su mortalidad, así como de su morbilidad, para varios cánceres”. De hecho este mismo equipo siguió investigando los datos colectados hasta llegar al año 1999.

Los investigadores del estudio, durante un lapso de 13 años, no encontraron evidencia consistente que sugiera una relación entre las bajas dosis liberadas durante el accidente de TMI que tengan un impacto mensurable sobre la mortalidad de aquellos viviendo en el área por 13 años después del evento.

Debemos comentar que el trabajo de Talboot et al. fue criticado fuertemente por Wing y varios de sus colaboradores, indicando sobre todo que los investigadores de Pittsburg descartaron *a priori* la posibilidad de que algunas personas recibieran una exposición a la radiación sustancialmente mayor que el fondo debida al accidente, suponiendo en cambio que la dosis de radiación máxima posible por el accidente estuvo por abajo del promedio anual de los niveles de radiación de fondo.

A lo anterior, Talboot contesta señalando que estuvieron conscientes de la posibilidad de error en el nivel de la exposición. De modo que podría haber sido razonable considerar un caso grave de exposición como escenario, sí en verdad se observaban incrementos en mortalidad por cáncer o morbilidad (proporción de enfermos) en la población. Sin embargo establece que con los datos hasta esa fecha (1979-1992), no se notaron incrementos que pudiesen ser referidos a situaciones de exposiciones a dosis de radiación mayores que las sugeridas previamente.

2.6 Talbott et al. [6] de la Universidad de Pittsburg segunda parte (2003).

En marzo de 2003 se publicó el estudio del seguimiento por 20 años de los datos de mortalidad de los residentes dentro de un radio de 5 millas de TMI y se encontró que no hay un aumento global significativo de muertes por cáncer.

Las conclusiones señalan que: “De los datos investigados, cubriendo el periodo normal de latencia de la mayoría de los cánceres, se confirma que la radiactividad liberada durante el accidente de TMI no parece haber causado un incremento global en muertes por cáncer entre los residentes del área para el periodo de seguimiento de 1979 a 1998”.

Sin embargo, hay un ligero aumento en el riesgo de cánceres linfáticos y hematopéyicos (formadores de la sangre) entre hombres, los cuales podrían estar relacionados con la exposición a la radiación del accidente. También hay aumento en el riesgo de mortalidad por este tipo de cánceres en las mujeres, relacionado con la

exposición a la radiación de fondo. Lo anterior implica continuar por algún tiempo la investigación.

Como ya se dijo se dio seguimiento a datos coleccionados por el Departamento de Salud de Pennsylvania en entrevistas con 32,135 residentes de TMI durante dos meses después del accidente.

3. ANÁLISIS: FACTORES, MODELOS Y RESULTADOS

Por qué motivo los análisis epidemiológicos de dos grupos de investigadores con los mismos datos esencialmente dan como resultado diferentes significados, es un acertijo que probablemente permanecerá con nosotros por tanto tiempo como la subjetividad juegue un papel importante en la epidemiología. Lo mejor que se puede hacer es establecer con claridad todas las suposiciones hechas y las razones señaladas para establecer las conclusiones alcanzadas.

Sin embargo, es evidente que hay suposiciones que están influyendo directamente en la manera de aplicar los métodos estadísticos y de análisis de los investigadores, y que los están llevando a obtener resultados sesgados, entre ellos mencionaremos dos: el factor causalidad y la creencia en un modelo para el efecto en la salud de dosis de radiación bajas.

3.1 El factor causalidad

Los epidemiólogos enfatizan el hecho de que las correlaciones estadísticas no prueban la causalidad. Ellos han acuñado la frase “falacia ecológica” para indicar casos en donde se ha llegado a la conclusión de que A causó B. Así que, si hay un mecanismo teórico admisible por el cual el factor A podría causar el factor B, entonces su correlación es mucho más plausible que una con algún factor C, para el cual no hay una conexión causal obvia hacia B.

Por otro lado, las correlaciones estadísticas siempre han sido utilizadas para ayudar en la identificación de factores causales potenciales. La investigación de correlaciones estadísticas no significa reemplazar los estudios de causalidad, sino más bien proporciona pistas o indicios a los cuales mirar.

Por ejemplo si se encuentre un brote de enfermedad en una comunidad local, el epidemiólogo observará muchos factores tratando de identificar cuáles se correlacionan con la enfermedad. Si queda claro que la mayoría de la gente enferma (factor B) comió en el restaurante Jami's (factor A) la última semana, en una primera etapa sería razonable examinar el restaurante buscando un factor causal. Los estudios sobre la limpieza, empaques, etc. podrían probar finalmente que algún factor en Jami's causó el brote.

Sin embargo, también se observó la existencia de una correlación estadística entre todos los que usaron ropa roja (factor C) y que se enfermaron. El epidemiólogo sensible, al enfrentar estos dos factores, A (comer en Jami's), C (vestir ropa roja), indudablemente pondrá sus recursos en la investigación del factor A. El sentido común sugiere que comer en un restaurante es un candidato muchos más admisible como causa de enfermedad que el vestir ropas rojas. Pero, un epidemiólogo curioso podría indagar también la posibilidad de que la ropa roja que vistió la gente tuviera un colorante rojo con un químico dañino.

Los epidemiólogos buscan fluctuaciones en la mortalidad que excedan los límites de variación por casualidad, así que determinan la "improbabilidad" de la diferencia entre la mortalidad observada y la esperada. Una diferencia demasiado grande que sea improbable que resulte de la casualidad significa que el incremento de la mortalidad observada o en exceso es "significativo".

3.2 Modelos de los efectos en la salud de dosis bajas.

Para el caso de dosis bajas por exposición a la radiación hay tres modelos.

El modelo lineal sin umbral (LNT), es el utilizado actualmente para protección radiológica, supone que debido a que no hay datos directos de los efectos de la salud para exposiciones a la radiación a dosis pequeñas, las conclusiones deben ser hechas sobre la base de la información que se tiene a dosis altas de radiación particularmente para el cáncer. Dado que no hay información precisa a bajas dosis hay considerable incertidumbre respecto al riesgo a estos niveles.

El modelo de umbral establece que conforme la exposición a la radiación decrece hay un punto donde ya no hay un efecto observable, lo cual lleva a la proposición de que por debajo de ese valor se puede suponer que la exposición es segura, en otras palabras existe un umbral de exposición segura. La evidencia para el modelo del umbral proviene de estudios que indican una respuesta adaptativa de las células expuestas a pequeñas cantidades de radiación. En el Departamento de Biología del ININ se ha estudiado dicha respuesta en leucocitos de ratón *in vivo* y se ha observado que las células tratadas con dosis bajas (de adaptación) sufren menos daño por la exposición a dosis altas (de reto). Se ha sugerido que dicho efecto puede ser causado por la inducción de algún proceso que protege al ADN de la producción de daño, por ejemplo la síntesis de sustancias que capturan radicales libres [7]. Sin embargo, la evidencia proveniente de la biología celular en humanos para soportar esta conclusión no está todavía disponible y parece depender de muchos factores como edad, sexo, fondo genético, tipo de célula y tiempo de exposición a la radiación. Este modelo no se utiliza a la fecha.

El modelo de hormesis básicamente afirma que dosis bastante pequeñas pueden resultar benéficas, la medicina homeopática utiliza este principio. Los investigadores han encontrado que dosis pequeñas de radiación estimulan las células en varios

organismos tales como las plantas y los insectos, así como de polluelo y de embriones de salmón. Algunos científicos argumentan que la estimulación de las células es benéfica y que puede producir efectos positivos a la salud. Sin embargo el significado e interpretación de efectos potenciales de hormesis son frecuentemente inciertos. Los estudios epidemiológicos de las poblaciones humanas se confunden por factores diferentes a la exposición a la radiación que pueden influir en la tasa de cánceres, tales como el estilo de vida, dietas, tabaquismo, predisposiciones genéticas y otras fuentes que pueden causar cáncer. La falta de una relación clara causa-efecto entre dosis muy bajas de exposición a la radiación y los daños a la salud no puede ser probada hasta ahora. Sin embargo hay programas de investigación al respecto como el del Departamento de Energía de los US, del que se espera para la próxima década habrá resultados. [8]

Debe mencionarse que también hay quienes proponen modelos en los que bajas dosis de radiación causan efectos mayores a la salud que lo propuesto por el modelo LNT. No existen a la fecha datos concluyentes que apoyen estas hipótesis. Por ejemplo, Mangano maneja los datos utilizados por Hatch y Wing y en lugar de la suposición de la existencia de dosis altas de radiación de Wing, el propone correlaciones que implican la existencia de efectos graves en la salud por dosis muy bajas. Así supone la existencia de un modelo supralineal o logarítmico, asegurando que tiene bases teóricas y en observaciones. [9]

3.3 Resultados de nuestro análisis

Es evidente que las conclusiones de Wing et al. son totalmente opuestas a las de Talboot et al. y de Hatch et al., en nuestro análisis intentamos determinar las causas que originan tales diferencias.

Como puede observarse Wing et al. acusan a los investigadores de Pittsburg de eliminar a priori una causa posible, mientras que ellos por otro lado establecen que dicha causa es definitivamente posible. Con lo cual aparentemente caen en la “falacia ecológica”. En nuestra opinión, Wing et al. han tomado como premisa la existencia de dosis altas durante el accidente, a pesar de la evidencia en contra obtenida de los datos de dosímetros termoluminiscentes y de los proporcionados por la Kodak.

Talboot et al. mencionan el hecho de que en un esfuerzo independiente la Eastman Kodak colectó y analizó películas de alta velocidad localizadas en el área durante las liberaciones de TMI. Considerando que se requieren 5 mrem para velar una película y ninguna se veló en forma inusual, se reportó que las películas no mostraron haber recibido una exposición por arriba de esa cantidad.

Lo mismo ocurre con la crítica de Wing et al. al estudio de Hatch. Wing menciona el hecho de que: “Aunque nuestra evaluación de la incidencia de cáncer alrededor de TMI fue basada enteramente en los mismos datos colectados por Susser (colaborador de Hatch) y sus colegas, nuestra lógica interna, incluyendo hipótesis operacionales y

estrategias analíticas, fue influenciada por nuestra interpretación a la que Susser se refiere como "obligación pública".

Las estrategias de análisis mencionadas por Wing, implican la estandarización de la población concerniente para desechar la influencia de peculiaridades como el sexo, la raza y diferentes hábitos, en este proceso también se pueden introducir errores o sesgos.

La situación mencionada en los párrafos anteriores nos lleva a considerar que efectivamente las exposiciones a la población, debidas al accidente de TMI fueron bajas.

4. CONCLUSIONES

Los estudios de TMI que concluyen la existencia de daños graves a la salud de la población incluyen un cierto sesgo debido a la suposición de causas e.g. existencia de dosis altas durante el accidente, que a la fecha podrían tener soporte en algunos estudios u observaciones pero que no han sido demostradas.

Creemos que los estudios epidemiológicos que se basan en la existencia de dosis bajas debidas al accidente de TMI y en el modelo LNT, son los más aceptables pues introducen el menor sesgo, los resultados reportados por la Kodak respaldan esta afirmación.

El modelo que a la fecha tiene más soporte general es el LNT. Suponiendo otro modelo las correlaciones se malinterpretan. Durante los próximos años serán publicados muchos artículos tratando de demostrar que el modelo LNT es incorrecto. La aceptación de un modelo diferente al LNT requerirá todavía de mucho trabajo e ingenio dado que los datos para niveles bajos de radiación están influenciados por varios factores de confusión que pueden ser muy difíciles de discriminar de la exposición a la radiación.

Concluimos que si bien, aún no ha terminado la discusión sobre los efectos que tuvo o sigue teniendo sobre la salud de la población el accidente de TMI ocurrido hace casi 25 años, el lapso transcurrido es suficiente para que pudiesen haberse notado incrementos significativos en los diferentes cánceres, resultantes de los efectos estocásticos de las liberaciones radiactivas y que por lo tanto no se prevén cambios significativos al respecto.

Las conclusiones de Taibott et al. obtenidas después de un seguimiento de 20 años, en el que los periodos de latencia de los cánceres ya se han cumplido, son aceptables y se ajustan a los actuales conocimientos y parecen no tener sesgo. No obstante, y aunque puede considerarse que la probabilidad de cambios en las tendencias observadas es muy remota, se recomienda realizar un seguimiento detallado a su último estudio.

Sin embargo, basados en falsas premisas, es casi seguro que seguirán apareciendo estudios que afirmen que los resultados de Talbott et al. son erróneos. Convendrá considerar en esos casos si se está frente a una “falacia ecológica”.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. María Teresa Mendiola Cruz el tiempo que dedicó a la lectura de este trabajo y sus valiosos comentarios y sugerencias.

REFERENCIAS

1. Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island, (Kemeny's Report) 1979.
2. The TMI 2 Accident: Its Impact. Its Lessons. Nuclear Energy Institute, 2003.
3. Hatch M., Wallentein S, Beyea J, Nieves JW, Susser M, Cancer rates after the Three Mile Island nuclear accident and proximity of residence to the plant. *Am J Public Health*, **81**, p. 719-724 (1991).
4. Wing S, Richardson D, Armstrong D, Crawford-Brown D. A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island nuclear plant: the collision of evidence and assumptions. *Environmental Health Perspectives*, **105**, p. 52-57 (1997).
5. Talboot EO, Youk AO, McHugh KP, Shire JD, Zhang A, Murphy BP, Engberg RA. Mortality among the residents of the Three Mile Island accident area: 1979-1992. *Environmental Health Perspectives*, **108**, p. 545-552 (2000).
6. Evelyn O. Talboot, Ada O. Youk, Kathleen P. McHugh-Pemu, and Jeanne V. Zborowski. Long-Term Follow-Up of the Residents of the Three Mile Island Accident Area: 1979-1998. *Environmental Health Perspectives*, **111**, N 3, 2003.
7. Mendiola-Cruz MT and Morales-Ramírez P. “Damage-repair kinetics and early adaptive response induced by gamma rays in murine leukocytes in vivo”. *Somatic Cell and Molecular Genetics*, **25**, p. 287-299 (2002).
8. Flynn J., MacGregore D., Commentary on hormosis and public risk communication: Is there a basis for public discussions?. *Biological Effects of Low Level Exposures*, BELLE Newsletter. Vol. **11**, No. 1, p. 28-30, October 2002.
9. Mangano J J “Low-Level radiation harmed humans near Three Mile Island”. *Environmental Health Perspectives*, **105**, N 8, August 1997.