

La protección radiológica en la industria nuclear española durante el franquismo, 1939-1975*

Radiological protection in the Spanish nuclear industry under Franco, 1939-1975

Alfredo Menéndez-Navarro

Professor do Departamento de Historia de la Ciencia/Facultad de Medicina/Universidad de Granada.
Avenida de Madrid, 11
18012 – Granada – España
amenende@ugr.es

Luis Sánchez Vázquez

Professor do Observatorio de Conflictos Socioambientales/
Departamento de Ciencias Sociales y Jurídicas/
Universidad Técnica Particular de Loja.
San Cayetano Alto
11 01 128 – Loja – Ecuador
lsanchez3@utpl.edu.ec

Recebido para publicação em novembro de 2011.
Aprovado para publicação em maio de 2012.

MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo;
SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Luis. La protección radiológica en la industria nuclear española durante el franquismo, 1939-1975. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.20, n.3, jul.-set. 2013, p.797-812.

Resumen

En los debates sobre la controversia nuclear pocas veces se presenta en primera plana la cuestión de la seguridad laboral en las instalaciones radiactivas, históricamente relegada a un segundo plano frente a la atención a los potenciales daños a la población general. Con objeto de cubrir parcialmente ese vacío historiográfico, este trabajo se acerca al desarrollo de la protección radiológica laboral en España durante la dictadura del general Franco (1939-1975). Para ello, se repasa el surgimiento de las medidas de protección radiológica en el ámbito internacional y el posterior desarrollo legislativo en el caso español, proceso paralelo al crecimiento del programa nuclear nacional. Finalmente, son exploradas las principales evidencias del impacto de las radiaciones ionizantes sobre la población laboral española.

Palabras clave: radiaciones ionizantes; protección radiológica; franquismo; España.

Abstract

In debates about nuclear controversy, the issue of occupational safety in radioactive facilities is rarely foregrounded; it has historically been relegated to second place compared to the attention given to potential harm to the general population. Aiming for, at least, partially filling this historiographical gap, this article deals with the development of occupational radiological protection in Spain under the dictatorship of General Franco (1939-1975). It covers the rise of radiological protection measures on an international level and the subsequent development of legislation in the case of Spain, a process that paralleled the growth of the nation's nuclear program. Finally, it explores the main evidence of the impact of ionizing radiation on Spain's working population.

Keywords: ionizing radiation; radiological protection; Francoism; Spain.

El descubrimiento de los rayos X en 1895 y del radio en 1898 y sus inmediatas aplicaciones en diversos campos estimuló tempranamente el estudio de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. A pesar de la precocidad de las evidencias sobre los efectos perjudiciales de dichas radiaciones para la salud humana, la percepción dominante en las sociedades occidentales durante el primer tercio del siglo XX fue su carácter inocuo cuando no beneficioso para la salud (Dommann, 2006, p.93-96; Serwer, 1976, p.VII-VIII; Navarro et al., 2008, p.1041-1042). Las incipientes sociedades de consumo de los años 1920 percibieron las radiaciones ionizantes como una tecnología fascinante y útil en la vida cotidiana, además de como una panacea terapéutica y una fuente de salud (Duffin, Hayter, 2000, p.260-261; Lambert, 2001, p.31-33; Herran, 2008, p.27-34).

La historiografía ha explorado el surgimiento de la percepción del riesgo entre los propios profesionales médicos responsables del manejo de estas nuevas tecnologías y la adopción de las primeras medidas de protección radiológica (Dommann, 2006, p.96-98). La ausencia de consenso en torno a unidades de medida y niveles de exposición circunscribió la adopción de medios de protección a casos considerados de uso inadecuado. Las primeras normas voluntarias de protección frente a los rayos X se adoptaron en Alemania en 1913 y en Gran Bretaña en 1915. Tras la Primera Guerra Mundial, la creciente preocupación sobre los efectos lesivos de las radiaciones ionizantes llevó al establecimiento de comités nacionales sobre el tema, si bien hasta finales de los años 1920 no se dictaron recomendaciones de protección aceptadas internacionalmente (Serwer, 1976, p.VIII; Lambert, 2001, p.33).

Al margen de las comunidades de expertos, las primeras alarmas sanitarias surgieron en la década de 1920 en sectores industriales como el de las pinturas de esferas de relojes, que habían experimentado un importante crecimiento durante la guerra. El uso extendido de las pinturas de radio, por sus ventajas para favorecer la visualización de los mensajes gracias a su efecto fosforescente, provocó la aparición de lesiones entre los trabajadores de este sector, mayoritariamente mujeres. Las trabajadoras inhalaban el radio durante la aplicación de las pinturas o bien lo deglutían al humedecer los pinceles en sus labios. Tras acumularse en el tejido óseo, el radio provocaba cuadros de necrosis mandibular, anemia, leucemia y cáncer. A pesar de las evidencias clínicas y epidemiológicas, el reconocimiento del carácter perjudicial de las pinturas con radio, la adopción de medidas de limitación de la exposición al riesgo y la obligación de indemnizar a las víctimas no se produjeron hasta mediados de los años 1930 (Clark, 1997; Nugent, 1989).

Es importante señalar que los organismos e instituciones que lideraron la protección radiológica con anterioridad a la Segunda Guerra Mundial fueron organizaciones profesionales científicas, no gubernamentales (Serwer, 1976, p.IX). Así, durante la celebración en 1929 del Segundo Congreso Internacional de Radiología se creó el International X-Ray and Radium Protection Committee (a partir de ahora IXRPC) que en 1950 pasó a denominarse International Committee on Radiological Protection (a partir de ahora ICRP). La labor fundamental del IXRPC consistía en la realización de recomendaciones sobre medidas de radio-protección y la

de estimular la concienciación al respecto. No obstante, dada su falta de capacidad ejecutiva, sus recomendaciones no fueron fácilmente asumidas ni puestas en práctica por los órganos administrativos con competencias sobre el tema (Lambert, 2001, p.33-34).

Junto a esta falta de capacidad ejecutiva, el principal problema de este comité y de otros organismos similares siguió residiendo en las dificultades para establecer un consenso en torno a los niveles de exposición a radiaciones ionizantes considerados lesivos. Al igual que en otros sectores industriales íntimamente ligados al desarrollo científico-técnico, desde los años 1920 se extendió a las radiaciones ionizantes la misma filosofía preventiva y medios de control del riesgo que venían incorporándose en la industria química. El desarrollo de la toxicología industrial había contribuido a la adopción de valores límite de exposición como principal medio de intervención preventiva en el sector químico, basados en la confianza de que la exposición a sustancias lesivas por debajo de ciertas concentraciones resultaban inocuas (Sellers, 1997, p.175-176). Una filosofía que también se extendió en los años 1930 a riesgos como las fibras de amianto o el polvo de sílice (Markowitz, Rosner, 1995; Wikeley, 1992; Menéndez-Navarro, 2002, 2011). En 1934, el IXRPC recomendó un valor límite de exposición denominado *tolerance dose*, fijado en 0,2 roentgens al día, por debajo del cual se estimaba que la probabilidad de daños a la salud era nula. Las recomendaciones estaban principalmente dirigidas a personal sanitario y técnico, y los efectos valorados eran fundamentalmente los producidos a corto y medio plazo, sin apenas consideración del riesgo a largo plazo (Walker, 2000, p.8). Por su parte, el United States Advisory Committee on X-Ray and Radium Protection fijó, en 1941, las primeras *tolerance doses* para las principales fuentes de irradiación internas empleadas en la época (radio y gas radón). De hecho, dichas recomendaciones fueron la base para los programas de protección radiológica aplicados al personal involucrado en el Proyecto Manhattan (Walker, 2000, p.8-9).

La inauguración de la llamada era atómica, tras las explosiones de Hiroshima y Nagasaki, y el impulso experimentado en el sector nuclear al finalizar la Segunda Guerra Mundial implicaron un cuestionamiento de los mecanismos de protección radiológica. Además de incrementarse el número de personas expuestas a radiaciones en los ámbitos civil y militar, la generación de nuevas sustancias radiactivas a partir de los procesos de fisión (los radioisótopos, administrados a los pacientes de forma interna) y las evidencias sobre los efectos mutagénicos de las radiaciones a bajas dosis contribuyeron a cuestionar el consenso en torno a la existencia de niveles seguros de exposición a la radiación (Walker, 2000, p.10-18). En los años inmediatamente posteriores a la Segunda Guerra Mundial, esta corriente de pensamiento provocó una sensible disminución de los niveles permitidos y la modificación de las unidades de medida. No obstante, dicha postura tuvo que conciliarse con la creciente presión política para el desarrollo de nuevo armamento que llevó, por ejemplo, a la Atomic Energy Commission estadounidense (a partir de ahora AEC) a impulsar la realización de experimentos en humanos sin consentimiento ni información para conocer los efectos del plutonio (Welsome, 1999; Kutcher, 2009). El contexto de la Guerra Fría fue clave para legitimar esas y otras prácticas de riesgo en las que la protección radiológica quedó relegada por consideraciones de carácter político.

El objeto de este trabajo es llevar a cabo un primer acercamiento al desarrollo de la protección radiológica en España durante la dictadura del general Franco (1939-1975), un

aspecto que apenas ha merecido atención historiográfica hasta la fecha. Para ello mostraremos, en primer lugar, el surgimiento de las medidas de protección radiológica en los Estados Unidos de América y en el ámbito internacional tras la Segunda Guerra Mundial. A continuación, analizaremos el nacimiento y desarrollo del programa nuclear español durante el franquismo así como el desarrollo legislativo experimentado en ese periodo en el campo de la protección radiológica en el ámbito laboral. Por último, abordaremos las evidencias disponibles sobre el impacto de las radiaciones ionizantes en la salud de la población laboral española expuesta.

La protección radiológica en la posguerra mundial: el caso estadounidense

Las urgencias impuestas por la carrera armamentística tras la Segunda Guerra Mundial resultaron determinantes en el desarrollo de la protección radiológica en los EUA. La minería del uranio fue uno de los sectores que padeció las presiones derivadas del nuevo escenario geopolítico internacional. Se calcula que más de cinco mil mineros trabajaron entre 1946 y 1970 en la extracción del uranio demandado por la industria militar estadounidense. Aunque la AEC fue hasta mediados de los años 1960 el único comprador del uranio extraído en las minas estadounidenses, las minas de propiedad privada estaban fuera de su jurisdicción. Las explotaciones mineras, ubicadas en estados como Nuevo México, Arizona, Utah y Colorado, emplearon preferentemente a grupos poblacionales socialmente aislados, como indios navajos o miembros de la comunidad mormona. Las deficientes condiciones de trabajo en las minas, las nulas medidas de reducción del radón y otros polvos radiactivos, la ausencia de información a la población expuesta y la escasa respuesta de los responsables de la AEC o del Public Health Service dieron lugar a una clara sobremortalidad por cáncer entre los mineros expuestos (Ball, 1993; Eichstaedt, 1994; Hecht, 2009, p.901). Hasta 1967, no se adoptaron medidas de protección radiológica en las minas de uranio estadounidenses (Nelkin, 1991).

La atención prioritaria de los medios de comunicación y el debate público se centraron en los efectos ambientales de las pruebas nucleares desarrolladas en diversos escenarios desde 1946, particularmente en las islas Marshall, en el Pacífico, y en el desierto de Nevada. Tras una prueba realizada en el atolón de Biquini, en marzo de 1956, que afectó directamente a los tripulantes de un pesquero japonés que faenaba en las inmediaciones y que obligó a evacuar a la población de las islas, se estimuló la controversia pública en torno a los riesgos radiactivos. El debate contrapuso los beneficios para la seguridad nacional derivados de las pruebas nucleares frente a los riesgos de la lluvia radioactiva para la población general. Ello, unido al creciente uso civil de la energía atómica, convirtió el problema de los riesgos de la radiación ionizante en un verdadero problema de salud pública en la sociedad estadounidense, más allá de la exposición laboral de un número limitado de trabajadores (Walker, 2000, p.18-20).

La incertidumbre científica en torno a los efectos a largo plazo de las radiaciones a bajas dosis alimentó un debate de naturaleza eminentemente política. No obstante, la respuesta se produjo en el ámbito de la intervención técnica. Tras llevar a cabo una importante investigación sobre los riesgos a la salud de las radiaciones a bajas dosis, la Academia Nacional de Ciencias estadounidense propuso una solución conciliadora al respecto: si bien las pruebas nucleares no constituían (en su opinión) un riesgo para la salud pública, eran innegables los efectos genéticos de la radiación, por lo que las emisiones radiactivas deberían mantenerse

“tan bajas como fuese posible”, una recomendación extensible a los usos médicos de la radiactividad (Walker, 2000, p.21).

Como respuesta a la creciente concienciación de la opinión pública y siguiendo las recomendaciones de la Academia de Ciencias, el ICRP y el National Committee on Radiation Protection de los Estados Unidos (a partir de ahora NCRP) redujeron a un tercio sus anteriores niveles máximos permitidos, además de implementar nuevas unidades de medida, como el ‘rad’ (que indicaba la dosis absorbida por los tejidos en función de sus efectos ionizantes) y el ‘rem’ (que indicaba la capacidad relativa de las radiaciones para causar daños biológicos) en lugar del roentgen. En 1959, ambos organismos establecieron recomendaciones sobre los niveles permitidos para la población cercana a las instalaciones radiactivas (0,5 rem/año) y para la población general (0,17 rem/año), niveles que representaban una décima parte y una trigésima parte, respectivamente, de las dosis permitidas para la población laboral, fijada en 5 rems/año. Para dotar de cierta flexibilidad este nivel, y permitir exposiciones puntuales superiores, se fijó una fórmula que tomaba en consideración la edad del trabajador. La dosis máxima de irradiación permisible (D), expresada en rems, se fijaba siguiendo la fórmula $D = 5 (N-18)$, donde N correspondía a la edad del trabajador expresada en años. Ello permitía que en casos bien acreditados de dosis acumuladas en años anteriores por debajo de los 5 rems/año pudiera admitirse que un trabajador recibiera hasta 12 rems/año. La AEC asumió las recomendaciones de la NCRP en 1960. Se trataba, en cualquier caso, de niveles asumibles por la incipiente industria y compatibles con el mantenimiento de la carrera nuclear y la defensa de la “seguridad nacional” (Walker, 2000, p.23-26).

La reducción de las pruebas nucleares a partir de 1963 y el ritmo acelerado de puesta en marcha y construcción de centrales nucleares, que alcanzó su cenit en 1967, provocaron un cambio en las prioridades de la opinión pública estadounidense. Los riesgos derivados de la seguridad de los reactores, los efluentes de las centrales, la contaminación térmica de las aguas empleadas en la refrigeración de las plantas nucleares, las emisiones al entorno en las distintas fases de mantenimiento y las amenazas terroristas a este tipo de instalaciones concitaron la mayor preocupación social y la atención preferente de las agencias reguladoras (Walker, 2000, p.29).

En la cultura de estas agencias, el control de riesgos en las instalaciones nucleares, bien a través de valores de exposición cada vez más reducidos, bien a través de protección por barreras, fue concebido, básicamente, como un control tecnocrático, impregnado por ideas sobre la necesidad de una fuerte jerarquización en el conocimiento de los riesgos y en la toma de decisiones (Winner, 1987). Aportaciones recientes en el ámbito de los estudios sociales de la tecnología han puesto de manifiesto que dicha jerarquización es un producto derivado de los orígenes militares del programa nuclear y del secretismo que rodeó el Proyecto Manhattan, extendido posteriormente al desarrollo de la bomba-H y de la incipiente industria nuclear. En Hanford Site, por ejemplo, una instalación ligada al Proyecto Manhattan donde se desarrolló la producción de plutonio en los años 1940, sólo un reducido número de miembros de la sección médica fueron informados de los riesgos de la radiación para la salud. Ellos fueron los responsables de poner a punto y de vigilar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad que protegerían a los trabajadores, mantenidos en la más absoluta ignorancia al respecto de dichos riesgos. En los años 1950, esta concepción de la

seguridad y la protección radiológica, basadas en el mando y el control, fueron trasvasadas a las centrales nucleares (Parr, 2006).

A pesar de las diferencias sustanciales en las labores de mantenimiento y manipulación de materiales radiactivos en los diversos tipos de instalaciones del parque nuclear estadounidense, esta rígida cultura del control del riesgo, basada en la aplicación de normas técnicas y en la conformidad con ciertos procedimientos estándares, se ha mantenido hasta los años 1980 (Perin, 2005). Por otra parte, dichos estudios confirman la gran variabilidad existente en las prácticas de protección radiológica desarrolladas en diversas instalaciones nucleares, un proceso mediatizado no sólo por disponibilidades tecnológicas sino también por diferencias nacionales, políticas o de culturas de gestión (Parr, 2006, p.821; Hecht, 1996).

El desarrollo normativo de la protección radiológica en España durante el franquismo

Aislado internacionalmente, con un sistema científico-técnico diezmado por el exilio y las depuraciones y un país devastado tras la Guerra Civil (1936-1939), el régimen franquista percibió, muy precozmente, las potencialidades de la energía atómica para impulsar la reindustrialización de España y reforzar su capacidad militar y diplomática. La energía nuclear fue además concebida como exponente de los ideales de modernización del régimen (Presas i Puig, 2005, p.197-198; Ordóñez, Sánchez-Ron, 1996, p.185-187). En 1948, el gobierno español puso en marcha la Junta de Investigaciones Atómicas y tres años más tarde, en 1951, creó la Junta de Energía Nuclear (a partir de ahora JEN), el organismo estatal que lideró el desarrollo atómico español (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.13-49). La creación de la JEN aseguraba el control estatal sobre todos los procesos relativos a la energía atómica además de actuar como organismo asesor del gobierno en su desarrollo. La JEN fue concebida, pues, como un organismo análogo, en objetivos y competencias, a las diversas comisiones nacionales de energía atómica establecidas por entonces en algunos países industrializados, tales como la AEC estadounidense y el Commissariat à l'Énergie Atomique francesa, fundadas en 1945, o el Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari italiano, creado en 1952 (Sánchez Vázquez, 2010, p.48-49).

El impulso definitivo al desarrollo nuclear español vino de la mano del respaldo norteamericano al régimen del general Franco ante el creciente papel geoestratégico de España en el contexto de la Guerra Fría. Dos años después de la firma de los acuerdos de Ayuda Económica y Defensa Mutua hispano-norteamericanos de 1953, el director de la AEC y el embajador español en Washington suscribieron el acuerdo de colaboración bilateral sobre 'usos civiles de la energía atómica'. El acuerdo incluía el suministro de un reactor experimental a España, que entró en funcionamiento en 1958, y la cesión, en arriendo, de uranio enriquecido (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.128). El régimen franquista no escatimó esfuerzos para popularizar las nuevas tecnologías nucleares entre la población española a través de los medios audiovisuales de masas en manos del régimen, abundando en las bondades de sus aplicaciones industriales y médicas (Menéndez-Navarro, 2007a; Medina-Doménech, Menéndez-Navarro, 2005).

Tras una primera etapa de control absoluto por parte del Estado, desde mediados de los años 1950, las empresas eléctricas españolas comenzaron a mostrar interés en acceder a

la producción de energía eléctrica a gran escala de origen nuclear, alcanzándose a finales de la década una alianza entre las instituciones gubernamentales y la industria para desarrollar el programa nuclear español. En 1963 se concedieron las primeras autorizaciones para construir tres centrales nucleares, confirmando la asunción por parte de la industria eléctrica del liderazgo como principal impulsora del desarrollo nuclear en España. El desarrollo del parque nuclear español se completó con ocho nuevas centrales, todas ellas autorizadas durante el régimen franquista (Sánchez Vázquez, 2010, p.81-83).

¿Cuál fue el desarrollo normativo español sobre protección radiológica? ¿Corrió paralelo el interés del régimen franquista en el desarrollo de la energía atómica con las medidas de prevención y compensación de los trabajadores expuestos en el sector nuclear? En este apartado intentaremos proporcionar un primer acercamiento a estas cuestiones marcadas, como otras relativas a la salud ocupacional durante el franquismo, por su retraso en la adopción de medidas de protección a la salud de los trabajadores.

La legislación española de la Segunda República (1931-1936) contempló la consideración como enfermedad profesional de las “alteraciones patológicas producidas por el radio, rayos X y otras sustancias radiactivas” (España, 15 jul. 1936, p.516). La obligación de indemnizar a los trabajadores afectados por estas patologías quedó recogida en la Ley de Enfermedades Profesionales, aprobada en julio de 1936 (España, 15 jul. 1936, p.515-517). La ley apenas tuvo aplicación dado el inmediato estallido, unos días más tarde, de la Guerra Civil (Menéndez-Navarro, 2007b, p.182-183).

Tras la contienda, el régimen franquista privilegió la vertiente compensadora frente a la prevención de los riesgos laborales a través de la potenciación de los seguros sociales, aunque esta política se limitó a los accidentes laborales y al problema de la silicosis que comprometía sectores como la minería del plomo o el carbón, clave este último para el abastecimiento energético en el periodo autárquico (Menéndez-Navarro, 2008, p.93-97). El problema de las radiaciones ionizantes no fue contemplado ni en el plano de la compensación ni en la dimensión preventiva durante la primera etapa del desarrollo nuclear español. La normativa general de prevención de riesgos laborales, vigente desde 1940 a 1971, el llamado Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, sólo proporcionaba recomendaciones higiénicas inespecíficas, sin mención explícita a las radiaciones ionizantes (España, 3 feb. 1940).

La situación comenzó a cambiar a mediados de los años 1950, cuando el crecimiento experimentado por las actividades nucleares y el previsible desarrollo de la producción industrial de energía atómica, así como la reincorporación al ámbito internacional tras el aislamiento de la posguerra civil, implicaron la necesidad de establecer una normativa reguladora homologada con las directrices internacionales. La administración sanitaria española y algunos sectores profesionales se mostraron sensibles a las recomendaciones de los grupos de trabajo y a las resoluciones sobre protección radiológica adoptadas en las asambleas mundiales de la Organización Mundial de la Salud desde 1956 (DGS, 1961, p.IX-XV). La Dirección General de Sanidad (a partir de ahora DGS), organismo responsable de la salud pública en España, creó, en 1955, una Comisión Nacional de Sanidad sobre Aplicaciones de la Energía Atómica, cuyo primer cometido fue velar por el uso de los radioisótopos importados para fines médicos (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.149). La DGS organizó desde 1956 un curso sobre “Radiactividad sanitaria y defensa de las poblaciones ante las agresiones

con armas nucleares”. El temario contempló aspectos como el manejo de radioelementos en la industria, los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales ligados a la exposición a radiaciones ionizantes o las medidas de vigilancia individual y colectiva de los expuestos. También se abordaron los problemas de los efluentes radiactivos de las plantas nucleares y la organización de los servicios de protección radiológica en las mismas (DGS, 1959, p.63-66). La contaminación ambiental radiactiva fue objeto de atención en la Quinta Reunión Nacional de Sanitarios realizada en Madrid en abril de 1959 (Reunión Nacional..., 1959, p.276-281). La protección radiológica fue, así mismo, el tema de la primera de las ponencias presentadas en el Primer Congreso Médico Nacional de la Cruz Roja Española, celebrado en Madrid en mayo de 1959 (DGS, 1961, p.XI).

No obstante, la principal responsabilidad en el tema de la protección radiológica acabaría recayendo en la JEN, cuyo decreto fundacional contemplaba dichos cometidos y cuya dotación técnica en este campo superaba con creces a la de la DGS. Desde su creación, la JEN contó una Sección de Medicina y Protección de Personal que tenía entre otras misiones el control de las exposiciones radiactivas y la vigilancia de la salud del personal expuesto en los centros de trabajo de la JEN (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.154-155). En 1955, la JEN creó la Comisión Asesora de Medicina y Biología Animal, encargada del asesoramiento sobre el empleo de isótopos radiactivos y de fuentes de radiaciones ionizantes en el campo de la medicina (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.95). En 1957 se creó la Sección de Isótopos, que se dotó inmediatamente de sus normas de protección para el uso de isótopos radiactivos (DGS, 1961, p.204-233). La inminente puesta en marcha del primer reactor experimental, el denominado JEN-1, en el año 1958, impulsó la creación, en 1957, de un Grupo de Seguridad Nuclear en el seno de la JEN, cuyos miembros recibieron formación especializada en la Laboratorio Nacional de Tecnología Nuclear en Oak Ridge (EUA). En 1958 se creó la Comisión Asesora de Seguridad Nuclear (Caro et al., 1995, p.240-242).

En diciembre de 1959, más de una década después de haberse iniciado el programa nuclear español, el gobierno aprobó la primera normativa de protección específica frente a las radiaciones ionizantes. La normativa reconocía los riesgos que para la salud pública y laboral representaban las radiaciones ionizantes y mencionaba explícitamente las obligaciones derivadas de la reciente incorporación de España a la Organización Europea para la Cooperación Económica, creada en 1948 para administrar las ayudas del Plan Marshall y que acabaría transformándose en 1961 en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Entre otras, implicó la obligación de asumir las recomendaciones sobre protección radiológica impuestas por esta organización a los estados miembros (España, 28 dic. 1959, p.16467). La normativa de 1959 reguló la protección de las llamadas zonas controladas, en las que podían producirse las exposiciones más elevadas, la protección de la población laboral expuesta ocasionalmente, la de los residentes en las llamadas zonas vigiladas (cercanas a las plantas) y la de la población general. En línea con las directrices internacionales, la normativa contemplaba la obligatoriedad de realizar mediciones de los niveles de radiación en las zonas controladas, imponía los reconocimientos médicos periódicos de los expuestos y asumía la doctrina de reducir al “mínimo prácticamente posible” los niveles de exposición de los trabajadores del sector (Walker, 2000, p.32). Las concentraciones máximas permisibles de isótopos en agua de consumo y en aire inhalado y las dosis máximas de exposición

permitidas para la población laboral y general estaban basadas en las recomendaciones de la ICRP de 1958, a su vez inspiradas en las conclusiones del estudio de la Academia de Ciencias estadounidense de 1956. Es decir, se fijaba la exposición máxima para la población laboral en 5 rems/año, incorporando la fórmula $D = 5 (N-18)$ para permitir que en casos excepcionales pudieran acumularse hasta 12 rems/año. Para la población no laboralmente expuesta pero que pudiera ocasionalmente penetrar en zonas controladas, se fijaba como dosis máxima permisible 1,5 rem/año, y en 0,5 rem/año la dosis máxima para los individuos que habitaran en las cercanías de instalaciones de riesgo. Por último, para la población general se fijaba una dosis máxima acumulada hasta la edad de treinta años de cinco rems (España, 28 dic. 1959, p.16468; España, 2 feb. 1960). La normativa también contemplaba la obligatoriedad de instruir e informar a los trabajadores expuestos sobre los peligros para la salud, así como de las precauciones y normas de protección radiológica dispuestas.

El control de la aplicación de las diversas medidas y el asesoramiento a las industrias nucleares se encomendó a la Sección de Protección contra las Radiaciones Ionizantes creada en el seno de la DGS que debía funcionar en íntima conexión con los Servicios de Protección de la JEN. Por último se contemplaba la creación de un órgano consultivo y asesor de la DGS, denominado Comisión Interministerial de Protección contra las Radiaciones Ionizantes (España, 28 dic. 1959, p.16468). Una de las primeras iniciativas de la Sección de Protección contra las Radiaciones Ionizantes de la DGS, encargada de la formación del personal médico especializado en esta materia, fue la confección de un *Manual de protección radiológica* destinado a estudiantes de grado y posgrado de medicina, que fue publicado en 1961 (DGS, 1961, p.3-8). El texto se hizo eco de los principales desarrollos en este campo y reprodujo, entre otros materiales, el Convenio de la Oficina Internacional del Trabajo relativo a la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, aprobado en junio de 1960 (DGS, 1961, p.234-247).

Al igual que la normativa de protección radiológica de 1959, la aprobación, en 1964, de la Ley de Energía Nuclear respondió a las obligaciones derivadas de los convenios internacionales suscritos por España. Éstos exigían la promulgación de una ley reguladora de la utilización pacífica de la energía nuclear que contemplara la responsabilidad civil en caso de accidente nuclear y la cobertura de los riesgos ligados a este sector industrial. El inicio de la construcción de las primeras centrales del parque nuclear español en 1963 urgió a la promulgación de dicha legislación. La ley aspiraba a dar cobertura e impulso a las actividades ligadas al desarrollo nuclear, desde las labores de prospección y explotación de los yacimientos de uranio y torio hasta la explotación de las plantas nucleares, combinando las garantías jurídicas para los eventuales afectados con la viabilidad económica de la industria nuclear, configurada ahora como un sector privado (España, 4 mayo 1964).

En el ámbito de la seguridad y protección radiológica en las nuevas instalaciones nucleares, la ley consagró la responsabilidad de la JEN, a la hora de autorizar su construcción y puesta en marcha, a realizar el análisis de riesgos y llevar a cabo las inspecciones pertinentes. El texto legal encomendaba a la JEN la formación de expertos en este área y establecía la obligación de la DGS de colaborar con la JEN en el estudio de los criterios de seguridad y medidas de protección. En este sentido, la ley otorgó a la JEN las funciones propias de un organismo regulador confirmando el protagonismo del ente estatal en el abordaje de la protección

radiológica. Esta opción consagró un modelo con importantes contradicciones ya que una misma institución, la JEN, era la encargada de velar por la seguridad de las instalaciones y la protección de los trabajadores y los ciudadanos a la vez que responsable de promover la energía nuclear. Una situación que no se resolvió hasta la llamada transición democrática, cuando la JEN delegó sus competencias sobre seguridad nuclear y protección contra radiaciones ionizantes al Consejo de Seguridad Nuclear, creado en 1980 (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.230-236).

La Ley de Energía Nuclear incorporó principios generales de protección radiológica y requisitos de seguridad laboral en las centrales y otras instalaciones radiactivas, remitiendo a la confección del reglamento específico correspondiente los detalles en esta materia. Sin embargo, la aprobación de dicho reglamento se demoró ocho años. Hasta 1972 no fue aprobado el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (España, 24 oct. 1972), que en cualquier caso no contempló una revisión de las dosis máximas de exposición aprobadas en 1959 que venían siendo ampliamente cuestionadas a nivel internacional desde mediados de los años 1960 (Walker, 2000, p.36-44).

La ley de 1964 contempló la obligatoriedad de dotar a los trabajadores expuestos de la formación e información necesarias para su protección. Los primeros cuadernos de información orientados a proporcionar a los trabajadores de la JEN los conocimientos básicos sobre normas de protección radiológica se editaron en 1965 (JEN, 1965). Estos folletos, editados en un lenguaje sencillo y fácilmente asimilable, intentaban hacer comprender a los trabajadores la naturaleza del material radiactivo, además de introducir los conceptos de irradiación, contaminación o dosis permitidas. Estaban realizados en formato *comic* con viñetas explicativas de cada uno de los apartados, con el objetivo de facilitar la comprensión de los peligros radiológicos a la plantilla de menor nivel formativo. En el apartado dedicado a la protección frente a las radiaciones no se aportaba información demasiado relevante, más allá de remitir a las labores del Servicio de Medicina y las recomendaciones de buen uso del material y ropas de protección. Eso sí, no se perdía la oportunidad de hacer hincapié en “la cifra tan baja de accidentes imputables a la radiactividad” en la experiencia acumulada en otros países (JEN, 1965, p.22-23), por supuesto sin entrar a valorar la escasa posibilidad de accidentes graves a corto plazo por radiación y sin mencionar los potenciales efectos graves para la salud a largo. Por último, el cuaderno ofrecía un decálogo de normas fundamentales para la protección, entre las que se incluían las preceptivas respecto a la utilización de las ropas de protección, la obligatoriedad de los reconocimientos médicos o el uso del dosímetro (JEN, 1965, p.27).

La ley de 1964 contemplaba la necesidad de incluir el llamado ‘análisis de riesgos’ entre los trámites del proyecto necesarios para la construcción de la central nuclear. Dicho informe debía contener la información necesaria para poder realizar un análisis de la instalación desde el punto de vista de la seguridad laboral y la protección radiológica, así como una evaluación de los riesgos derivados del funcionamiento de la central, tanto en condiciones de normalidad como en situaciones de emergencia. El objeto de dicho informe sería justificar que la central no representaba un riesgo indebido para la salud y seguridad, tanto de los trabajadores como del entorno circundante. Entre la información necesaria para elaborar el informe se debían incluir necesariamente todos los sistemas de protección por barreras, desarrollados para

evitar la contaminación en el entorno de las centrales. Adicionalmente, debían ser tenidos en cuenta los dispositivos y procedimientos establecidos para intentar evitar y limitar las posibles consecuencias en la salud de los trabajadores de entornos radiactivos (España, 4 mayo 1964, p.5691-5692).

El Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado en 1972, vino a paliar finalmente las necesidades de actualización de las condiciones que debería reunir el personal de las centrales y otras instalaciones radiactivas, derivadas de la ley de 1964 y del Convenio de la Oficina Internacional del Trabajo de 1960 relativo a la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, ratificado por el gobierno español en 1967 (España, 5 jun. 1967; España, 24 oct. 1972). El Reglamento definió las distintas fases de autorización para las instalaciones y todos sus trámites vinculados. Aún así, el Reglamento carecía de previsiones para la fase de desmantelamiento y la clausura de instalaciones nucleares y radiactivas, cuestiones que no se introdujeron hasta el año 1999 (España, 31 dic. 1999).

Finalmente, en 1976 se aprobó la Ordenanza de Trabajo para la JEN (España, 24 mar. 1976). En temas de medidas de seguridad y protección radiológica, la ordenanza remitía a la Ley de Energía Nuclear de 1964 y además a la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 1971. Esta normativa general de prevención de riesgos laborales permitió la superación de las obsoletas estructuras preventivas anteriores, adaptando las políticas preventivas a la realidad socioeconómica y tecnológica de la España del desarrollismo de los años 1960 (España, 17 mar. 1971). La Ordenanza de 1971 contempló todo un apartado para las radiaciones ionizantes, en el que se recapitulaban los aspectos más destacados de las normativas específicas (información y formación a los expuestos reconocimientos médicos periódicos, medidas de protección personal, etc.) (España, 17 mar. 1971, p.4392). En cuanto a valores límite de irradiación, la Ordenanza reiteraba la misma fórmula contemplada en la reglamentación de 1959 sin incluir nuevas dosis máximas (España, 17 mar. 1971, p.4392).

El impacto de las radiaciones ionizantes en la población laboral española

¿Cómo afectaron estos niveles de exposición a la población laboral española? Dada la dimensión del parque nuclear español, resulta sorprendente la escasez de estudios epidemiológicos específicos sobre el impacto laboral de las radiaciones ionizantes. El estudio más relevante y completo fue realizado en los años 1990 y consistió en un estudio retrospectivo de mortalidad en 5.657 trabajadores de la JEN, empleados entre 1954 y 1992. De ellos, 1.535 (27,1%) se habían empleado en la extracción de minerales de uranio, y en conjunto eran personas con una exposición media a radiaciones ionizantes de 8,6 años. Se tomaron en consideración los registros dosimétricos, disponibles para el 60,1% de la población laboral estudiada. El trabajo comparó la tasa de mortalidad de la cohorte con la media española, con tasas estandarizadas por sexo y edad, además de usar los modelos de distribución de Poisson para analizar la mortalidad por cáncer de pulmón entre la cohorte (Rodríguez Artalejo et al., 1997).

El estudio concluyó que la tasa de mortalidad entre los trabajadores de la JEN no era superior a la registrada en la población general. La cohorte de trabajadores estudiada sólo mostró excesos de mortalidad significativos, respecto a la población general española, en el caso de las patologías respiratorias no malignas y los tumores óseos. El estudio confirmó

que la segunda causa de muerte entre los trabajadores era la patología cancerosa (Rodríguez Artalejo et al., 1997, p.206-208). La única constatación de un exceso de mortalidad general respecto a la población española se observó en el grupo de mineros del uranio, que arrojó tasas especialmente significativas en cuanto al exceso de mortalidad por cáncer de pulmón. No fue posible, sin embargo, establecer una relación clara entre la mortalidad por carcinoma pulmonar y los niveles de exposición a radiaciones ionizantes en la cohorte estudiada (Rodríguez Artalejo et al., 1997, p.202).

Los resultados de este amplio estudio epidemiológico se compadecen mal con las políticas de compensación del daño laboral desarrolladas durante el franquismo. Las enfermedades causadas por las radiaciones ionizantes no fueron reconocidas como enfermedades profesionales en la legislación franquista hasta 1961, es decir, 25 años después de que fueran contempladas en la ley de enfermedades profesionales republicanas. El decreto contemplaba como sectores de riesgo la industria de tecnologías médicas de radioterapia y rayos X, los centros asistenciales donde se aplicaban estas tecnologías, los laboratorios químicos y farmacéuticos en los que se emplearan sustancias radiactivas y, por supuesto, los trabajos de extracción y tratamiento de minerales radiactivos, aunque sin mención expresa a las centrales nucleares (España, 30 mayo 1961, p.8145). Hasta 1971 no se produjo el primer reconocimiento de un caso de enfermedad por radiaciones como enfermedad profesional al amparo de la legislación franquista, correspondiendo a un trabajador hospitalario empleado en el servicio de radiología (INP, 1972, p.251). Entre 1972 y 1975 fueron reconocidos ocho nuevos casos, todos ellos entre personal sanitario (INP, 1973, p.239; 1975, p.262-263; 1976, p.312).

La política restrictiva, en cuanto a la compensación del daño por radiaciones, se ha extendido hasta nuestros días provocando algunos casos que han merecido la atención pública en España, como el de los antiguos empleados de la Fábrica de Uranio de Andújar (a partir de ahora FUA), una instalación dependiente de la JEN. La FUA, en funcionamiento entre 1959 y 1981, fue una instalación destinada a la obtención de concentrados de uranio a partir del tratamiento de los minerales extraídos en la zona sur de España (Caro et al., 1995, p.89-94). Diversos informes oficiales e informaciones periodísticas mostraron la existencia de niveles de exposición en algunas tareas muy superiores a las dosis máximas permitidas. A finales de los años 1990, la asociación de afectados informaba sobre el fallecimiento por cáncer de cincuenta de los 126 empleados estables con que contó la planta. Un grupo de 77 antiguos trabajadores inició, en esas fechas, un proceso legal para que sus dolencias y las de los fallecidos fuesen reconocidas como enfermedades profesionales y se condenase a los directivos de la fábrica por falta de medidas de protección de la salud de los trabajadores. Las evidencias sobre la existencia de un claro exceso de mortalidad cancerosa frente a la población no expuesta al riesgo de radiaciones ionizantes no ha encontrado, hasta la fecha, reconocimiento por parte de las autoridades laborales (Contreras Vázquez, 2008).

Tampoco los episodios de contaminaciones radiactivas graves, ocurridas durante el periodo franquista, han logrado tener su reconocimiento en relación al impacto en la salud de la población. El 17 de enero de 1966, un bombardero B-52 de la USAF que sobrevolaba el suroeste español colisionó en el aire con un avión nodriza y liberó cuatro bombas de hidrógeno, dos de las cuales fueron detonadas esparciendo plutonio sobre un área bastante amplia de la población de Palomares, en Andalucía, en el incidente de contaminación

ambiental más grave conocido hasta la fecha (Megara, 2006, p.46-50; Ordóñez, Sánchez-Ron, 1996, p.212). Aunque de mucha menor importancia, en noviembre de 1970, se registró un escape radiactivo en las instalaciones madrileñas de la JEN. El escape se produjo en una instalación diseñada para tratar los residuos radiactivos líquidos de baja y media actividad, y almacenar los de alta actividad. Un fallo, en una soldadura en la tubería de trasvase, fue el causante del vertido a la red de desagües del centro. Tras el accidente se procedió a extraer la tierra del terreno adyacente y analizarla, y los programas de vigilancia ambiental llevados a cabo posteriormente por el Consejo de Seguridad Nuclear no mostraron niveles anormales de radiación en la zona (Romero de Pablos, Sánchez-Ron, 2001, p.236-239). El accidente no fue reflejado por la prensa, ya que como era habitual en la época fue silenciado. Sin embargo, sí mereció la atención de la prensa generalista años después, sacando a la luz las reclamaciones de algunos trabajadores (Los informes..., 24 oct. 1994).

Consideraciones finales

La normativa española sobre protección radiológica de los trabajadores fue adoptada con un cierto retraso frente al contexto internacional y con escasa o nula antelación a la puesta en marcha de las instalaciones con riesgo radiactivo. A pesar del precoz reconocimiento de los efectos de las radiaciones ionizantes, como enfermedad profesional en la legislación republicana de 1936, la administración laboral franquista no contempló esta eventualidad hasta 1961. Esta singular dilación en las políticas compensatorias y preventivas se produjo también frente a otros riesgos laborales que emergieron durante el franquismo, como los del amianto (Menéndez-Navarro, 2012). Una vez superado el aislamiento internacional del régimen y ante la inminente puesta en marcha del primer reactor nuclear español, las autoridades franquistas suscribieron las políticas de protección de los riesgos de las radiaciones ionizantes basadas en la existencia de una dosis tolerable de radiación. Durante el periodo de apertura y puesta en marcha de las centrales nucleares del parque nuclear español, las autoridades mantuvieron los niveles máximos de exposición fijados en la normativa de 1959, sin considerar los debates y nuevas recomendaciones realizadas a nivel internacional. La falta de dotación de la DGS y la propia Ley de Energía Nuclear de 1964 convirtieron la JEN en el organismo responsable de la vigilancia de la salud en las instalaciones radiactivas y de la protección de los ciudadanos frente a los riesgos nucleares. Una tarea que compatibilizó con su misión de promover el desarrollo de la energía nuclear en España. Estas limitaciones y el retraso que experimentó la publicación del reglamento de la ley de 1964, que se demoró casi una década, tampoco contribuyeron a la actualización y adecuada vigilancia de los riesgos de exposición.

Las evidencias epidemiológicas disponibles confirman el impacto que la exposición a radiaciones ionizantes tuvo entre la población laboral de la JEN. Un impacto que contrasta con el ínfimo número de casos reconocidos como enfermos profesionales por radiaciones ionizantes durante el periodo franquista. Aunque este aspecto requiere investigación adicional, cabría considerar que buena parte de los trabajadores afectados por enfermedades ligadas a la exposición a radiaciones ionizantes no fueron reconocidos por la administración franquista, condenando el problema a la invisibilidad pública, sólo cuestionado en casos como el de los antiguos trabajadores de la FUA.

NOTA

* Este trabajo es una reelaboración del capítulo de la memoria de doctorado de Sánchez Vázquez, 2010, p.189-215, dedicado a la protección radiológica.

REFERENCIAS

- BALL, Howard.
Cancer factories: America's tragic quest for uranium self-sufficiency. Westport: Greenwood Press. 1993.
- CARO, Rafael et al. (Ed.).
Historia nuclear de España. Madrid: Sociedad Nuclear Española. 1995.
- CLARK, Claudia.
Radium girls: women and industrial health reform, 1910-1935. Chapel Hill: The University of North Carolina Press. 1997.
- CONTRERAS VÁZQUEZ, Jacinto.
Sobre la exposición a radiaciones ionizantes de los ex-trabajadores de la Fábrica de Uranio "General Hernández Vidal" de Andújar (Jaén-España). Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1811>. Acceso en: 10 feb. 2010. 2008.
- DGS.
Dirección General de Sanidad. *Manual de protección radiológica (para médicos y biólogos)*. Madrid: Gráficas González. 1961.
- DGS.
Dirección General de Sanidad. *Memoria de la Dirección General de Sanidad, correspondiente a los años 1957-1958*. Madrid: Gráficas González. 1959.
- DOMMANN, Monika.
From danger to risk: the perception and regulation of X-rays in Switzerland, 1896-1970. In: Schlich, Thomas; Tröhler, Ulrich (Ed.). *The risks of medical innovation: risk perception and assessment in historical context*. Oxon: Routledge. p.93-115. 2006.
- DUFFIN, Jacalyn; HAYTER, Charles R. R.
Baring the sole: the rise and fall of the shoe-fitting fluoroscope. *Isis*, Chicago, v.91, p.260-282. 2000.
- EICHSTAEDT, Peter.
If you poison us: uranium and native Americans. Santa Fe: Red Crane. 1994.
- ESPAÑA.
Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.313, p.46463-46482. 31 dic. 1999.
- ESPAÑA.
Orden de 10 de marzo de 1976 por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo para la Junta de Energía Nuclear. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.72, p.5931-5954. 24 mar. 1976.
- ESPAÑA.
Decreto 2860/1972, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.255, p.18906-18915. 24 oct. 1972.
- ESPAÑA.
Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.64, p.4303-4396. 17 mar. 1971.
- ESPAÑA.
Instrumento de ratificación del Convenio número 115 de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo, relativo a la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.133, p.7673-7674. 5 jun. 1967.
- ESPAÑA.
Ley 25/64 de 29 de abril, sobre energía nuclear. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.107, p.5688-5696. 4 mayo 1964.
- ESPAÑA.
Decreto 792/1961, de 13 de abril, por el que se organiza el aseguramiento de las enfermedades profesionales y la Obra de Grandes Inválidos y Huérfanos de fallecidos por accidente de trabajo o enfermedad profesional. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.128, p.8138-8146. 30 mayo 1961.
- ESPAÑA.
Corrección de erratas de la Orden de 22 de diciembre de 1959 que dictaba normas para la protección contra radiaciones ionizantes. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.28, p.1324-1328. 2 feb. 1960.
- ESPAÑA.
Orden de 22 de diciembre de 1959 por la que se dictan normas para la protección contra radiaciones ionizantes. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.310, p.16467-16468. 28 dic. 1959.
- ESPAÑA.
Orden de 31 de enero de 1940 aprobando el

- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, n.34, p.914-924. 3 feb. 1940.
- ESPAÑA.
Ley de Enfermedades Profesionales. *Gaceta de Madrid*, Madrid, n.197, p.515-517. 15 jul. 1936.
- HECHT, Gabrielle.
Africa and the nuclear world: labor, occupational health, and the transnational production of Uranium. *Comparative Studies in Society and History*, Ann Arbor, v.51, n.4, p.896-926. 2009.
- HECHT, Gabrielle.
Rebels and pioneers: technocratic ideologies and social identities in the French nuclear workplace, 1955-69. *Social Studies of Science*, s.l., v.26, p.483-530. 1996.
- HERRAN, Néstor.
Aguas, semillas y radiaciones: el Laboratorio de Radiactividad de la Universidad de Madrid, 1904-1929. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2008.
- INP.
Instituto Nacional de Previsión. *Memoria del Instituto Nacional de Previsión, correspondiente a 1975*. Madrid: INP. 1976.
- INP.
Instituto Nacional de Previsión. *Memoria del Instituto Nacional de Previsión, correspondiente a 1974*. Madrid: INP. 1975.
- INP.
Instituto Nacional de Previsión. *Memoria del Instituto Nacional de Previsión, correspondiente a 1972*. Madrid: INP. 1973.
- INP.
Instituto Nacional de Previsión. *Memoria del Instituto Nacional de Previsión, correspondiente a 1971*. Madrid: INP. 1972.
- JEN.
Junta de Energía Nuclear. *Normas de protección radiológica para trabajadores*. Madrid: Junta de Energía Nuclear. 1965.
- KUTCHER, Gerald.
Contested medicine: cancer research and the military. Chicago: University of Chicago Press. 2009.
- LAMBERT, Barrie.
Radiation: early warnings; late effects. In: Harremoës, Poul et al. (Ed.). *Late lessons from early warnings: the precautionary principle, 1896-2000*. Copenhagen: European Environment Agency. p.31-37. 2001.
- LOS INFORMES...
Los informes secretos del accidente nuclear de Madrid. *El País*, Madrid. Disponible en: http://www.elpais.com/articulo/sociedad/informes/secretos/accidente/nuclear/Madrid/elpepisoc/19941024elpepisoc_23/Tes. Acceso en: 20 nov. 2011. 24 oct. 1994.
- MARKOWITZ, Gerard; ROSNER, David.
The limits of thresholds: silica and the politics of science, 1935 to 1990. *American Journal of Public Health*, Washington, v.85, p.253-262. 1995.
- MEDINA-DOMÉNECH, Rosa Maria; MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
Cinematic representations of medical technologies in the Spanish official newsreel, 1943-1970. *Public Understanding of Science*, s.l., v.14, p.393-408. 2005.
- MEGARA, John.
Dropping nuclear bombs on Spain: the Palomares accident of 1966 and the U.S. airborne alert. Thesis (Master) – Florida State University. 2006.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
La literatura médica española sobre los riesgos del amianto durante el franquismo. *Asclepio*, Madrid, v.64, n.1, p.7-35. 2012.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
A camel through the eye of a needle: expertise and the late recognition of asbestos-related diseases. *International Journal of Health Services*, Amityville, v.41, n.1, p.121-135. 2011.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
The politics of silicosis in interwar Spain: Republican and Francoist approaches to occupational health. *Dynamis*, Granada, v.28, p.77-102. 2008.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
Átomos para la paz ... y para la medicina: la popularización de las aplicaciones médicas de la energía nuclear en España. *Revista Española de Medicina Nuclear*, Barcelona, v.26, n.6, p.385-399. 2007a.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
Médicos, medicina y salud laboral en España: una mirada constructivista al abordaje de las enfermedades profesionales, 1900-1975. *La Mutua*, Madrid, n.18, p.171-189. 2007b.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo.
Shaping industrial health: the debate on asbestos dust hazards in UK, 1928-1939. In: Rodríguez Ocaña, Esteban (Ed.). *The politics of healthy life: an international perspective*. Sheffield: European Association for the History of Medicine and Health, p.63-87. 2002.
- NAVARRO, Marcus Vinicius Teixeira et al.
Control of health risks in radiodiagnosis: a historic approach. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.15, n.4, p.1039-1047. 2008.

- NELKIN, Dorothy.
Native Americans and nuclear power. *Science, Technology and Human Values*, s.l., v.6, n.35, p.2-13. 1991.
- NUGENT, Angela.
The power to define a new disease: epidemiological politics and radium poisoning. In: Rosner, David; Markowitz, Gerald (Ed.). *Dying for work: workers' safety and health in twentieth-century America*. Indianapolis: Indiana University Press. p.177-191. 1989.
- ORDÓÑEZ, Javier; SÁNCHEZ-RON, José Manuel.
Nuclear energy in Spain: from Hiroshima to the sixties. In: Forman, Paul; Sánchez-Ron, José Manuel (Ed.). *National military establishments and the advancement of science and technology*. Dordrecht: Kluwer. p.185-213. 1996.
- PARR, Joy.
A working knowledge of the insensible? Radiation protection in nuclear generating stations, 1962–1992. *Comparative Studies in Society and History*, Ann Arbor, v.48, p.820-851. 2006.
- PERIN, Constance.
Shouldering risks: the culture of control in the nuclear power industry. Princeton: Princeton University Press. 2005.
- PRESAS I PUIG, Albert.
Science on the periphery: the Spanish reception of nuclear energy: An attempt at modernity? *Minerva*, Dordrecht, v.43, n.2, p.197-218. 2005.
- REUNIÓN NACIONAL...
Reunión Nacional de Sanitarios, 5., abr. 1959, Madrid. *Libro de Actas...* Madrid: Gráficas Osca. 1959.
- RODRÍGUEZ ARTALEJO, Fernando et al.
Occupational exposure to ionising radiation and mortality among workers of the former Spanish Nuclear Energy Board. *Occupational and environmental medicine*, London, v.54, p.202-208. 1997.
- ROMERO DE PABLOS, Ana; SÁNCHEZ-RON, José Manuel.
Energía nuclear en España: de la JEN al Ciemat. Madrid: Ciemat. 2001.
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Luis.
La legitimación de la energía nuclear en España: el Fórum Atómico Español (1962-1979). Tesis (Doctorado) – Instituto de la Paz y los Conflictos, Universidad de Granada, Granada. 2010.
- SELLERS, Christopher C.
Hazards of the job: from industrial disease to environmental health science. Chapel Hill: University of North Carolina Press. 1997.
- SERWER, Daniel Paul.
The rise of radiation protection: science, medicine and technology in society, 1896-1935 [mimeograph]. Upton: Brookhaven National Laboratory. 1976.
- WALKER, J. Samuel.
Permissible dose: a history of radiation protection in the twentieth century. Berkeley: University of California Press. 2000.
- WELSOME, Eileen.
The plutonium files: America's secret medical experiments in the cold war. New York: The Dial Press. 1999.
- WIKLEY, Nick J.
The asbestos regulations 1931: a licence to kill? *Journal of Law and Society*, s.l., v.19, p.365-378. 1992.
- WINNER, Langdon.
La ballena y el reactor. Barcelona: Gedisa. 1987.

