

## TRABAJOS DE REVISIÓN

**Efectos del uranio empobrecido sobre la salud de veteranos de guerra****Effects of the impoverished uranium on the war veteran's health**

**Tte. Cor. José Rogelio Menéndez López<sup>I</sup>; My. Mirtha Infante Velázquez<sup>II</sup>; Tte. Cor. René Esteban Ventura Velázquez<sup>III</sup>; My. Reynol Arturo Moreno Puebla<sup>IV</sup>; My. José Miguel Rodríguez Perón<sup>V</sup>; My. Ángel Arpa Gámez<sup>V</sup>**

<sup>I</sup>Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Medicina Interna. Profesor Titular y Consultante. Universidad de Ciencias Médicas de las FAR. La Habana, Cuba.

<sup>II</sup>Doctora en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Gastroenterología. Profesora Titular. Hospital Militar Central "Dr. Luís Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>III</sup>Doctor Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Psiquiatría. Profesor Titular. Universidad de Ciencias Médicas de las FAR. La Habana, Cuba.

<sup>IV</sup>Doctor Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Psiquiatría. Profesor Titular. Hospital Militar Central "Dr. Luis Díaz Soto". La Habana, Cuba.

<sup>V</sup>Doctor Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Medicina Interna. Profesor Titular. Hospital Militar Central Dr. Luis Díaz Soto. La Habana, Cuba.

---

**RESUMEN**

Este artículo es continuación de otro sobre el mismo tema, publicado en el 2005 en la Revista Cubana de Medicina Militar, el propósito del actual es analizar la información publicada en fuentes abiertas entre el 2005 y el 2009, relacionadas con los efectos del uranio empobrecido sobre la salud de veteranos de guerra de la Guerra del Golfo y otros escenarios militares donde dicho agente ofensivo fue empleado. La bibliografía disponible para examen es escasa, pero se pudieron recopilar resultados de diferentes revistas científicas reconocidas disponibles en EBSCO, Medline, PubMed y documentos oficiales de universidades (fundamentalmente norteamericanas e inglesas que desarrollan trabajos conjuntos con el Pentágono). Algunos autores plantean que después de 12 años de la primera exposición, los soldados que habían incorporado fragmentos de metralla con uranio empobrecido continuaban excretando en la orina concentraciones elevadas de este material, revelaron además, que no se encontraron indicios de genotoxicidad ni

otras anomalías clínicas ni humorales, pero abogan por la continuación de estudios de vigilancia mediante tecnología de detección aun más sofisticada. Grupos de trabajo notifican que no es probable que ocurran eventos de salud salvo en veteranos con fragmentos de uranio empobrecido retenidos en el interior de sus organismos pero otros, utilizando técnicas de análisis discriminante, dicen que se puede predecir daño renal en soldados que hayan sufrido exposiciones agudas a este material. Se comienza a explorar la vía de inhalación como productora de daño pulmonar y parece existir un mínimo compromiso óseo, según estudios preliminares. Desde el 2005 a 2009, se han incorporado nuevas técnicas de detección de uranio y sus isótopos en varios fluidos orgánicos, se han publicado resultados de investigaciones de seguimiento de hasta 16 años y se han creado al efecto grupos de estudios de alto nivel denominados Capstone, elementos que deben contribuir a la depuración de los hechos científicos disponibles en la actualidad.

**Palabras clave:** Uranio empobrecido, salud, escenarios de acciones combativas, Capstone.

---

## ABSTRACT

Present paper is a continuation of another one on the same subject, published in 2005 in Cuban Journal of Military Medicine whose aim is to analyze the information published in open sources between 2005 and 2009, related to effects of impoverished uranium on the health of veterans of the Gulf War and other military scenarios where this offensive agent was used. The available bibliography to review is scarce but it was possible to compile results of different recognized scientific journals available in EBSCO, Medline, PubMed and official documents from universities (mainly American and British which developed joint papers with Pentagon). Some authors propose that after 12 years from the first exposition, soldiers underwent to fragments of impoverished uranium shrapnels still had high concentrations in urine of this material and also declared that there were neither genotoxic traces nor other humoral and clinical abnormalities, but they propose to continue with surveillance studies by a more improved detection technology. Working groups inform that it is not probable that occur health events except in veterans with impoverished uranium fragments in their organism but other, using discrimination analyses techniques declare that it is possible to predict a real damage in soldiers underwent acute expositions to this material. Authors are exploring the inhalation route as cause of pulmonary damage and there appear to be a minimal bone involvement according to preliminary studies. From 2005 to 2009, new techniques for the detection of uranium and its isotopes in some organic fluids have been added and the results of 16 years follow-up researches results have been published creating high level study groups called Capstone that must to contribute to purification of scientific facts available nowadays.

**Key words:** Impoverished uranium, health, combative actions scenarios, Capstone.

## INTRODUCCIÓN

En un trabajo publicado en la Revista Cubana de Medicina Militar en el 2005 se planteó: "queda por comparar el potencial lesional de la inhalación con la implantación como vía de evaluación de los efectos deletéreos de este metal pesado que plantea un nuevo problema de salud toda vez que no se utilizan todas sus potencialidades para un uso pacífico. Tal como puede desprenderse de lo citado anteriormente, vuelve el complejo militar-industrial norteamericano a introducir las reacciones adversas o no deseables de los avances de la Revolución Científico Técnica con fines claramente ofensivos y contemplados en su doctrina militar contemporánea. La aseveración absoluta de los daños que conllevan a la salud el empleo de formas operacionales de proyectiles en cuya composición intervenga el uranio empobrecido (UE) aún requerirá de investigación para establecer como definitivas las conclusiones preliminares hacia las cuales, sin duda alguna apuntan, los elementos iniciales que conforman la evidencia médica disponible en estos momentos."<sup>1</sup>

El propósito de este artículo es analizar la información relacionada con los efectos del uranio empobrecido sobre la salud de veteranos de guerra, publicada entre el 2005-2009.

Es necesario señalar la escasa bibliografía disponible para examen, no obstante el elevado interés del tema. Se pudo recopilar información de revistas científicas reconocidas disponibles en EBSCO, Medline, PubMed y documentos de universidades (fundamentalmente norteamericanas e inglesas).

## DESARROLLO

En 2006 *Mc Diarmid*<sup>2</sup> publica un trabajo acerca de un estudio sistemático de biomonitoreo de uranio, en un grupo de militares expuestos a UE durante la Primera Guerra del Golfo Pérsico (GGP). La casuística comprendió a 32 veteranos los cuales resultaron víctimas de "fuego amigo" con proyectiles que contenían UE. Datos adicionales de la inclusión de estos sujetos de investigación fueron elementos de exposición inequívoca en zonas contaminadas, así como que mediante técnicas isotópicas se detectaran concentraciones urinarias de UE.

Los resultados del estudio fueron analizados mediante la estratificación del grupo en 2 cohortes. En el primer grupo se incluyeron aquellos que tuvieran concentraciones urinarias de  $< 0,10 \mu\text{g/g}$  de creatinina (grupo uranio bajo) y en el segundo, aquellos que tuvieran concentraciones superiores. Se comprobaron las diferencias intergrupales. Los resultados obtenidos fueron compatibles con el hecho de que después de una década posterior a la primera exposición, los soldados que eran portadores de fragmentos de metralla con UE continuaban excretando concentraciones elevadas de este a través de la orina. No fueron detectadas diferencias clínicas estadísticamente significativas en los recuentos hematológicos, indicadores de química sanguínea, signología neuropsicológica, calidad del semen y otros marcadores sugestivos de genotoxicidad intergrupos. Sin embargo, las diferencias encontradas en este último campo estuvieron presentes aunque eran de carácter muy sutil.

El grupo de estudio llega a la conclusión de que continúan siendo ciertas las concentraciones elevadas de uranio en orina hasta en un tiempo de 12 años posterior a la primera exposición. A pesar de este hecho, no fue posible comprobar

otro espectro de anormalidades clínicas ni humorales. Se afirma que resulta conveniente, sin embargo, continuar estos estudios de vigilancia con la incorporación de tecnología de detección aun más sofisticada.

En una alocución escrita con carácter de exhortación, *Bortell* comenta que durante un lapso de casi 15 años, el debate acerca del UE y sus efectos en detrimento de la salud de los veteranos no tan solo de la GGP en 1991, sino también en Iraq, Kosovo y Afganistán no han sido suficientemente esclarecidos. Mientras duran los intentos de esclarecimiento, el número de veteranos que han desarrollado el conocido "síndrome del Golfo" ha ascendido hasta casi un tercio de los 800 000 efectivos dislocados en ese y otros teatros de operaciones militares. A eso se añade que un número indeterminado de civiles y personal de otras naciones que peleó en otros escenarios, además de Iraq desde 1991 hasta la fecha ha sido al parece, afectado en las guerras subsiguientes. Los veteranos de estos conflictos han padecido de desórdenes múltiples y han recibido, sin embargo, poca o ninguna atención médica, reconocimiento oficial o algún tipo de compensación. En opinión del autor, resulta necesario mirar el problema desde otro ángulo, utilizando quizás un modelo holístico e interactivo para poner en evidencia plausible toda la matriz tóxica de las exposiciones mencionadas e identificar los mayores escollos para dar respuestas científicas a los problemas de salud subyacente. Todo esto proporcionará respuestas médicas y políticas más adecuadas que las obtenidas hasta estos momentos.<sup>3</sup>

*Cazoulat* asume que aunque la radiactividad de este metal es entre un 45-50 % menor que la del uranio natural y que las preocupaciones en la esfera de la salud están basadas primariamente en su toxicidad renal, el UE ha sido nombrado responsable de las diferentes enfermedades desarrolladas por algunos expuestos y heridos por metralla que contiene este con sus características un período después del regreso a sus países de origen. Parte del criterio que para evaluar una relación potencial entre una exposición al UE y alguna de las enfermedades en las cuales se le acusa de estar seriamente implicado es necesario otro enfoque. En el laboratorio por él dirigido (perteneciente a los Servicios Médicos del Ejército Francés) en el lapso comprendido entre 1999 y 2003 se han realizado más de 200 determinaciones de uranio urinario, utilizando una técnica que permite la separación de isótopos ( $235-235 \pm 236-238$ ) seguidos de un análisis espectrofotométrico utilizando rayos alfa (patentado por el Servicio de Radioprotección del Ejército de Francia). Todos los resultados empleando esta metodología resultaron ser negativos al compararse con los valores permisibles de la Comisión Internacional de Protección Radiológica que acepta valores de  $< 10$  mBq/ L por isótopo.<sup>4</sup>

*Marshall* se hace eco de las vías clásicas de penetración del UE al organismo. Lo considera débilmente radiactivo y químicamente tóxico, y que sus efectos se producen cuando se inhalan o cuando se ingieren. Le confiere un valor fuera de las instituciones armadas ya que es imposible evitar la exposición a la población civil y toma de referencia una malignidad hematológica de rápida aparición detectadas en soldados expuestos al llamado "fuego amigo" y en menor medida en ciudadanos irquies víctimas de la guerra, constatándose la leucemia aguda como enfermedad blanco. Describe en esta publicación una modelación matemática para poder calcular eventos adversos para la salud relacionados con la exposición al UE. Lo aplicó utilizando una casuística compuesta por veteranos de la GGP de 1991 pertenecientes tanto a efectivos estadounidenses y personas susceptibles de poblaciones civiles cercanas. La metodología por él sugerida fue compatible con la afirmación que los riesgos para adquirir una leucemia inducida por UE o defectos en el nacimiento resultaron estadísticamente poco probables.<sup>5</sup>

*Lind* y otros emplearon una combinación de técnicas microscópicas basadas en radiaciones sincotrónicas ( $\mu$ -XRF,  $\mu$ -XANES- $\mu$  XRD), aplicadas en partículas aisladas de UE para determinar la biodisponibilidad potencial del UE con partículas específicas. Estos enfoques han permitido identificar los estados de oxidación y las formas cristalográficas del uranio en las partículas de UE. Estos hallazgos han sido a su vez determinados en muestras seleccionadas de tierra y arena inequívocamente contaminadas provenientes de Kuwait y Kososvo. Estas muestras fueron analizadas además, exponiéndolas a fluidos similares al líquido intestinal (0,16M CIH). Muestras compatibles con uranio oxidado (+6) fueron visualizadas en partículas de color amarillento, largas y frágiles las cuales fueron obtenidas durante maniobras de fuego de muestra, así como fases cristalinas (escopita, escopita deshidratada y metaescopita). Tal como se esperaba, estas partículas de UE se disolvieron rápidamente en el fluido gástrico experimental, lo cual resultaba compatible con un alto grado de movilidad potencial y biodisponibilidad. En contraste, las muestras extraídas de los proyectiles disparados fueron entre un 20-30 % más lentas en su migración y el uranio se encontraban menos oxidado (+4). Las fases cristalinas reflejaban un ambiente más corrosivo. A pesar de que los resultados se encuentran basados en un número limitado de partículas de UE, señalan los autores, no son discordantes en lo que respecta a la estructura de estas liberadas de fuentes similares (proyectiles penetrantes de UE), lo que al parecer dependerán en gran medida de los escenarios en los cuales se emplean y hasta cierta medida de condiciones ambientales difíciles de controlar experimentalmente. Sin embargo, existió evidencia de que la mayoría de las partículas de UE (73-96 %) en todas las muestras investigadas se disuelven en 0,16 M CIH después de una semana, hecho que indica que la mayoría del UE es bioaccesible.<sup>6</sup>

En un artículo de *Rozzell*, este autor parte del supuesto que el órgano blanco por excelencia del UE es el riñón. La toxicidad se evalúa con mucha frecuencia para las cargas de uranio urinario por el valor ofrecido por la Comisión Internacional para Protección Radiobiológica de 3  $\mu$ g. U x g (-1) de masa renal. Este valor está basado en estudios crónicos en animales. En su trabajo este autor se propuso la construcción de una ecuación de riesgo para poder anticipar resultados causados por exposiciones agudas. Se basó en 27 estudios publicados en los cuales distintos trabajadores sufrieron accidentes laborales. Las cargas de uranio en estos sujetos se basaron en las concentraciones de uranio en orina y se correlacionaron con eventos de salud diagnosticados durante un período de 38 años. Basado en la apreciación de la severidad de los efectos sobre la salud, cada sujeto fue ubicado en un llamado "grupo de riesgo renal" y utilizando técnicas de análisis discriminante se conformó este. El modelo de ecuación propuesta fue capaz en el 85 % de los casos de predecir el daño renal en soldados expuestos a UE en 1991 en la GGP. Existe una evidencia lo suficientemente objetiva, concluye el autor, para instrumento indirecto de predicción del eventual daño renal en casos en los cuales hayan experimentado exposiciones agudas.<sup>7</sup>

*Mc. Diarmid* reporta en el 2009 algunos resultados de un programa de vigilancia de 35 miembros de una cohorte de 77 veteranos de la GGP sometidos a fuego amigo con proyectiles que contenían UE. El uranio urinario fue medido en muestras de 24 h, así como muestreado el uranio en sangre, estableciéndose las correspondientes asociaciones. La excreción de uranio urinario se asoció significativamente con la carga de UE contenida en los fragmentos de metralla. La determinación de uranio en sangre como elemento matricial se consideró como satisfactoria, previa correlación con los resultados obtenidos en la orina ( $r= 0,84$ ). Sin embargo, los resultados isotópicos realizados en sangre detectaron UE solamente en la mitad de los sujetos expuestos que tenían formas de UE en orina. Después de la estratificación basada en la concentración de uranio en orina, el grupo de "uranio alto" mostró una tendencia hacia una mayor concentración en orina de beta microglobulina 2 en comparación con el grupo de "uranio bajo". Los indicadores del

metabolismo óseo mostraron diferencias sutiles en ambos grupos. Después de 16 años de exposición, esta cohorte continúa excretando concentraciones elevadas de uranio urinario relacionada con la carga de UE contenida en los fragmentos de metralla. Aunque fueron detectadas diferencias sutiles en la función tubular renal proximal y en la formación de hueso, la cohorte estudiada no exhibe alteraciones de la salud clínicamente significativas.<sup>8</sup>

*Dorsey*, sumándose al parecer a la corriente de opinión acerca de la objetividad de efectos relacionados con funciones de salud de los fragmentos de metralla en la interioridad de las heridas recibidas y no a la exposición ambiental, publica los resultados obtenidos en el desarrollo de una metodología basada en la proporción de isótopos de uranio en la orina (235 y 238) en un total de 1 769 muestras de orina recibida para evaluación durante el quinquenio 2004-2009. Solamente tres de ellas (0,01 %) mostraron evidencias de la presencia de estos isótopos, lo cual hace sugerir al autor de que no es probable que ocurran eventos de salud salvo en veteranos con fragmentos de UE retenidos en el interior de sus organismos.<sup>9</sup>

Los fragmentos de metralla incorporados parecen ser fuente de emisiones continuas de UE, existe hechos primarios que indican que pueden ser absorbidos por fluidos orgánicos (modelos de fluidos intestinales), y logra demostrarse la presencia de lesión renal por las concentraciones de microglobulina 2 en orina.

Parece ser que pudiera existir un mínimo compromiso óseo según estudios aislados y muy preliminares. Se comienza a explorar la vía de inhalación como productora de daño pulmonar, aún insuficientemente, delimitada en su enfoque metodológico para cuyo objetivo se han diseñado los grupos de estudios denominados Capstone,<sup>10,11</sup> dirigidos fundamentalmente a la evaluación del riesgo de inhalación de los vapores que producen al impactar vehículos blindados.

Finalmente se puede concluir que al comparar la información ofrecida con la recopilada hasta el año 2005, se aprecia la incorporación de nuevas técnicas de detección de uranio y sus isótopos en fluidos orgánicos, además, se han realizado estudios de seguimiento de hasta 16 años que revelan la certeza del efecto negativo del UE en la salud de los veteranos participantes en diferentes eventos armados y se han creado grupos de estudio de alto nivel denominados Capstone para profundizar en estos problemas. Lo anterior indica que es importante continuar realizando revisiones acerca de este metal pesado y sus efectos sobre la salud para ir obteniendo nuevos datos que contribuyan a depurar los hechos científicos disponibles hasta la actualidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Menéndez López José R. Uranio empobrecido y Salud. Rev Cubana Med Milit. 2005;34(4):18-25.
2. Mc Diarmid, Engelherdt SH, Oliver M, Gacer P. Biological monitoring and surveillance results of Gulf war I veterans exposed to depleted uranium. Int Arch Occup Environ Health. 2006;79(1):11-21.
3. Bartell R. Depleted Uranium: all the questions about DE and Gulf war syndrome are not yet answered. Int Health Serv. 2006;36(3):503-20.

4. Cazoulet A, le Compte Y, Bohend S. Urinary Uranium analysis results on Gulf war or Balkan conflicts veterans. *Pathol Biol (Paris)*. 2008;56(2):77-83.
5. Marshall AC. Gulf war depleted uranium risks. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2008;18(1):95-108.
6. Lind OC, Salbu B, Skipperrud. Solid state spesection and potential bioavailability of depleted uranium particles from Kosovo and Kuwait. *J Environ Radioact*. 2009;100(4):301-7.
7. Rozzell LE, Hahnn FF, Lec RB. Assessing the renal toxicity of dapstone depleted uranium oxides and other uranium compounds. *Health Phys*. 2009;96(3):343-51.
8. Mc Diarmid DA, Engelherdt SM, Dorsey CD. Surveillance results of depleted uranium exposures in veterans: sixteen years of follow-up. *J Toxicol Environ Health*. 2009;72(1):14-29.
9. Dorsey CD, Engelherdt SM, Squibb KS. Biological monitoring for depleted uranium exposure in US veterans. *Environ Health Perspect*. 2009;117(6):953-6.
10. Holmes TD, Guilemette RA. Aerosol sampling system for collection of capstone depleted uranium particles in a high-energy environment. *Health Phys*. 2009;96(3):221-7.
11. Parkhurst MA, Guilemette RA. Overview of the capstone depleted uranium study of aerosols from impact with armored vehicles; test setup and aerosol generation, characterization and application for assessing dose and risk. *Health Phys*. 2009;96(3):207-20.

Recibido: 15 de octubre de 2010.

Aprobado: 17 de noviembre de 2010.

Tte. Cor. *José Rogelio Menéndez López*. Universidad de Ciencias Médicas de las FAR. Avenida 114 y 25, Marianao, La Habana, Cuba.