

¿El uso de armas de Uranio en la Segunda Guerra del Golfo provocó la contaminación de Europa?. Pruebas de las medidas efectuadas por el Weapons Establishment, Aldermaston, Berkshire, Reino Unido. Chris Busby. Saoirse Morgan.

» Resumen

Cada vez se utilizan más armas de uranio en acciones de batalla desde que fueron utilizadas por primera vez por las fuerzas de EEUU y el Reino Unido en la Guerra del Golfo Pérsico en 1991. Desde entonces han sido utilizadas en los Balcanes a finales de los 90, después en Kosovo en el 2000, probablemente en Afganistán en el 2002, y después en la Segunda Guerra del Golfo en marzo y abril del 2003. Al hacer impacto, los penetradores de uranio se queman de una forma feroz produciendo un aerosol de partículas de óxido de un diámetro inferior a la micra que son en su mayoría insolubles y permanecen en el medio ambiente durante muchos años. Existe una preocupación científica y pública considerable de que estas partículas radiactivas podrían permanecer suspendidas durante largos periodos de tiempo, o podrían volver a suspenderse y por lo tanto estar disponibles para su inhalación por parte de personas no combatientes a bastante distancia del lugar del impacto. Se ha investigado bastante poco sobre la distancia que son capaces de viajar los aerosoles de uranio. Los militares mantienen que el uranio permanece cerca del punto de impacto, y el informe de la Royal Society (2002) también afirma que el material no viaja más que varias decenas de metros. Por otro lado, las medidas de uranio llevadas a cabo sobre la población local en Kosovo unos nueve meses después de la utilización de las armas de uranio dieron todas positivas en los análisis de uranio empobrecido en orina (Priest 2004) y las Naciones Unidas (UNEP) encontraron partículas de uranio en los filtros de aire en Bosnia varios años después de su utilización. La cuestión de la dispersión de los aerosoles de uranio desde el campo de batalla tiene un interés legal significativo, ya que si un arma radiactiva provocara una contaminación general del público en el país utilizado o en algún otro sitio, el arma sería clasificable como un arma de efecto indiscriminado.

Actualmente ya se admite que no existe un nivel seguro de exposición a la radiación. Además, existen importantes dudas científicas sobre los modelos de riesgo utilizados para evaluar los efectos sobre la salud de la exposición a partículas de uranio provenientes del uso de las armas. Además, existen pruebas de deterioros de salud en muchas personas expuestas a las partículas de uranio, desde los veteranos del Golfo a la población de Irak. En este artículo hemos examinado el rastro de uranio mostrado por las medidas efectuadas por los sistemas de filtros de muestreo de grandes volúmenes colocados por el Atomic Weapons Establishment (AWE) de Aldermaston, Berkshire, Reino Unido. El AWE ha estado monitorizando el uranio en el aire desde comienzos de los años 90, pero desde el 2000 ha efectuado determinaciones de los filtros de muestreo de grandes volúmenes (HVAS) cada dos semanas. Estos puestos de monitorización se colocaron a finales de los 80 tras el descubrimiento de una agrupación de leucemia infantil cerca de la planta. Existen monitores en las instalaciones, pero también colocaron otros a unos 15 km de distancia de la planta. Hemos obtenido sus resultados utilizando la Ley de Libertad de Información. El análisis de las medidas de uranio muestran que hubo un aumento estadísticamente significativo del uranio en todos los filtros comenzando con el inicio de la Segunda Guerra del Golfo y terminando a su finalización. Los niveles en el pueblo de

Reading excedieron el umbral del Informe de la Agencia Medioambiental de 1000 nBq/m<sup>3</sup> dos veces durante este periodo. También hemos analizado las condiciones meteorológicas de ese periodo de tiempo y mostramos que durante esa época hubo una corriente de aire consistente desde Irak hacia el norte, y que el Reino Unido se encontraba el centro de un anticiclón que atraía aire

desde el sur y desde el sureste. En base al aumento promedio del uranio en el aire de unos 500 nBq/m<sup>3</sup>, hemos utilizado datos respiratorios sobre un individuo estándar para calcular que cada persona del área inhaló unos 23 millones de partículas de uranio de un diámetro de 0,25 micras. Sugerimos que los datos en materia de salud, especialmente los datos sobre nacimientos, deberían ser examinados para evaluar posibles efectos debidos a esta exposición.

Que nosotros sepamos, esto es la primera vez que se demuestra que los aerosoles de uranio del campo de batalla pueden viajar tan lejos.

Palabras Clave: uranio, uranio empobrecido, partículas, segunda Guerra del golfo, geofísica, dispersión, Aldermaston

## » Introducción

Las armas de Uranio Empobrecido han sido utilizadas en los campos de batalla por lo menos desde la primera Guerra del Golfo Pérsico en 1991. Desde entonces, y desde su utilización en los Balcanes a finales de los 90 y posiblemente en Afganistán en el 2002, ha habido discusiones sobre los efectos sobre la salud que tiene la exposición a los aerosoles de óxido de uranio que se producen cuando el uranio se quema en el aire durante el impacto. Por una parte, las evaluaciones convencionales basadas en los argumentos radiológicos de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) han hecho que la mayor parte de las agencias oficiales y los departamentos gubernamentales afirmen que la exposición a uranio a los niveles que se producen durante la batalla es demasiado baja para que se produzca o se observe algún efecto sobre la salud. Más aún, se argumenta que las poblaciones no son ni siquiera expuestas: que la contaminación del medio ambiente permanece localizada en las posiciones en las que se produjeron los impactos.

En base a estos dos argumentos, los abundantes informes de observación de detrimentos de salud en las áreas donde han sido utilizadas armas de Uranio Empobrecido han sido descartados por dichas autoridades y por lo tanto los militares han sido absueltos de haber utilizado armas de efecto indiscriminado. Esto es un punto ético y legal importante, ya que dicho uso es similar a la utilización de armas químicas o biológicas y es por lo tanto ilegal según la Convención de Ginebra. En lo que respecta a al tema radiológico, el Comité Europeo sobre Riesgos de Radiación (ECRR), una agencia independiente de riesgos de radiación con sede en Bruselas, ha publicado un modelo de riesgos que centra su atención en lo inadecuado de los modelos de riesgos de radiación del ICRP para tratar con las consecuencias sanitarias de los radionucleidos internos (ECRR 2003). Las preocupaciones del ECRR han sido también expresadas por la agencia francesa IRSN que está de acuerdo con el ECRR sobre lo inadecuado del modelo del ICRP para las exposiciones internas (IRSN 2005). Los errores en el modelo del ICRP, que está basado en las irradiaciones externas tras una larga dosis, son particularmente importantes cuando se consideran partículas radiactivas internas e isótopos que actúan sobre el ADN. Los aerosoles producidos por las armas de uranio se encuentran en estas dos categorías ya que las partículas tienen diámetros promedios inferiores a una micra y son respirables, y cuando son transportadas al tejido pulmonar mediante la circulación linfática pueden provocar una elevada concentración de iones de uranio en las células. El uranio en forma de ion uranilo  $UO_2^{++}$  tiene una enorme afinidad por el fosfato ADN. La constante de afinidad es de alrededor de 1010 (Nielsen 1992) y se han utilizado tintes de uranio para efectuar imágenes del ADN en microscopia electrónica desde los años 60 (Zobel et al 1961, Huxley y Zubay 1961). Recientemente, uno de nosotros ha señalado que el uranio podría enfocar la radiación de fondo natural externa hacia el ADN y aumentar su efecto radiológico (Busby 2005, Busby 2005b).

Hay pruebas considerables de que el uranio es genotóxico y cancerígeno y está asociado con todo un abanico de efectos dañinos sobre la salud. Sin embargo, esto nos lleva al segundo punto principal en lo que respecta a las armas de uranio, el de la dispersión de las partículas y la posible exposición

de aquellos que se encuentran a cierta distancia del punto de impacto, incluyendo personas no combatientes. La dispersión medioambiental de las partículas de uranio después de cualquier uso en un campo de batalla es un tema de considerable interés. Sin embargo, se han hecho muy pocos intentos por parte de las agencias oficiales de determinar esta dispersión de los aerosoles de uranio; en vez de ello se ha limitado a afirmar que el material permanece cerca de los sitios de impacto y que no puede contaminar a aquellos que se encuentran más lejos que varias decenas de metros de ese punto.

Desde los años 90, se han efectuado medidas de uranio en filtros de muestreo de grandes volúmenes de aire por parte del Atomic Weapons Establishment de Aldermaston en Berkshire, Reino Unido. El requerimiento de efectuar mediciones de uranio y plutonio fue ocasionado por una investigación pública a principio de los 90 sobre las emisiones de estas sustancias al medio ambiente local y las preocupaciones de las personas locales tras el descubrimiento de un exceso significativo de leucemia infantil en el área alrededor de la planta (para una discusión y los artículos principales, véase Beral et al 1990). El AWE efectuó medidas medioambientales de la contaminación radiactiva tanto en el lugar como a cierta distancia de él a varios intervalos. En el año 2000 se medía de manera rutinaria (generalmente a intervalos de dos semanas) la actividad alfa y beta en telas (por donde pasaba el aire de manera pasiva) y también los niveles de uranio y plutonio en muestreadores de aire de gran volumen. Estas medidas se hicieron en las instalaciones y fuera de ellas en diversas localizaciones mostradas en el mapa de la Fig 1, y tenían el objetivo de monitorizar las emisiones de uranio del AWE. Los lugares donde se instalaron las estaciones de control fuera de las instalaciones se encontraban a una distancia considerable de la planta. Por lo tanto, la comparación de los niveles de radiación entre los distintos sitios posibilitaba la detección de emisiones del AWE.

La publicación anual de los resultados de estas medidas se interrumpió en 1999 pero la monitorización continuó, con los resultados aparentemente mandándose a la agencia de medio ambiente del Reino Unido. Se nos ocurrió examinar estos datos para analizar cualquier evidencia de uranio provocada por la Segunda Guerra del Golfo que comenzó en marzo del 2003. La cuestión que queríamos tratar es la siguiente: si los aerosoles de uranio provenientes de los bombardeos de Irak en marzo del 2003 se dispersaron a nivel medioambiental lo suficiente como para alcanzar Europa. En el año 2004 solicitamos a AWE el acceso a estos datos, pero no los pusieron a nuestra disposición. En enero de 2005, se aprobó en el Reino Unido la Ley de Libertad de Información (FOI, en inglés). Gracias a una solicitud formal efectuada bajo la FOI a el AWE sobre los resultados obtenidos del 2000 al 2004 nos llegaron los datos en papel, pero curiosamente faltaba únicamente el periodo que cubría la Segunda Guerra del Golfo, es decir, los inicios del año 2003.

Una nueva solicitud resultó en una larga espera, y cuando eventualmente recibimos estos datos lo hicimos de mano de la Agencia de Obtención de Defensa en Bristol, y no del AWE. En este artículo informamos de la tendencia encontrada concerniente a los niveles de uranio en las muestras de aire de gran volumen en las instalaciones y cerca del AWE de Aldermaston, tal y como lo muestran estos datos.

## » Metodología

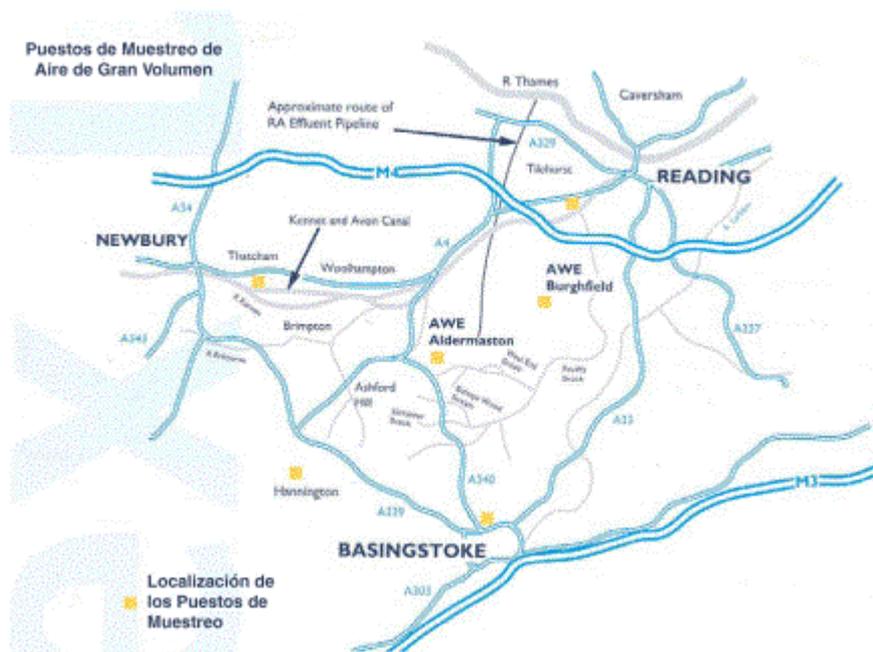
Obtuvimos los datos en el AWE y en varios puestos de control, mostrados en la Fig 1 y listados en la Tabla 1. No todos los puestos estuvieron operando de manera continua durante todo el periodo en el que estamos interesados, por lo que decidimos examinar los datos de Hannington, Thatcham, Silchester y Reading, cuatro lugares para los que los resultados de la monitorización eran prácticamente continuos. La distancia en kilómetros desde el AWE a cada uno de estos lugares se muestra en la Tabla 1. Convertimos los datos de Uranio del HVAS a nBq/m<sup>3</sup> y examinamos los datos colocando en un gráfico los datos desde comienzos del año 2000 hasta finales del 2003 para

cada uno de los cuatro lugares de muestreo, y también para los detectores de HVAAS de la planta. También efectuamos tests estadísticos sobre las desviaciones principales de los niveles promedio, particularmente las desviaciones asociadas con el periodo que coincide con el inicio de la Segunda Guerra del Golfo.

➔ Tabla 1 Distancia aproximada y dirección de los muestreadores de aire de gran volumen (HVAAS) fuera del AWE.

Puesto de muestreo	Dirección desde el AWE	Distancia aproximada en km
Hannington	SO	12
Thatcham	OxN	12
Silchester	E	3
Reading	NE	13

Fig 1 Puestos de muestreo de aire de gran volumen en las cercanías del Atomic Weapons Establishment, Aldermaston, en el informe de 1997.

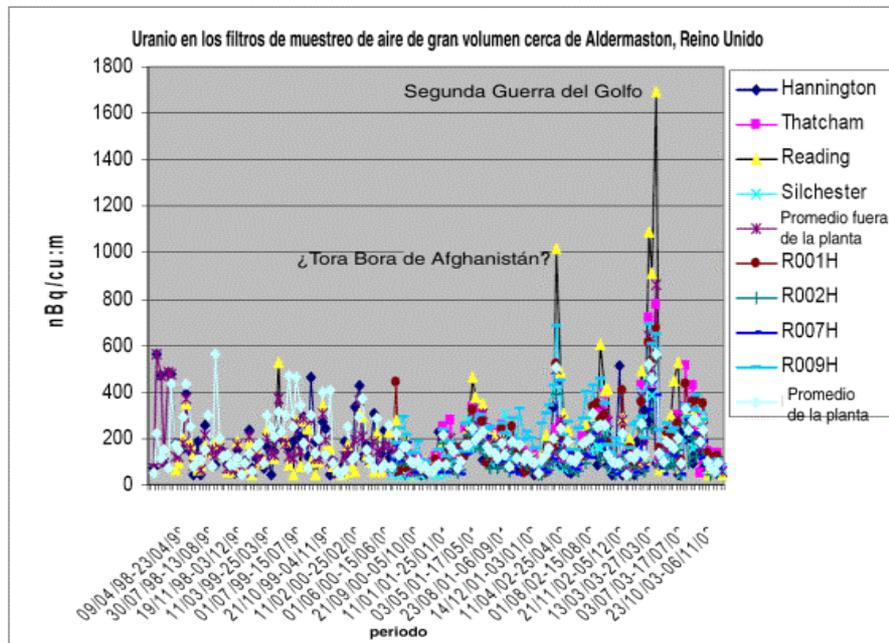


### >> Resultados

El gráfico de los niveles de uranio en el aire durante todo el período se muestra en la Fig 2, donde se han dibujado de manera separada los datos de todos los puestos de muestreo. En la Fig 3 mostramos el periodo inmediatamente anterior y posterior a los bombardeos de la campaña de “Conmoción y Espanto” por parte de EEUU en Irak en la Segunda Guerra del Golfo que comenzaron el 19 de marzo del 2003. Las desviaciones de los niveles de uranio que se pueden observar en los datos son diferentes de manera estadísticamente significativa del valor promedio, y en el caso del puesto de Reading excedieron el límite estatutario de 1000ng/m<sup>3</sup> por encima del que la Agencia Medioambiental tiene que ser informada. En la Tabla 2 se proporcionan los niveles de la planta y de fuera de ella en un pequeño periodo de tiempo antes y después de los bombardeos de Conmoción y

Espanto. La Tabla 3 proporciona los datos durante el bombardeo de la Segunda Guerra del Golfo. La Tabla 4 muestra algunos datos estadísticos para los resultados.

Fig 3 Uranio en el aire (nBq/m<sup>3</sup>) durante el periodo de la campaña de bombardeos de Conmoción y Espanto de EEUU tal y como lo muestran los datos de HVAS cerca del Atomic Weapons Establishment en Aldermaston, en cuatro localizaciones de fuera de las instalaciones y cuatro puestos en las instalaciones, R001H, R002H, R007H y R009H. El significado de los colores es el mismo que el de la Fig 2.



➡ Tabla 2. Niveles promedio de uranio en el aire fuera y dentro de las instalaciones de los muestreadores de aire de gran volumen por separado cerca del AWE en Aldermaston, el Reino Unido, durante el periodo de la Segunda Guerra del Golfo, "Operación Libertad Iraquí". El primer bombardeo de magnitud se produjo el 19 de marzo. El periodo de guerra está justificado a la derecha en la columna 1 de la tabla.

Periodo de colección del filtro	Nivel promedio en la planta (nBq/m <sup>3</sup> )	Nivel promedio fuera de la planta (nBq/m <sup>3</sup> )
19/12/02-03/01/03	41.5	64.75
02/01/03-16/01/03	118	139.25
16/01/03-30/01/03	117	80.5
30/01/03-13/02/03	134.75	86.5
13/02/03-27/02/03	266.75	375.75
27/02/03-13/03/03	129.25	81
13/03/03-27/03/03	516.75	642.25

27/03/03-10/04/03	456.5	498.5
10/04/03-24/04/03	563.25	863.75
24/04/03-08/05/03	137.5	94.75
08/05/03-22/05/03	98	102.75
22/05/03-05/06/03	188	149.75
05/06/03-19/06/03	171	168
19/06/03-03/07/03	159.25	255
03/07/03-17/07/03	201.5	283
17/07/03-31/07/03	92	57.25
31/07/03-14/08/03	329	331.75

➔ **Tabla 3** Eventos en la Guerra del Golfo

<b>Fecha</b>	<b>Evento</b>
01/03/03	Se produjeron ataques con misiles a instalaciones iraquíes de radar y otras instalaciones militares en los inicios de marzo del 2003
19/03/2003	El presidente George W Bush declara la guerra a Irak a las 5:30 am hora de Bagdad cuando EEUU lanzan la Operación Libertad Iraquí. Llamado un <b>◆Ataque de Decapitación◆</b> , el ataqué inicial aéreo intentó concentrarse en Saddam Hussein y otros líderes de Bagdad
20/03/2003	EEUU lanzó una segunda ronda de ataques aéreos contra Bagdad. El secretario de estado Rumsfeld: <i>Lo que vendrá a continuación será una fuerza, un alcance y una escala que está más allá de lo que hemos visto hasta ahora</i>
21/03/1003	Duros ataques aéreos contra Bagdad y otras ciudades. La campaña, publicitada con anterioridad por el Pentágono se denominó <b>◆Campaña de Conmoción y Espanto◆</b>
14/04/2003	La Guerra principal ya está en marcha

➔ **Tabla 4** Datos estadísticos sobre los resultados de los cuatro puestos de muestreo de aire de gran volumen del AWE (nBq/m<sup>3</sup>). Periodo del 29/06/00 al 04/12/ 03 que representa 89 periodos de dos semanas de los cuales 3, del 13/13/13 al 24/04/03 son los designados como **◆guerra◆** y 86 son designados como de **◆sin guerra◆** para la regresión logística y ANOVA. Se muestran los valores promedio y las desviaciones estándar.

Filtro	Sin Guerra		Guerra	
	Promedio	Desv Std	Promedio	Desv Std
Hannington	116.6	78	259	158
Reading	201.3	152	1230	409
Silchester	134.4	78	468	100
Thatcham	168.9	97	641	181
<b>Fuera de AWE</b>	<b>155</b>	<b>101</b>	<b>650</b>	<b>212</b>
R001	166.4	105	606	69
R002	111.7	62	411	154
R007	117.3	69	382	61
R009	220	106	649	42
<b>En AWE</b>	<b>154</b>	<b>85</b>	<b>512</b>	<b>82</b>

El ANOVA de una dirección proporcionó una  $p < 0.000$ ;  $F > 50$  para los tests de significación entre las diferencias entre todos los puestos individuales fuera del AWE excepto para Hannington, para el que  $p = 0.004$ . Para todos los puestos fuera del AWE combinados y todos los puestos en AWE combinados se obtuvo  $p < 0.000$  para el test de  $\diamond$  guerra  $\diamond$  comparado con  $\diamond$  sin guerra  $\diamond$ .

### »» **Discusión**

El aumento de los niveles de uranio en los filtros que se produjo durante el periodo del 13 de marzo al 24 de abril del 2003 no fue un fenómeno que fuera debido al azar. La inspección de los datos mostrados en las figuras 2 y 3 y de los datos estadísticos muestra que los niveles promedio durante los dos años anteriores al exceso eran de aproximadamente  $100 \text{ ng/m}^3$ , comparado con los niveles de exceso de  $600 \text{ ng/m}^3$ . ¿De dónde pudo provenir este uranio? ¿Fue el aumento de los niveles de uranio debido a las partículas de óxido de la Segunda Guerra del Golfo?

El aumento del uranio en los filtros se produjo en todos los filtros, y los niveles son mayores fuera de la planta que en la planta. Por lo tanto podemos asumir que el evento que produjo estos niveles es diferente a cualquier tipo de emisión proveniente del Atomic Weapons Establishment, los aumentos apuntan hacia un aumento del uranio en el aire en todo el área durante el periodo representado por los filtros. Estos aumentos se observaron en el periodo que comprende del 13 de marzo al 24 de abril. Esto coincide aproximadamente con el periodo de la Segunda Guerra del Golfo, y como actualmente se acepta de manera universal que se utilizó una cantidad significativa de armas de uranio en los bombardeos y en la guerra anti-tanques, parece razonable conectar los aumentos de uranio en los filtros con la producción de aerosoles de óxido de uranio en Irak. El primer aumento se observó en el filtro retirado y medido el 27 de marzo, 9 días tras el comienzo de los bombardeos del 19 de marzo. Esto requeriría la existencia de una corriente de aire desde Irak hacia Inglaterra en el periodo del 19 al 27 de marzo. Además de ello, debería ser posible que las partículas pudieran ser transportadas por esta corriente de aire, aunque en cierta manera, las pruebas del actual análisis están implícitas en los resultados; es decir, los aumentos hallados demuestran claramente que las partículas de uranio son capaces de viajar largas distancias.

Tal y como ya se afirmó en la introducción, existe un considerable desacuerdo sobre la dispersión de los aerosoles creados por las armas de uranio tras su producción en el campo de batalla. Por una parte, los militares y las agencias oficiales afirman que las partículas no viajan lejos del lugar del impacto, y que la contaminación permanece localizada a unas pocas decenas de metros del lugar del impacto. El Informe de la Royal Society del Reino Unido sobre el Uranio Empobrecido afirmaba que el transporte atmosférico del UE se produce sobre una distancia relativamente corta (decenas de metros) tras el impacto de proyectiles de penetración de armaduras. Aunque hubo informes de un aumento de los niveles de uranio en Hungría durante la utilización de UE en Kosovo, la Royal Society argumenta que el uranio se debió al aumento de la presencia de uranio natural en la carga de polvo atmosférico debido a los bombardeos, y no debido al UE proveniente de las armas (Royal Society, 2002). Los equipos de medio ambiente de las Naciones Unidas que visitaron los Balcanes (UNEP) también mantienen que el UE permanece cerca de los lugares donde se utiliza, y efectuaron muchas medidas medioambientales en Kosovo (UNEP2001). Sin embargo, Busby efectuó medidas de UE en Kosovo y fue capaz de mostrar que existía polvo de UE en charcos de lluvia que se habían creado unos nueve meses después de los ataques que produjeron ese UE, y las medidas subsiguientes efectuadas por la UNEP en Bosnia y Montenegro demostraron la existencia de partículas de UE en el aire (véase Busby 2003). Priest visitó Kosovo y Bosnia para la BBC y efectuó medidas de orina entre los miembros del público en las áreas donde se utilizó UE. Utilizando espectrometría de masas, encontró UE significativo en todas las personas que analizó, incluyendo sus propias cámaras de la BBC (Priest 2003). Diezt informó en 1991 que él había sido capaz de demostrar en los años 80 que el UE del Knolls Atomic Power Laboratory en Schenectady, NY, con diámetros de alrededor de 4 micras, era capaz de viajar unas 26 millas desde la planta que lo originó.

La Royal Society asumió que el diámetro aerodinámico promedio del UE del campo de batalla se encontraba entre 1 y 5 micras. Sin embargo, las medidas efectuadas por el ejército de EEUU a finales de los 80 utilizando sistemas de filtros sofisticados mostraron que la mayoría de los diámetros de las partículas eran mucho menores que estas cifras. La Tabla 5 lista los diámetros de las partículas de UE encontrados en un análisis de un estudio efectuado por el Pacific Northwest Laboratory en 1984 (Glissmeyer et al 1985). La variación en las medidas descritas podría ser debido a la dificultad de medir los diámetros de partículas ultrafinas.

➔ **Tabla 5.** Distribución aproximada del tamaño aerodinámico equivalente de partículas de UE obtenidas de pruebas de disparos en el exterior (Glissmeyer, Mishima and Bamberger, 1985)

<b>AMAD de las partículas micrómetros ( μ m)</b>	<b>Porcentaje de masa en el rango de tamaño</b>
<0.18	31
0.18-0.56	14
0.56-1.8	15
1.8-5.6	13
5.6-18	11
18-56	7
>56	9

Queda por lo tanto claro que casi la mitad de la masa total del óxido de uranio consiste en partículas

menores que la longitud de onda de la luz visible, partículas cuyo comportamiento podría considerarse como el de un gas. Es por ello que la dispersión de dicho material se podía esperar que fuera similar a la dispersión de los gases radiactivos provenientes de los accidentes nucleares como el accidente de Chernobyl. Es meramente una cuestión de examinar los patrones de las corrientes de aire para ver si el aire de Irak podría haber alcanzado el Reino Unido y Europa.

» *Las corrientes de aire desde Irak a Europa en aquel momento*

Las condiciones meteorológicas en el momento de los bombardeos iniciales eran anómalas, de manera que probablemente había una corriente de aire desde Irak hacia Europa. En realidad, en febrero del 2003 y más tarde en abril de ese mismo año, esta corriente de aire transportó arena del desierto del Sáhara hasta el Reino Unido (Burt 2003, Simons 2003).

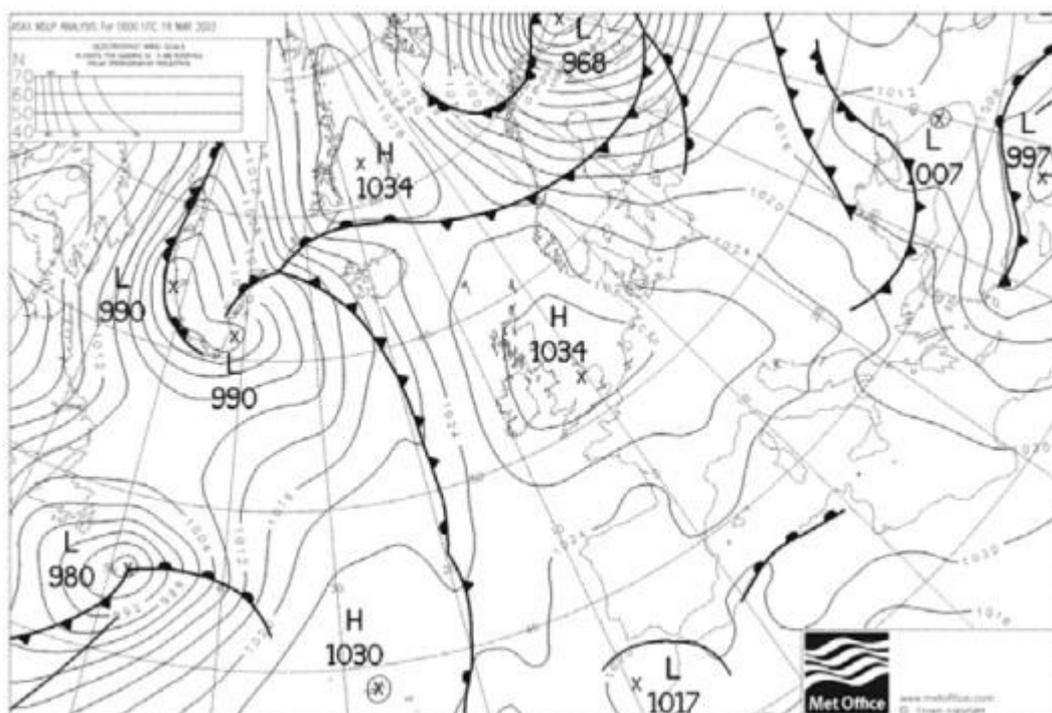
En lo que respecta a Europa Occidental, durante la mayor parte del periodo, incluyendo el de la Guerra del Golfo, hubo una corriente de aire desde el sur hacia Inglaterra generada por un complejo de bajas presiones del Atlántico, con altas presiones constantes sobre el Reino Unido y Francia. El aire también entró en este sistema de altas presiones desde el este, y este aire también se atrajo desde el sur. Las figuras 4, 5 y 6 muestran las condiciones sinópticas para Europa, el norte de África y el Atlántico en las fechas de 19-22 de marzo y la figura 7 muestra la presión atmosférica y la situación geopotencial del 19 de marzo cuando se produjeron los primeros ataques. De estas imágenes queda claro que existe una corriente de aire potencial significativa desde África hacia Europa. Un análisis de las cartas sinópticas de Irak, el Mediterráneo y el este de Europa muestran que del 19 al 25 de marzo los vientos en Bagdad (donde se produjeron los bombardeos principales) soplaban desde el sur o desde el suroeste, mandando cualquier material hacia el norte hacia la zona de bajas presiones débiles durante la mayor parte del periodo. Esta línea de bajas presiones persistente se observa claramente en la unión entre el aire templado y frío en la Fig 7. Estos sistemas inyectaron aire en la corriente este hacia el anticiclón de Inglaterra y Francia. La Tabla 6 resume la situación diaria en Irak y Europa del Este según las cartas estereográficas polares de la oficina del Met.

➔ **Tabla 6** Sistemas meteorológicos en Irak, el Mediterráneo y Europa.

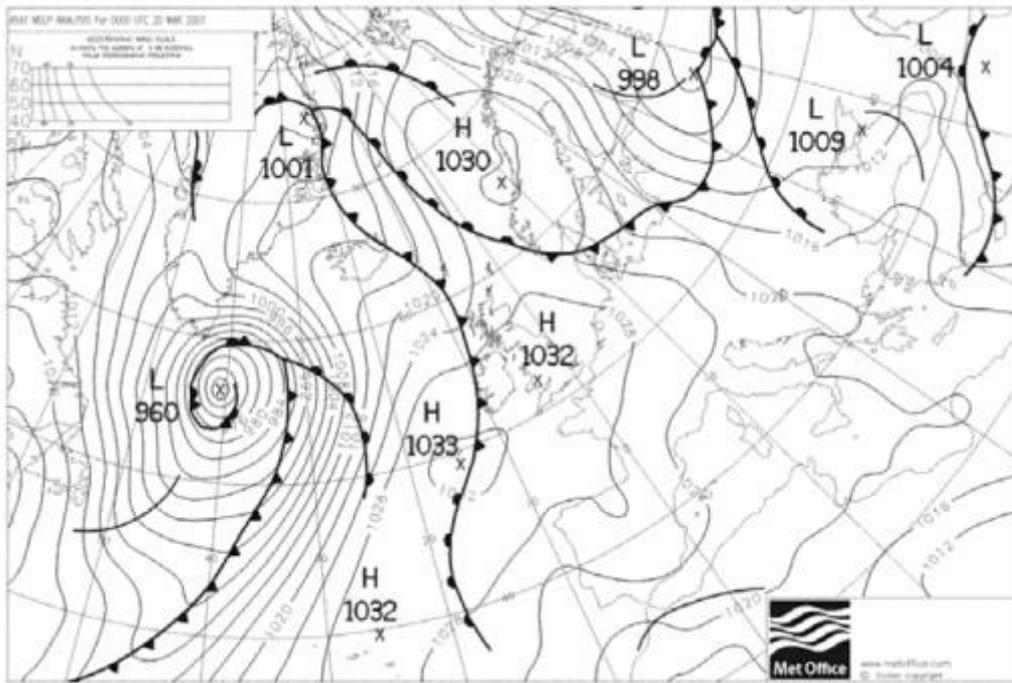
<b>Fecha</b>	<b>Viento en Bagdad</b>	<b>Velocidad en nudos</b>	<b>Resumen general a las 12:00</b>
19/03/03	O a SO	15-20	Alta 1032 Inglaterra; Baja 970 N Rusia; Baja N África 1010; bajas presiones débiles en Chipre hasta Turquía/Grecia hasta Ucrania
20/03/03	SO	15	Baja 993 Rusia con bajas presiones hacia N Grecia y Dinamarca; Baja 1001 E Turquía; bajas presiones hacia Chipre
21/03/03	S a SO	10	Baja 1000 Ucrania moviéndose hacia el E; Bajas presiones N Grecia hasta N Turquía
22/03/03	SO	10	Alta 1035 Francia; Baja 1017 Ucrania; bajas presiones desde S Italia hasta Chipre-Turquía
23/03/03	SO	10	Alta 1032 Francia; Baja 1002 S Mediterráneo moviéndose hacia el Este; bajas presiones en Egipto-Turquía y Grecia-Turquía
24/03/03	S o SO	20	Alta 1027 N África; Alta 1024 Francia; frentes

Esto quiere decir que como mínimo, las condiciones atmosféricas no se oponen a la conclusión de que el uranio de Aldermaston proviniera de los bombardeos de Irak. Cálculos efectuados con un modelo de ordenador sobre el origen de aire que llegó a Reading el 27 de marzo utilizando el algoritmo hysplit de noaa ( [www.arl.noaa.gov](http://www.arl.noaa.gov) ) muestra como regiones potenciales de origen del aire el noroeste de Europa fuentes del norte de África de alturas de llegada de 1K y 5K. De la longitud de estas trayectorias, Martin Doyle de la Universidad de East Anglia, con el que discutimos este tema, reconoce que el material cuyo origen estuviera en lugares como Irak podría llegar al Reino Unido en un periodo de siete días, aunque él señala que las trayectorias entre Oriente Medio y el Reino Unido no son comunes (Doyle 2006). Sin embargo, las condiciones meteorológicas en ese periodo de tiempo eran anómalas, y ya que el uranio claramente está ahí, las pruebas empíricas son que llegó una cantidad suficiente de aire de Irak a Europa como para provocar un aumento en los niveles de uranio en los filtros. Claramente para el 11 de abril, el modelo hysplit de noaa muestra que el aire que llega a Reading procede del aire de diez días antes que se encontraba en Irak. Esto explicaría los niveles más altos en el segundo de los filtros del HVAS durante el periodo de la guerra. La trayectoria inversa de los cálculos del noaa se muestra en la Fig 8.

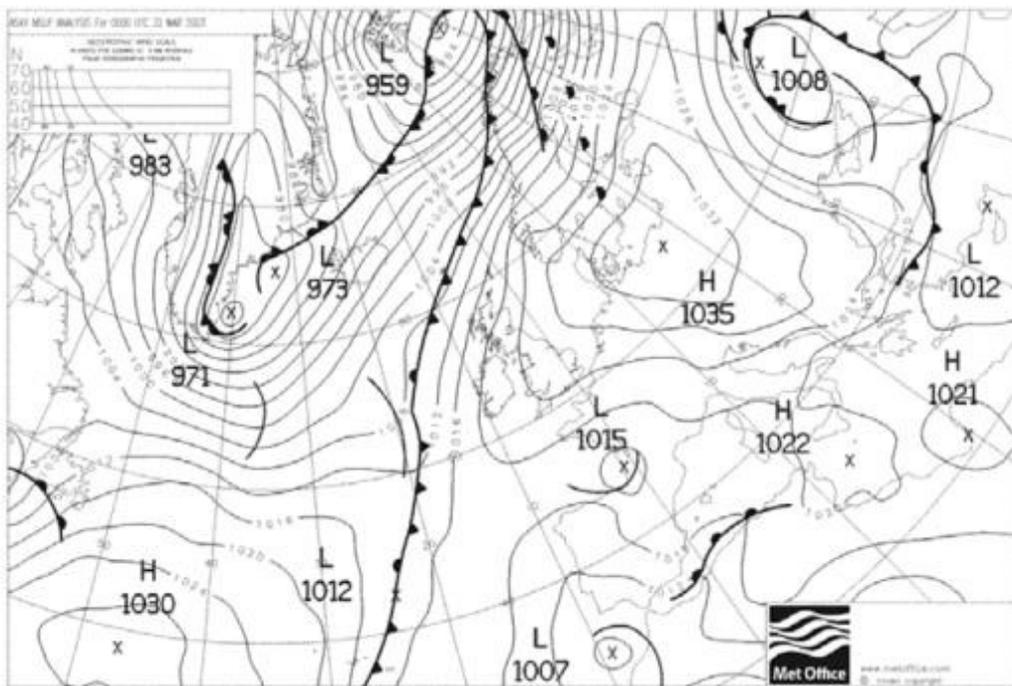
**Fig 4** Carta Sinóptica para el Atlántico/Europa para el 19 de marzo de 2003. ( Fuente: *Meteorological Office, Bracknell; www.wetter-zentrale.de* )



**Fig 5** Carta Sinóptica para el Atlántico/Europa para el 20 de marzo de 2003. ( Fuente: *Meteorological Office, Bracknell; www.wetter-zentrale.de* )



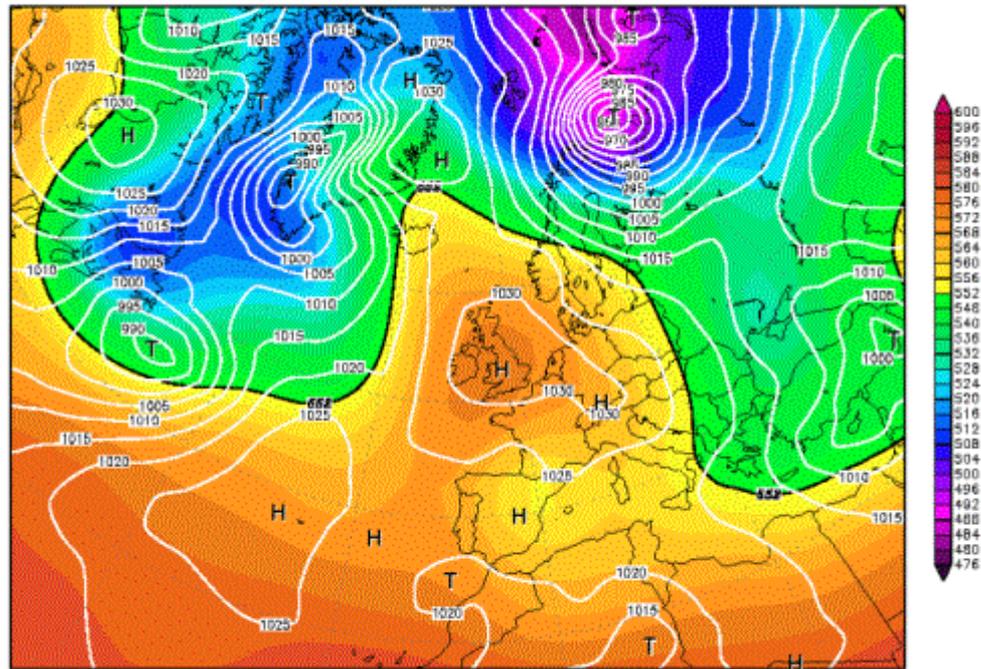
**Fig 6** Carta Sinóptica para el Atlántico/Europa para el 22 de marzo de 2003. ( Fuente: *Meteorological Office, Bracknell; www.wetter-zentrale.de* )



**Fig 7** Carta geopotencial y de presiones atmosféricas para al Atlántico y Europa mostrando el aire caliente de África penetrando en Europa Occidental (Fuente *www.wetter-zentrale.de* )

19MAR2003 00Z

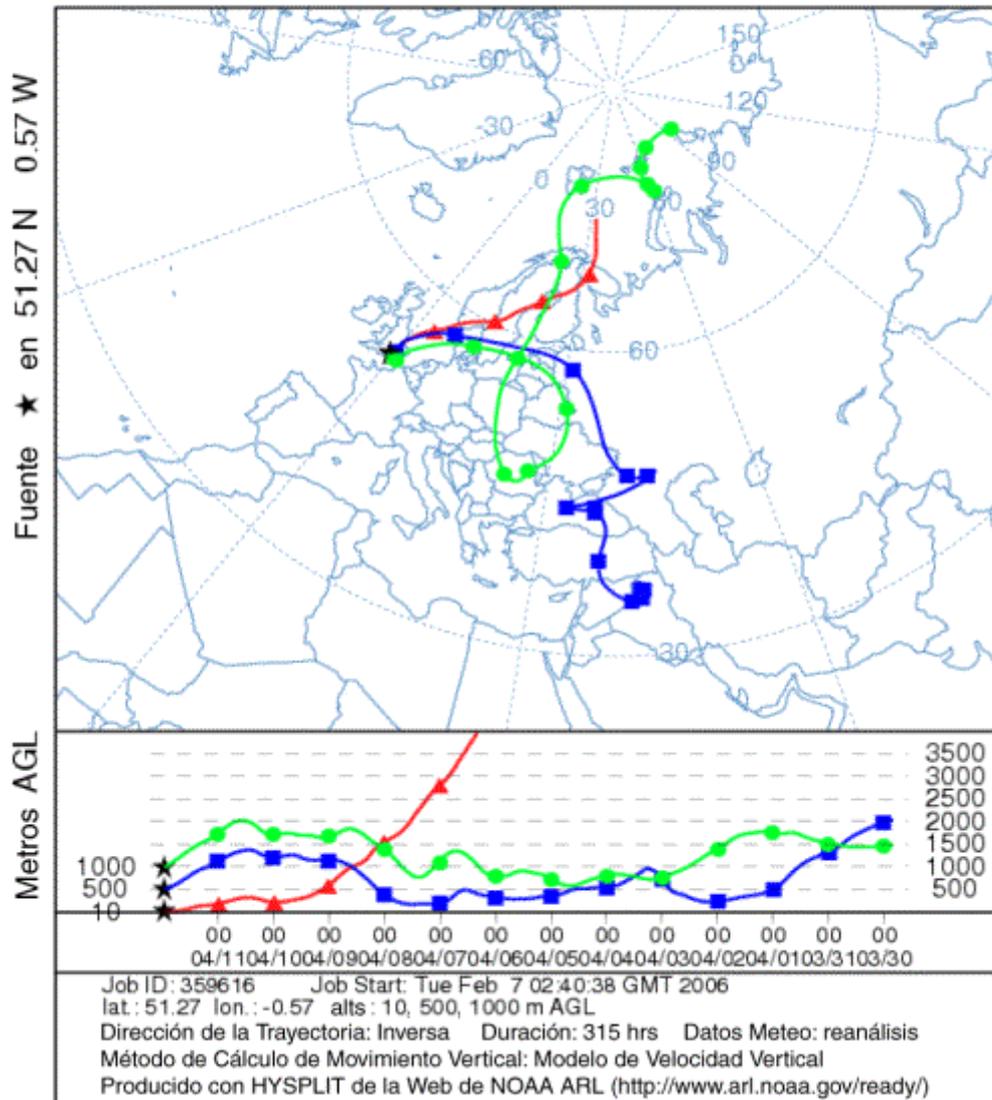
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

**Fig 8** Trayectoria inversa según los cálculos del NOAA HYSPLIT para fuentes de aire a varios niveles (10, 500 y 1000 m en Reading) para el aire que llegó a Reading el 11 de abril de 2003. Cada punto representa 24 horas.

**MODELO NOAA HYSPLIT**  
**Trayectorias inversas finalizando en 23 UTC 11 Abr 2003**  
**Datos Meteorológicos CDC1**



» Exposición del público a los aerosoles de uranio de la Segunda Guerra del Golfo

Durante el periodo de exceso, el nivel promedio de uranio en aire fuera de la planta y durante 6 semanas fue de 650nBq/m<sup>3</sup>, con niveles máximos en Reading que excedieron el nivel estatutario de aviso a la Agencia Medioambiental de 1000ng/m<sup>3</sup> en dos ocasiones. Debido a que se podría considerar que el nivel de fondo es de 155 nBq/m<sup>3</sup>, podríamos afirmar que existió un exceso de uranio en el aire de 500 nBq/m<sup>3</sup>. Si este material estaba formado por partículas de óxido de uranio procedentes de los bombardeos de la Guerra del Golfo, podemos calcular el número de partículas de 0.25 µm de diámetro por cada metro cúbico de aire. Se considera que la actividad del uranio es de 12.5MBq/kg. Por lo tanto, la masa que equivale a 500 nBq/m<sup>3</sup> es aproximadamente 4 x 10<sup>-11</sup>g. Tomando como densidad del uranio 9.8, hay unas 48.000 partículas de 0.25µm de diámetro por metro cúbico. Utilizando volúmenes de inhalación del estándar del ICRP (23 m<sup>3</sup> por día, ICRP 1974) y asumiendo un 50% de inhalación del uranio del exterior, en las seis semanas en las que los niveles de uranio estuvieron elevados cada persona habría inhalado unas 23 millones de partículas. Estas partículas habrían sido trasladadas rápidamente desde los pulmones al sistema linfático donde tendrían acceso a todos los tejidos del organismo.

No es el objetivo de este artículo dedicarse extensamente a tratar los efectos sobre la salud de las partículas de uranio y otras exposiciones internas. Uno de los autores ya ha tratado este tema en otras publicaciones (véase Busby 2002, 2003, CERRIE 2004) y existe considerable bibliografía señalando una mutagénesis asociada a la exposición a partículas de uranio provenientes del uso de armamento (Craft et al. 2004, Kuepker y Kraft 2004). Los argumentos sobre los efectos sobre salud son el eje de la validez científica del uso de modelos de riesgo de radiación obtenidos de estudios de dosis elevadas de radiación externa aguda (principalmente estudios japoneses sobre la bomba atómica) para su aplicación en casos de exposiciones internas crónicas a sustancias radiactivas que producen dosis anisotrópicas, es decir, dosis locales. Además, ya uno de los autores ha señalado en otros artículos que el uranio amplificará la radiación gamma natural de fondo debido a su elevado número atómico y su habilidad de convertir la radiación gamma en fotoelectrones locales (Busby 2005, 2005b). El uranio tiene una gran afinidad por el ADN (Nielsen et al 1992, Zobel et al 1961, Huxley y Zubay 1961, Constantinescu 1974), y en las células en las que se ha internado una partícula de uranio de tamaño inferior a una micra, la concentración iónica de equilibrio del uranio será lo suficientemente elevada como para saturar el ADN de la célula uniéndola al fosfato. Este enfoque de la radiación sobre el ADN podría ser la causa de muchos efectos mutagénicos anómalos que se vienen observando en cultivos celulares (Miller et al 2002, 2004), en animales de laboratorio (Paquet 2005, IRSN 2005) y en los muchos informes de deterioros de salud asociados con una exposición al uranio (Craft et al 2005, Zaire et al 1997)

## »» Conclusión

La utilización de armas de uranio en el campo de batalla ha sido clasificado por algunos como armas de efecto indiscriminado, y como tales serían implícitamente ilegales bajo varias convenciones de guerra. Aquellos que defienden o justifican su utilización lo hacen argumentando que el uranio permanece localizado en el punto de impacto o cerca de él, y que la exposición a largos sectores de la población nunca se llega a producir. La historia de la obtención de los datos en este caso apoya la idea de que el AWE estaba al corriente de que sus filtros proporcionaban pruebas del movimiento a gran escala del uranio. Primero fueron reacios a entregarnos los datos; y necesitamos solicitarlos bajo la Ley de Libertad de Información para obligarles a entregarnos los resultados de su monitorización. De manera significativa, no nos mandaron inicialmente el bloque de datos relacionados con el pedido de la Guerra del Golfo, y fue necesaria una segunda solicitud. La larga espera entre esta segunda solicitud y la aparición de los datos, y el hecho de que los datos que faltaban vinieron de una organización diferente, la Agencia de Obtención de Defensa de Bristol, sugiere que se le prestó una atención significativa a la interpretación de los resultados, y que se efectuaron decisiones sobre lo que mostrarían los datos y sus implicaciones políticas para el ejército.

A pesar de la multitud de pruebas de que los aerosoles de uranio permanecen durante mucho tiempo en el medio ambiente y son capaces de viajar distancias considerables, que nosotros sepamos ésta es la primera prueba que demuestra que pueden viajar miles de kilómetros. La distancia viajada desde Bagdad hasta Reading siguiendo los patrones de viento implícitos en los sistemas de presión en aquel momento es de alrededor de unos 4000 km. Aunque al principio podría ser difícil de creer que este desplazamiento tan largo sea posible, los eventos regulares de arena del desierto que se producen en el Reino Unido deberían enseñarnos que el planeta no es un sitio tan grande, y que respecto a ciertos polucionantes atmosféricos de larga vida, ningún hombre es una isla. Ésta fue una lección mostrada primero de manera gráfica y alarmante por las pruebas nucleares atmosféricas de los 60 y subsecuentemente por el Estroncio-90 en la leche, y más recientemente por el accidente de Chernobil. Sin embargo, como las pruebas atmosféricas, el uso de armas de uranio en el campo de batalla, especialmente las nuevas bombas para acabar con los búnkers que contienen más de 1

tonelada de uranio en la cabeza nuclear, son eventos que son controlados por el ser humano: no son accidentes. Los resultados de los filtros del AWE deberían enseñarnos que las consecuencias no quedan restringidas a las áreas donde se utilizan estas armas. En realidad, en base a los resultados que hemos descrito aquí, habría habido una exposición significativa del público de muchos países. El uranio es un potente estresante genotóxico. Aunque las concentraciones en el aire son pequeñas en términos de masa, las pruebas sugieren que la expresión en el Reino Unido representa pruebas de la dispersión de un nuevo tipo de uranio, la partícula de óxido cerámico inferior a la micra. Parece probable que las concentraciones en el aire en los países europeos más cercanos a Irak hayan sido más elevadas que las halladas cerca de Aldermaston. En vista de los muchos informes de efectos genéticos heredables en las áreas donde el uranio ha sido utilizado y se han generado estas partículas, y de las enfermedades de las que se ha informado en los veteranos del Golfo, sería recomendable que se efectuara un análisis temporal de las tasas de mortalidad infantil y las malformaciones congénitas en las bases de datos europeas asumiendo una exposición fetal o a los padres en un periodo de pre-concepción a mediados de marzo del 2003. Hemos solicitado a la Oficina de Estadística Nacional del Reino Unido los datos mensuales, pero aparentemente no se encuentran todavía disponibles.

## » Referencias

- Beral V, Bobrow M and Roman E (1990) Childhood cancer and nuclear installations. London: British Medical Association
- Burt Stephen (2003) Dust Fall Events in February 2003. Bulletin No 394, Climatological Observer's Link
- Simons Paul (2003) Weather Eye. The Times London, Sat 5th April 2003.
- Busby C (2002) High Risks at Low Doses. Proceedings of the British Nuclear Energy Society International Conference: Health Effects of Low Level Radiation. Oxford 22-24 September (London:BNES)
- Busby C (2003) 'Depleted Science: Health Consequences and Mechanisms of exposure to fallout from Depleted Uranium weapons. In 'The Trojan Horses of Nuclear War; Proceedings of International Conference, Hamburg Oct 16th 2003 eds- Marion Kuepker and Dave Kraft Hamburg: GAAA; Evanston Ill: NEIS
- Busby C (2005) 'Depleted Uranium weapons, metal particles and radiation dose. Considerations of radiation exposure in tissue containing small dense particles of chemical elements of high atomic number as a consequence of secondary radiation fields resulting from scattering and photoelectron excitation.' European J. Biol and Bioelectr. 1(1) 82-93  
[www.ebab.eu.com](http://www.ebab.eu.com)
- Busby C (2005b) 'Does Uranium Contamination amplify natural background radiation dose to DNA? European J. Biol and Bioelectr.' [www.ebab.eu.com](http://www.ebab.eu.com) 1(2) 120-131
- CERRIE Minority Report (2004) Minority Report of the Committee Examining Radiation Risk from Internal Emitters. (Aberystwyth: Sosiuni Press)
- CERRIE Report (2004) Report of the Committee Examining Radiation Risks from Internal Emitters.' (Chilton :NRPB)
- Craft ES, Abu-Quare AW, Flaherty MM, Garofolo MC, Rincavage H and Abou-Donia MB (2004) Depleted and Natural Uranium: Chemistry and Toxicological Effects' Journal of Toxicology and Environmental Health B 7 297-317.
- Constantinescu DG (1974) Metachromasia through uranyl ions: a procedure for identifying the nucleic acids and nucleotides. Anal. Biochem. 62 584-587
- Deitz. Leonard A (1991) Uranium Health Hazard. Letter Chem Eng News
- Deitz. Leonard A (1980) CHEM-4-LAD Investigation of excess alpha activity in recent air filter collections and other environmental samples, Jan 24 1980 Technical Report , Knolls Atomic Power Laboratory, Schenectady, NY 12301.
- Doyle Martin (2006) personal communication.

ECRR2003 (2003) 2003 Recommendations of the European Committee on Radiation Risk. The health effects of exposure to low doses of ionising radiation for radiation protection purposes. (Aberystwyth: Green Audit)

Glissmeyer JA and Mishima J (1979) Characterisation of airborne uranium from test firing of XM774 ammunition. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington 99352; US Army Document PNL-2944

Glissmeyer JA, Mishima J, Bamberger JA (1985) Prototype Firing Range Air Cleaning System Proceedings of the 18th DOE Nuclear Airborne Waste Management and Air Cleaning Conference, Baltimore Maryland 12-16 Aug 1984. Ed- First, Melvin CONF 840806

IRSN (2005) Les consequences sanitaires des contaminations internes chroniques par les radionucléides. Avis sur le rapport CERI 'Etudes des effets sanitaires de l'exposition aux faibles doses de radiations ionisantes a des fins de radioprotection'. DRPH 22005/20 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. Fontenay aux Roses: IRSN

Kuepker M and Kraft D-eds. (2004) The Trojan Horses of Nuclear War; Proceedings of World Uranium Weapons Conference 2003 Hamburg Oct 16-19.

Huxley HE and Zubay G (1961) Preferential staining of nucleic acid containing structures for electron microscopy.' *Biophysical and Biochemical Cytology* 11(2) 273

ICRP 23 (1975) ICRP Reference Man. Pergamon Press: Oxford

Royal Society (2001) The Health Hazards of Depleted Uranium Munitions Part 1. Policy Document 6/01 London: Royal Society.

Royal Society (2001) The Health Hazards of Depleted Uranium Munitions Part 2. Policy Document 5/02 London: Royal Society.

Nielsen PE, Hiort C, Soennischsen SO,, Buchardt O, Dahl O and Norden B (1992) DNA binding and photocleavage by Uranyl VI salts. *J. Am. Chem. Soc* 114 4967-4975

Miller AC Brooks K, Smith J and Page N (2004) Effect of military relevant heavy metal, depleted uranium and heavy metal tungsten-alloy on gene expression in human liver carcinoma cells. *Molecular and cellular biochemistry* 255 (12) 247-5

Miller AC, Xu J, Stewart M, Brooks K, Hodge S, Shi L, Page N, McLain D (2002) Observation of radiation specific damage in human cells exposed to depleted uranium: dicentric frequency and neoplastic transformation as endpoints. *Radiation Protection Dosimetry* 99 (14) 275-8

Miller AC, Stewart M, Brooks K, Shi L, Page N (2002) Depleted uranium catalysed oxidative DNA damage: absence of significant alpha particle decay. *Journal of inorganic biochemistry* 91 (1) 246-52

Zaire R, Notter M and Thiel E (1997) Unexpected rates of chromosome instabilities and alteration of hormone levels in Namibian Uranium Miners. *Radiation Research* 147 (5) 579-584

Zobel CR and Beer M (1961) Electron Stains: Chemical studies on the interaction of DNA with Uranyl Salts *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 10 336-346