

Bioterrorismo y contaminación del agua

Vistos con una perspectiva de medio año, los inesperados acontecimientos del 11 de septiembre de 2001, con toda su gravedad, han podido resituarse en su justa medida, tanto en lo que respecta a las consecuencias macroeconómicas, a escala global, como en lo relativo a otros pánicos derivados o relacionados con ellos, como es el caso de las actividades que pueden englobarse bajo la denominación de bioterrorismo.

De hecho, el bioterrorismo constituía ya desde mucho antes una importante preocupación en países como los EE.UU., que a lo largo de 2000 habían organizado importantes simposios relativos a esta materia, que se iban repitiendo en diversas capitales importantes de aquel país. Los «fanáticos» de la navegación por Internet pueden disfrutar de largos viajes sin moverse de su silla a través del interesante tema del bioterrorismo.

Una definición: se trata del uso intencionado de microorganismos y toxinas (generalmente de origen microbiano, vegetal o animal) para producir enfermedad y muerte en los seres humanos, el ganado y las cosechas. Es decir, en el entorno humanizado de la biosfera.

De cualquier modo, tras un primer período de alarma tras el 11 de septiembre, durante el cual cualquier envío postal dudoso de polvo blanco era sospechoso de contener el agente responsable del carbunco (*Bacillus anthracis*), la injustificada alarma ha ido volviendo a sus justos cauces y el número de casos reales demostrados sigue siendo escaso.

El atractivo de las armas biológicas para su uso en ataques terroristas se atribuye al acceso fácil a un amplio rango de agentes biológicos que producen enfermedad, a sus bajos costes de producción, a su indetectabilidad por los sistemas de seguridad rutinarios y a su fácil transporte.

El primer caso descrito de bioterrorismo de la historia se remonta al siglo XIV (peste en Kaffa). Ya en el siglo XVIII, poblaciones casi enteras de indios norteamericanos fueron diezmadas por una contaminación intencionada con ropa portadora de viruela.

Por lo que respecta al terrorismo de Estado, en plena Segunda Guerra Mundial (1943), los norteamericanos iniciaron su programa de guerra biológica que, según parece, en 1953 pasó a ser puramente defensivo y fue

desmantelado de modo definitivo en 1969. No obstante, otros países también han ido acumulando existencias microbianas; el principal problema es el control de estas existencias en relación con un posible uso terrorista de unos microorganismos que, en teoría, deberían haber sido eliminados y seguramente no siempre lo fueron.

Es interesante constatar cómo en los últimos 30 años el número de países implicados en la proliferación de armas biológicas ha pasado de 4 a 17. En el caso de las armas químicas, el grado de proliferación ha sido aún mayor, pues se ha pasado de 4 a 20 países.

De cualquier modo, dejando de lado los recientes casos de carbunco detectados en los EE.UU. en relación con envíos postales, como consecuencia del citado síndrome post-11 de septiembre, los casos reales de bioterrorismo documentados han sido más bien escasos. El primer caso documentado se detectó en Dallas (Oregón) en 1984, con 751 casos de salmonelosis por contaminación intencionada de ensaladas en el sector de la restauración. En 1991 y 1995, respectivamente, en Minnesota y Arkansas, hubo falsas alarmas por toxina de ricino. En el caso del carbunco, o bien eran falsas alarmas (1997 en Washington y múltiples en 1998), o bien se trataba de una cepa no letal de *Bacillus anthracis* (Nevada, 1996). También se ha descrito un caso de shigelosis, por contaminación intencionada de *muffins* y *donuts* en el laboratorio de un centro médico, que afectó a 12 personas con diarrea grave, en ocho de las cuales se aisló *Shigella dysenteriae* tipo 2 (Dallas, 1996).

Aunque la lista de posibles agentes podría ser interminable, de acuerdo con los conocimientos actuales sobre la materia y teniendo en cuenta que algunos de esos agentes se han fabricado o incluso manipulado genéticamente para una hipotética guerra biológica, una primera lista de agentes provocadores de riesgos potenciales sería la que se comenta a continuación, en la cual, además del grupo a que pertenece el microorganismo, se indica el nombre de la enfermedad y la dosis mínima infectiva.

En el caso de bacterias, las citadas dosis suelen ser más altas. Por ejemplo, en el caso del citado agente del carbunco o ántrax (*Bacillus anthracis*), la dosis mínima infectiva es de 8.000-10.000 esporas, y en el de la peste (*Yersinia pestis*) de unos 3.000 organismos. En cambio,

otras bacterias son candidatas a ser empleadas para el bioterrorismo en función de dosis infectivas más bajas que las normales para este grupo de microorganismos. Así, la dosis mínima infectiva para *Brucella melitensis*, agente de la brucelosis, es de 10-100 organismos, y la de *Francisella tularensis*, agente de la tularemia, de 10-50 organismos. Otra bacteria candidata a un uso como herramienta de bioterrorismo es la productora de cólera (*Vibrio cholerae*).

Entre los virus, los mejores candidatos para un uso terrorista son el responsable de la viruela, teóricamente eliminado de forma definitiva, y los virus tipo alfa, responsables de encefalitis virales. Ambos grupos tienen una dosis mínima infectiva de 10-1.000 unidades virales. Un tercer grupo es el constituido por los virus causantes de fiebres hemorrágicas, como algunos filovirus y arnavirus, cuya dosis mínima infectiva es incluso menor (1-10 virus).

Finalmente, entre las rickettsias, un importante candidato es el desencadenante de la fiebre Q (*Coxiella burnetii*), cuya dosis mínima infectiva es de 1-10 microorganismos.

Las dosis mínimas infectivas anteriormente indicadas, incluso las más bajas, plantean algunas dificultades para el éxito de infecciones más o menos transmisibles por el agua. Todo dependerá de la fase del ciclo del agua donde tenga lugar la contaminación intencionada (terrorista).

De este modo, ninguno de los agentes infecciosos citados se comportaría como especialmente resistente al tratamiento potabilizador si fuera añadido al agua antes de su depuración, con la probable excepción de las esporas de *Bacillus anthracis*, en teoría más resistentes a las condiciones ambientales desfavorables.

En cambio, la contaminación directa de un depósito intermedio de distribución, de los que se alimentan de agua ya tratada, constituiría un problema mucho más grave. En este caso, en el supuesto de un depósito de 1.000 l de capacidad, que se quiera contaminar con un microorganismo que tenga una dosis mínima infectiva de 100 microorganismos, es preciso añadir 400.000 para infectarse bebiendo un vaso de agua de 250 ml.

De cualquier modo, debe considerarse la existencia de diversas vías de infección, la más importante de las cuales parece ser la constituida por los aerosoles. En efecto, en relación con la ingestión de agua constituye un mecanismo de transmisión considerablemente más eficiente, sobre todo teniendo en cuenta que la ingestión es voluntaria y la respiración, obligatoria, y que la vía más importante de transmisión de los microorganismos enumerados es la respiratoria. Si aceptamos que un adulto inhala 10-100 l de aire por minuto y se expone a una nube infecciosa durante 20 min (tiempo en el cual habrá respirado de 200 a 2.000 l), incluso si la concentración (microorganismos/l) es muy baja, los peligros

pueden ser evidentes. Por ejemplo, en el caso de la fiebre Q y de las fiebres hemorrágicas virales, un aerosol que contuviera 0,005 unidades virales por litro ya podría ser peligroso.

Los alimentos representan un ruta potencial significativa, tanto primaria como secundaria, si la primaria es el aerosol.

El agua, como se ha observado, es una ruta con capacidad de afectar a un gran número de personas. No obstante, es preciso tener en cuenta el factor de dilución y el hecho de que el tratamiento del agua puede ser, en muchos casos, efectivo para eliminar los agentes infecciosos.

La vía cutánea puede actuar si existen discontinuidades, en forma de cortes o abrasiones, o a través de membranas mucosas.

Finalmente, la vía respiratoria es la más importante, por inhalación de esporas, gotas y aerosoles. El aerosol es el sistema más efectivo y, de las gotas, las de 1-5 µm de tamaño.

Ésta es, a grandes rasgos, la situación de los principales microorganismos implicados en relación con el bioterrorismo.

Además de un primer grupo de microorganismos que pueden usarse directamente como armas biológicas en actuaciones de tipo bioterrorista, existe un segundo grupo que no puede ser utilizado de modo directo sino a través de las toxinas que produce. La toxina de este tipo más conocida es la botulínica, producida por la bacteria anaerobia *Clostridium botulinum*, motivo de toxiinfecciones alimentarias, que es la sustancia más tóxica que se conoce. Un solo miligramo de esta toxina puede causar la muerte de 30 millones de ratones. Es suficiente con ingerir 1/120 mg para causar la muerte de un hombre. En otras palabras, la adición de 33 mg de toxina a 1.000 l de agua provocaría una intoxicación mortal a cualquiera que ingiriera un cuarto de litro de agua.

La toxina botulínica puede obtenerse en cultivo anaerobio de *C. botulinum*. En realidad, existen varios tipos de toxina, todos de alta toxicidad. El tipo A es una sustancia de naturaleza proteica que se obtuvo en estado cristalino en 1946. De cualquier modo, no se trata obviamente de un producto que se prepare industrialmente ni se comercialice. Además, se desconoce cuál es su comportamiento frente a las dosis habituales de cloro en las aguas de bebida pero, dada su estabilidad relativamente alta al calor (se requieren temperaturas de 65-80 °C durante media hora para desactivarla) y su resistencia a las enzimas proteolíticas digestivas, pepsina y tripsina, se supone que el cloro no la afecta.

Otra toxina bacteriana, también susceptible de ser utilizada en bioterrorismo pero no mortal, es la enterotoxina B producida por *Staphylococcus aureus*, que manifiesta sus efectos a 0,02 µg por kilogramo de peso.

También pueden usarse para la guerra biológica las micotoxinas T2 producidas por diferentes hongos, así como diversos grupos de cianotoxinas (microcistinas, anacistinas, etc.) producidas por cianobacterias, que tienen su dosis letal 50 entre 25 y 250 µg por kilogramo de peso.

Las cianotoxinas constituyen un grupo diverso de toxinas producidas en los sistemas naturales por las cianobacterias, que tiene básicamente efectos hepatotóxicos y neurotóxicos, así como efectos en el sistema gastrointestinal. En la bibliografía científica existen casos descritos tanto en el hombre como en animales domésticos. Los casos humanos de efectos agudos están relacionados con la ingestión de agua, la hemodiálisis y el contacto con el agua en zonas recreativas.

Para la obtención masiva de esas toxinas debe partirse del microorganismo, lo que no es difícil, porque muy a menudo se producen proliferaciones (*blooms* o flores de agua) en lagos y embalses. El posterior cultivo de los microorganismos en laboratorios no resulta difícil si se cuenta con expertos, lo que posibilitaría también la extracción y la purificación de las toxinas, para añadirlas posteriormente en el acto terrorista al abastecimiento de agua.

También se han descrito otras toxinas procedentes de vegetales como candidatas para actos de bioterrorismo, como la del ricino (*Ricinus communis*). Aunque no se encuentran en las listas bibliográficas propuestas para el bioterrorismo, otras plantas muy tóxicas podrían usarse tras una extracción adecuada. Tal es el caso de la atropina, alcaloide contenido en *Atropa belladonna*, cuya dosis mortal para el hombre es de unos 20 mg, aunque su sabor amargo intenso puede representar una protección. También es muy tóxica la aconitina, que se obtiene de plantas del género *Aconitum*, que producen la muerte por ingestión de 2 mg. Aunque tiene un sabor picante intenso, éste podría quedar enmascarado por la fuerte dilución en que puede utilizarse. Sería suficiente con la disolución de 8 g en 100 l de agua para que la ingestión de un vaso de agua fuera mortal.

Tras esta breve introducción al tema de las toxinas procedentes de seres vivos en relación con su posible uso en casos de bioterrorismo, se efectuará una serie de consideraciones finales sobre el posible éxito de las acciones bioterroristas, la respuesta médica en distintos ámbitos y la actuación del sistema de salud pública.

En realidad, las posibilidades de éxito de las entidades biológicas como herramientas terroristas van ligadas a una serie de características que en gran medida comparten: relativa estabilidad en el medio ambiente; susceptibilidad de las poblaciones civiles; provocan enfermedades de alta morbilidad y a veces alta mortalidad; en algunos casos, se transmiten de persona a persona (viruela, peste, fiebre hemorrágica); en ausencia de alerta

de la población, son difíciles de diagnosticar y tratar; muchas se han desarrollado previamente como armas biológicas; algunas son relativamente fáciles de obtener; pueden diseminarse en un área geográfica grande; provocan pánico en la población; pueden colapsar los servicios médicos y los autores de los atentados escapan fácilmente.

Frente a los casos de bioterrorismo, es preciso articular una respuesta médica en tres momentos distintos:

1. En la preexposición, es preciso emprender una inmunización activa, una profilaxis y una identificación de la contaminación y del posible uso de la fuente contaminada.
2. Durante el período de incubación, es muy importante el diagnóstico, la inmunización activa y pasiva y una terapia antimicrobiana y de soporte.
3. Una vez se ha declarado la enfermedad, aún son más importantes el correcto diagnóstico y el tratamiento (que, según los casos, puede no ser accesible, puede ser menos efectivo de lo que se espera, sobre todo en el caso de cepas manipuladas genéticamente, o puede incluso colapsar el sistema), pero deberían ser predominantes los aspectos relacionados con el cuidado directo del paciente.

En lo que respecta al sistema de salud pública, es preciso que esté preparado para la emergencia y la respuesta rápida, optimice el sistema de vigilancia epidemiológica, mejore la capacidad de sus laboratorios, incremente la información tecnológica y se dedique a almacenar recursos. Como componentes de una respuesta eficaz de la salud pública al bioterrorismo están la detección (vigilancia de la salud), el diagnóstico rápido de laboratorio, la investigación epidemiológica y la implementación de medidas de control. Tales son las medidas que recomiendan en los EE.UU. los CDC (*Centers for Disease Control*).

En resumen, frente a las contingencias del bioterrorismo, es preciso, además de diseñar medidas preventivas de control, establecer respuestas de emergencia, tomar medidas generales para la protección de la salud y seguridad de los ciudadanos, disponer de un tratamiento adaptado a cada problema y, finalmente, procurar que las prácticas de todo tipo emprendidas en relación con el tema sean seguras.

En relación con el riesgo concreto de los abastecimientos de agua, se sabe que en algunos países se han tomado algunas medidas preventivas debido al carácter imprevisible de las acciones terroristas y al hecho de que éstas jueguen siempre con la ventaja del factor sorpresa. De este modo, en los EE.UU., el FBI ha dado a conocer algunas recomendaciones para las empresas de servicios, entre las que se encuentran las distribuidoras de agua. Algunas de ellas son:

- Revisión de los planes de seguridad y emergencia, muchos de ellos redactados hace mucho tiempo y desfasados en la situación actual.
- Control de acceso a embalses y otros recursos de agua para imposibilitar la entrada de personas ajenas a las explotaciones.
- Aumento de las medidas de vigilancia y seguridad en instalaciones de captación, tratamiento y distribución.
- Intensificación de los controles analíticos de los recursos de agua, fases de tratamiento y red de distribución.
- Aumento de las medidas de seguridad en presas y depósitos, en previsión de actuaciones con explosivos, con el resultado de inundaciones (esta recomendación, no obstante, está ligada a otro tipo de acción terrorista no asimilable a lo que puede considerarse bioterrorismo).

De cualquier modo, parece lógico pensar que el punto más probable de la actuación terrorista en cuanto al abastecimiento de agua sea posterior a la planta potabilizadora. Por un lado, la planta es el lugar donde se realiza la mayor parte del estudio analítico del agua y, por tanto, donde sería más fácil detectar el tóxico añadido o eliminarlo por el tratamiento. Por otra parte, a causa de la dificultad en contaminar grandes volúmenes de agua, la actuación terrorista podría prudentemente resignarse a tener lugar a mediana y pequeña escala, en depósitos, centrales de bombeo o incluso en dispositivos instalados ex profeso por los propios terroristas en las tuberías de la red.

Joaquín Oromí Durich

Prof. Titular de Medicina Preventiva
y Salud Pública