

# ANÁLISIS Y PROSPECTIVA FRENTE A AMENAZAS BIOLÓGICAS INTELIGENCIA EPIDEMIOLÓGICA

CENTRO DE ANÁLISIS Y PROSPECTIVA

## RESUMEN

A finales de los años ochenta del pasado siglo vivíamos en otro mundo. Uno que parecía tener un horizonte despejado. No era solo que el muro de Berlín hubiera caído y el mundo entrara en una fase globalizadora plena en la que “la historia llegaba a su fin”. La economía ofrecía buenas perspectivas y parecía que la solución a los grandes azotes sanitarios estaba al alcance de la mano.

La “guerra contra el cáncer” declarada por el presidente Nixon en los setenta parecía estar dando sus frutos y en la lucha contra las epidemias y las enfermedades infecciosas, especialmente tras el hito de erradicar la viruela en todo el planeta, la victoria parecía factible.

Sin embargo, pronto empezamos a darnos cuenta que el cáncer era un enemigo mucho más formidable de lo esperado y pudimos observar que la resistencia a los antibióticos de los patógenos se convertía en un problema de salud pública que ahora puede superar en gravedad al cáncer<sup>1</sup>.

Por otro lado, los brotes epidémicos resurgieron con una fuerza inusitada. La gravísima pandemia del SIDA, los brotes de ébola, los de influenza pandémica (H1N1, H5N1) y los nuevos coronavirus (SARS, MERS y COVID-19) nos han hecho conscientes de que el tiempo de las plagas no estaba en un pasado que había que buscar en los libros de historia.

Ahora, en vista de la “nueva normalidad” podemos decir que la realidad es que estábamos muy lejos de ir ganando. Todo lo contrario, la batalla no ha hecho más que comenzar.

*Palabras clave:* pandemia, epidemiología, virus, zoonosis, inteligencia, seguridad.

## ABSTRACT

It was the end of the century, it was the eighties, and we lived in another world. One that seemed to have a clear horizon. It was not just that the Berlin Wall had fallen and the world entered in a full global phase in which “history was coming to an end.”

The economy was the promised land, with good prospects, and it seemed that the solution to the major health scourges was at hand. The “war on cancer” declared by President Nixon in the 1970s seemed to be bearing fruit, and in the fight against epidemics and infectious diseases, especially after the vital milestone that was the elimination of smallpox from around the globe, victory seemed feasible.

---

1 La ‘epidemia’ que matará a más gente que el cáncer (si no lo remediamos). Pablo Linde. El País. 25/09/2017.

However, there seemed to be some dark clouds in the horizon: we soon began to realize that cancer was a much more formidable enemy that we have expected and we were amazed when we realized that antibiotic resistance was becoming a public health problem that could outweigh the severity of cancer and other mayor diseases.

On the other hand, epidemic outbreaks had reappeared with unexpected force. One major and serious AIDS pandemic, various Ebola outbreaks, outbreaks of pandemic influenza (H1N1, H5N1) and the new coronaviruses (SARS, MERS and COVID-19) have made us aware that the time of the plagues was not in the past, and that if you want to see something like this you would had to look in the ancient history books.

Now, in view of the “new normal” we can say that the reality is that we are very far from winning.

On the contrary, the fight has only just begun.

*Key Words:* pandemics, epidemiology, virus, zoonosis, intelligence, security.

## 1. INTELIGENCIA EPIDEMIOLÓGICA

Si estamos en una guerra y pretendemos ganarla no puede eludirse tratar de anticipar los movimientos del enemigo. No se trata solo de resistir y reaccionar ante patógenos que siempre van varios pasos por delante de nosotros. Ya no solo para la COVID-19 actual sino para las amenazas que sin duda alguna seguirán, debemos reforzar una de nuestras mejores bazas anticipatorias: la inteligencia epidemiológica.

La inteligencia epidemiológica persigue entender los virus y otros microbios que causan pandemias y esta comprensión, que tiene carácter prospectivo, debe hacerse en su contexto. Comprender el mundo de los virus nos ayudará a combatir las amenazas conocidas, las potenciales y algunas de las que aún no sabemos nada.

Si pudiéramos percibir el mundo desde la óptica de los microorganismos veríamos un mundo plétórico de vida y actividad. El enemigo microscópico se encuentra en todos los lados; es inevitable, salvo en altos niveles de bioseguridad, e infecta a todo tipo de especies de bacterias, arqueas, plantas, hongos y animales.

El mundo de los virus —denominado por algunos *virosfera*— es inmenso. Aunque los virólogos han designado oficialmente 6.828 especies, en la actualidad se están descubriendo nuevos virus a un ritmo inusitado gracias a nuevas tecnologías y a nuestra búsqueda activa. Algunos estudios han identificado hasta 200.000 en un año y los expertos estiman que su número puede acercarse a los 10 billones<sup>2</sup>.

## 2. ORÍGENES DEL PROBLEMA

### 2.1. EL ENEMIGO Y SU ESTRATEGIA

Los virus son los microbios más pequeños de los que tenemos noticia —los priones son un caso aparte— y hasta hace poco más de un siglo su conocimiento, no así sus efectos, estuvo vedado a los humanos.

---

2 Welcome to the Virosphere. Carl Zimmer. The New York Times. 24/03/2020.

Están formados por dos componentes básicos: su material genético —ya sea ADN o ARN— y un sistema de protección consistente en una envoltura de proteína y, en algunos casos, una cubierta lipídica exterior. Puesto que estos microorganismos no son capaces de crecer o reproducirse por sí mismos, dependen de las células que infectan para sobrevivir.

Los virus infectan las células anfitrionas mediante un sistema biológico de “llave y cerradura”. La envoltura proteica de aquellos incluye “llaves” moleculares que coinciden con la cerradura —receptor— de la membrana que delimita la célula objetivo. Cuando la “llave” encaja, la puerta a la maquinaria celular queda abierta y desde ese momento el virus puede utilizar los recursos de la célula hospedadora para reproducirse y propagarse.

Hay que decir que para completar su ciclo vital los virus tienen que infectar otras formas de vida, pero esto no implica que sean dañinos necesariamente. De hecho los virus tienen un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio global y, por ejemplo, al matar al 30% de las bacterias marinas cada día, permiten que se libere el material orgánico que sostiene a la siguiente generación. También ocurre que en los ecosistemas naturales los virus tienen un papel vital al hacer que determinadas especies de bacterias lleguen a hacerse demasiado dominantes y, por tanto, favorecen la diversidad.

Aunque es lógico que mayor parte de la investigación se centre en microorganismos capaces de causarnos daño, lo cierto es que la mayoría de los microbios que infectan a los humanos son relativamente inofensivos. Algunos no obstante tienen la capacidad de enfermarnos y los menos pueden ser mortales.

La letalidad de un patógeno es un desafío a la biología evolutiva, puesto que destruir el hábitat del que depende para la supervivencia no parece una buena estrategia para persistir en el tiempo. Sin embargo, la evolución no hace planes y no hay nada que impida que un virus se extienda de tal modo, o adquiera tal letalidad, que lleve a su estirpe a un callejón sin salida en la existencia.

En promedio, cada virus debe infectar al menos a una persona por cada una que muera o se recupere —número básico de reproducción o  $R_0 \geq 1$ — para evitar su extinción. Si esta proporción de nuevas víctimas frente a las precedentes cae por debajo de uno, la difusión del microbio fracasa.

Desde la perspectiva de los virus nuestros cuerpos son hábitats en los que están sometidos a presión por el sistema inmunitario. Se enfrentarán siempre a la disyuntiva de difundirse ampliamente —como los virus de la gripe— y exponerse a la respuesta inmune o permanecer latentes —como el herpes simplex o el VIH— y estar protegidos pero dificultando su propagación.

También los síntomas tienen importancia desde la perspectiva de un virus: el comportamiento del anfitrión se puede alterar para ayudar al contagio. Hacernos toser para difundirse por la dispersión aérea de gotitas respiratorias, aprovechar la diarrea para su extensión a través del suministro local de agua, causar llagas en la piel para diseminarse por contacto, etc. son comportamientos causados por los patógenos que les ayudan a propagarse.

Un virus debería mantener a su portador lo suficientemente funcional como para producir nuevos virus y por tanto muchos patógenos “exitosos” emplean esta estrategia.

Por ejemplo, el virus del papiloma humano infecta en algún momento a cerca del 50% de los adultos sexualmente activos y aunque algunas cepas del virus causan cáncer cervical lo hacen muchos años después de la infección. En su gran mayoría seguirán circulando sin causar mayor efecto en sus hospedadores que alguna verruga ocasional.

Pero aunque hay virus que se contagian sin demasiados efectos nocivos, otros matan con alarmante eficacia. El virus de la viruela —enfermedad erradicada a finales de los setenta y para la que la humanidad ha perdido la memoria inmunitaria— mata en días o semanas al 30% de los infectados. El virus del ébola tiene una tasa de mortalidad de entre el 50% y el 90% de los afectados.

En cualquier caso estos virus tienen que alcanzar un balance entre su letalidad y su capacidad de permitir a la víctima difundir la enfermedad.

Otra de sus estrategias es la capacidad para generar novedad genética mediante la mutación con error. Los virus tienen una tasa de mutaciones mayor que cualquier organismo conocido. Y algunos grupos, como los virus ARN, tienen una tasa de error tan alta que están al borde de la extinción por pérdida de funcionalidad a consecuencia de los efectos deletéreos de sus mutaciones. Es el gran número de vástagos lo que permite la posibilidad de que algunos mutantes sobrevivan e incluso mejoren a sus antecesores.

También pueden intercambiar información genética. Cuando dos variedades de virus infectan una célula hospedadora pueden crear, en algunos casos, *virus mosaico* que incluyen unas partes de un virus y otras completamente distintas del otro. En el caso de la reordenación, segmentos de material genético se intercambian entre los virus; en el caso de la recombinación, el material se entrecruza entre ambos virus.

## 2.2. UN POTENCIAL PANDÉMICO CRECIENTE

La zoonosis —la transmisión de animales a humanos— es el principal sistema de adquisición de patógenos. La posibilidad de que un microbio haga un salto interespecies y nos contagie aumenta cuanto más próximas son dichas especies —*principio taxonómico de transmisión*—. Por ejemplo, es más fácil que adquiramos un virus procedente de un murciélago que uno de un lagarto, porque estamos más cerca de los mamíferos que de los reptiles. Especies que comparten sistemas inmunitarios, fisiologías, tipos celulares y comportamientos básicos similares son pues vulnerables a los mismos tipos de agentes infecciosos.

Muchas de las grandes enfermedades de los humanos se han originado en algún momento en animales. De las que se ha trazado el origen, este ha sido localizado indefectiblemente en vertebrados de sangre caliente, principalmente mamíferos como primates, murciélagos o roedores.

Un ejemplo puede verse en una de las enfermedades infecciosas más perniciosas para los humanos: la malaria. Transmitida por mosquitos, se estima que causa la muerte a dos millones de personas cada año. El parásito que la provoca, *Plasmodium falciparum*, era característico de los chimpancés —en su variante *P. reichenowi*— hasta que un confuso mosquito picó a un ser humano. Desde la perspectiva de un virus, si las células de especies diferentes comparten los receptores apropiados y si la conexión ecológica proporciona la oportunidad para saltar, cualquier anfitrión será bueno.

Algunos virus pueden sobrevivir de forma simultánea y permanente en múltiples hospedadores —por ejemplo el virus del dengue, que provoca más de 100 millones de contagios urbanos al año y se contagia por la picadura de los mosquitos, tiene una variante silvestre que mantiene su potencial patogénico infectando a múltiples especies de primates en los bosques tropicales—. Es una estrategia que utiliza múltiples anfitriones como reservorio y favorece los ciclos de amplificación del virus mientras le protege de la extinción.

Esta última característica tiene el potencial de hacer fracasar los esfuerzos para controlar epidemias. Si se elimina un patógeno en los humanos en una región determinada pero este persiste en los animales, el microbio tendrá el potencial de reemerger con terribles consecuencias. Por eso, los sistemas de inteligencia epidemiológica deben ser capaces de discernir si el patógeno tiene capacidad de vivir fuera de nuestro organismo.

### 2.3. ZONOSIS Y SALTOS ENTRE ESPECIES

Como paradigma de transmisión de un patógeno entre especies citaremos el caso del virus *Nipah*, surgido en Malasia en 1999. El lugar del origen del contagio fueron las granjas de cría de ganado porcino que son extensivas y cultivan mango de forma secundaria. El reservorio del virus resultó ser un murciélago frugívoro que se comía el mango y dejaba caer al suelo los restos de la fruta impregnados de saliva y orina. Los cerdos se los comían y el virus se difundió rápidamente en sus densas poblaciones produciéndose el contagio del cerdo al humano.

Otro ejemplo, pero en sentido contrario, es el virus de la polio del chimpancé. La poliomielitis es una enfermedad aguda y por tanto el poliovirus necesita grandes comunidades de anfitriones para sobrevivir y difundirse... pero la de los chimpancés no era lo suficientemente amplia para mantener al virus. En 1966 se concluyó que el virus había saltado desde los humanos a los chimpancés.

## 3. FACTORES FAVORECEDORES

### 3.1. CAZA

Un factor de peso en nuestras relaciones con las enfermedades infecciosas es nuestra tendencia a cazar y a comer carne. La caza, el despiece y la preparación son actividades que proporcionan todo lo necesario para que un agente infeccioso salte de una especie a otra. Para un virus se trata de un evento trascendental que representa la intimidad definitiva en la que los tejidos de una especie entran en contacto con la de otra. Es difícil imaginar una situación mejor para el movimiento de un microbio desde una especie a la siguiente.

Los microorganismos de las presas infectan a los animales cazadores. En nuestro caso el paso de ser un primate herbívoro a ser cazadores cambió el modo en que nos exponíamos a las infecciones de un modo que no habíamos experimentado antes. Esto fue un hito para nuestra especie, pero también lo fue para el mundo de los microbios.

Una especie tiene su propia variedad de microorganismos —su *repertorio microbiano*— que difiere considerablemente de la de otra. La caza y el consumo de carne no es el único medio para que los microbios salten entre ellas: la hematofagia o alimentación de sangre o el contacto con excrementos animales, tanto de forma directa como por contacto indirecto a través del agua, también lo son. Pero estos son limitados en tanto un mosquito no es una jeringuilla sino que tiene sus propios sistemas digestivos e inmunológicos... y las transmisiones indirectas por el aparato digestivo se suelen limitar al mismo. La caza en cambio es una superautopista que conecta con todos los tejidos de las presas.

En la naturaleza se produce un proceso denominado *ampliación biológica o biomagnificación* que se da cuando las toxinas se concentran a medida que van subiendo en la cadena trófica —por ejemplo la acumulación de mercurio en los niveles superiores de la cadena hace que no se recomiende comer más de una vez al mes especies como el atún rojo, el mero o el lucio; o la acumulación de DDT que se produce en las aves rapaces y otros superpredadores de su cadena alimentaria—.

Del mismo modo, se espera que los animales situados en la parte superior de la cadena trófica muestren una mayor diversidad de microbios; los humanos como cazador supremo y depredador alfa de todos los demás llevan desarrollando esta biomagnificación de agentes infecciosos desde que nuestros antecesores empezaron a cazar hace ocho millones de años.

Otra fuente de contacto entre microbios, animales y humanos son los mercados de animales vivos (*wet markets*) en los que se comercia con animales salvajes vivos. Cuando un animal muere los microorganismos que coexisten con él empiezan a morir también, pero en estos mercados una amplia variedad de patógenos se relaciona plenamente con un gran número de humanos —tanto el SARS-CoV-1 como el SARS-CoV-2 parecen haber realizado el salto a nuestra especie en este tipo de mercados<sup>3</sup>, si bien es pronto para determinarlo en este último—.

#### Interludio: virus de la inmunodeficiencia humana

*La historia del VIH empieza con la de dos monos que cohabitan en algún lugar de África central. El mangabeye de boina roja y el cercopiteco de nariz blanca tienen en común, como muchos monos africanos, estar infectados naturalmente y desde hace miles de años por el virus de inmunodeficiencia en simios (VIS), cada uno con su variante particular. El virus no ocasiona a los monos ningún daño sustancial.*

*Pero estas dos especies de primates también comparten la característica de que los chimpancés los encuentran muy sabrosos. Los chimpancés cazan así que, sin importar el orden de la transmisión interespecífica, en algún momento uno de ellos se infectó de las variantes de sus dos presas y ambos virus se recombinaron, intercambiando material genético para crear un virus mosaico nuevo que infectó a chimpancés de toda África. Este nuevo patógeno permanece en sus poblaciones.*

*El hecho de que los chimpancés cacen humanos y que los humanos cacen chimpancés fue tremendamente significativo para los repertorios microbianos de ambas especies. En algún momento de principios del siglo pasado también los humanos tendríamos nuestra variante: el VIH.*

3 Infectious diseases emerging from Chinese wet-markets: zoonotic origins of severe respiratory viral infections. Patrick Woo, Susanna Lau y Kwok-yung Yuen. Current opinion in infectious diseases. 19. 401-7. 2006.

## 4. PUNTOS DÉBILES EN LAS DEFENSAS

### 4.1. EL CUELLO DE BOTELLA DE LOS HUMANOS

Cuando nuestros antepasados empezaron a hacer incursiones en la sabana alteraron para siempre su repertorio microbiano. También parece demostrado que se enfrentaron a un evento que redujo significativamente su número casi hasta el borde de la extinción —según se desprende de estudios del ADN mitocondrial—.

Esta circunstancia tuvo un impacto significativo en la transmisión de agentes infecciosos. El término científico para la reducción sustancial del número de individuos es *cuello de botella poblacional* y cuando esto ocurre las especies pierden gran parte de su diversidad microbiana.

Pero los agentes infecciosos necesitan poblaciones grandes para prosperar. Si el microbio provoca una infección aguda —sarampión, viruela, polio, etc.— conduce a la muerte de los anfitriones o a su inmunidad frente a futuras infecciones por lo que el patógeno requerirá grandes poblaciones para subsistir. Si la enfermedad es crónica —hepatitis C o VIH— y no conlleva inmunidad, las posibilidades del microbio son mayores en poblaciones pequeñas pero en un cuello de botella poblacional también pueden extinguirse.

Por tanto, nuestro cuello de botella poblacional supuso una limpieza microbiana disminuyendo los repertorios... Nos dejó más “desinfectados” y esto no es bueno cuando se necesita un buen sistema inmunitario para defenderse de nuevas amenazas.

### 4.2. COCINA Y MICROBIOS

El descubrimiento del fuego y la cocina de los alimentos implicó también que adquiriéramos una importante capacidad de matar microbios —la mayoría de los microorganismos no pueden sobrevivir a las temperaturas asociadas a la cocina—. Del mismo modo que con los cuellos de botella poblacionales, esto supuso una disminución de la exposición a nuevos patógenos disminuyendo aún más la diversidad microbiana.

Estos factores se unieron para reducir el repertorio de patógenos de nuestra especie. Ser humano significó exponernos a menos microbios. Sin embargo, nuestros parientes primates siguieron acumulando e incluso preservando los agentes infecciosos que nosotros habíamos dejado atrás. Cuando la expansión de la población humana nos volviera a poner en contacto —con ellos y otras especies cuyo hábitat ocuparíamos— volverían a aparecer algunas de las enfermedades más importantes.

### 4.3. GANADOS Y MASCOTAS

Un factor histórico crítico de nuestro contacto con agentes patógenos ha sido la domesticación de animales. En primer lugar, el sometimiento de plantas y animales permitió un crecimiento explosivo de la población humana que al tiempo, se hizo sedentaria.

Cada animal, salvaje o doméstico, tiene su repertorio propio de microbios y cuando se concentran en una granja los microbios prosperan. Inicialmente los animales recién

domesticados aportaron sus propios microorganismos a los humanos —por ejemplo, el sarampión desciende de la peste bovina—. Pero con el tiempo, se ha alcanzado un equilibrio y la mayoría de esos patógenos ya ha cruzado la barrera entre especies, tanto de los animales a los humanos como en sentido contrario —gran parte del repertorio microbiano de los perros y otros animales hace tiempo que se ha fusionado con el de nuestra especie— y los que no lo han hecho, es que probablemente no tienen capacidad de hacerlo (pueden producirse infecciones ocasionales pero el patógeno no tiene capacidad para contagiar).

Esto no quiere decir que los animales domesticados no sigan proporcionándonos nuevos microbios pero ya no de los suyos sino de los de las especies salvajes a las que están expuestos. Aunque inicialmente el efecto fue fusionar y reducir nuestro repertorio microbiano, ahora nuestros animales y mascotas son “puentes” para el salto interespecies de agentes patógenos.

#### 4.4. SISTEMAS INMUNITARIOS

En la actualidad, aproximadamente el 1% de la población es inmunodeficiente ya sea por malnutrición, por terapias contra el cáncer, trasplante de órganos y, especialmente, como consecuencia de la infección global por VIH. Un sistema inmunitario comprometido implica que microbios comunes que no son nocivos normalmente, puedan convertirse en mortales. También supone un punto de entrada para nuevos patógenos.

Para la mayoría de los microorganismos que habitan en animales es difícil dar el salto a la especie humana y frecuentemente requieren una combinación afortunada de cambios genéticos para sobrevivir y reproducirse en nosotros. La mayor parte de las zoonosis son infecciones aisladas y efímeras pero, si la persona expuesta estuviera inmunocomprometida, los microbios dispondrían de más tiempo para evolucionar y adaptarse sin presión de la respuesta inmunitaria, aumentando la probabilidad de que se produzca la adaptación genética adecuada para establecerse en los humanos.

Por tanto, hay que tener en cuenta que la existencia de un gran número de personas inmunodeprimidas en una comunidad aumentará la probabilidad de que un virus se adapte y comience el proceso de contagio entre humanos —esto se ha comprobado ya en casos de cazadores y SIDA en África, donde ese modo de vida y el VIH son más frecuentes y se dan casos preocupantes de contacto directo de sangre y fluidos animales con personas con inmunodeficiencia<sup>4</sup>—.

### 5. GASOLINA A LAS LLAMAS

#### 5.1. UNA ALDEA PLANETARIA

En el último siglo los humanos hemos creado un mundo totalmente interconectado que para los agentes infecciosos es un ámbito global de actuación. La revolución de la conectividad ha cambiado fundamentalmente la capacidad de desplazamiento de los microbios y con ella la posibilidad de contagio.

---

4 Exposure to Wild Primates among HIV-infected Persons. LeBreton M, Yang O, Tamoufe U, Mpoudi-Ngole E, Torimiro JN, Djoko CF, et al. *Emerging Infectious Diseases*. nº 13(10): 1579–1582. Octubre 2007.

Anteriormente las especies de gran movilidad como pájaros o murciélagos eran fundamentales para la expansión y el mantenimiento de los microbios, pero ahora los humanos han entrado en el ecosistema global con un gran potencial para desplazarse y transportar animales y objetos de un lado a otro del planeta.

Aunque el ser humano siempre ha sido vagabundo y ha colonizado continentes mediante la navegación, su impacto ha sido limitado hasta los siglos XV y XVI cuando miles de veleros cruzaban los océanos —el impacto de la viruela en el Nuevo Mundo es el ejemplo más notorio de la propagación de patógenos en esta era—. El vapor, las carreteras, el ferrocarril y la aviación serían nuevos hitos para el movimiento de humanos y animales, así como para sus microbios. Esas tecnologías han cambiado para siempre la naturaleza de las enfermedades infecciosas humanas, especialmente la eficiencia del contagio.

Las carreteras influyeron especialmente en tanto permitieron la entrada en regiones remotas —aquí el VIH sería un ejemplo, pues se ha demostrado el aumento del riesgo de contagio en función del mayor acceso a carreteras<sup>5</sup>—. Pero además de facilitar el contagio, las carreteras también colaboran a iniciar pandemias. Por ejemplo, el VIH saltó a los humanos a principios del siglo XX y se ha determinado que en 1959 constituía una epidemia localizada en Kinshasa, República Democrática del Congo. El hecho de que se extendiera desde poblaciones locales aisladas a la capital y luego al mundo se relaciona con el despliegue de barcos de vapor por los belgas y la construcción de carreteras y ferrocarriles por los franceses.

La aviación comercial a reacción se hizo realidad en la década de los sesenta del siglo pasado. Los aviones conectan poblaciones de modo inmediato con el efecto que supone para la transmisión de microorganismos.

Los patógenos tienen un determinado *período de latencia* o tiempo que va desde que un individuo resulta expuesto a cuando resulta contagioso. La inmediatez del transporte aéreo significa que incluso los microbios con periodos cortos pueden contagiarse con gran efectividad. Se ha comprobado que el volumen de tráfico aéreo doméstico es un buen indicador de la tasa de contagio de la gripe en Estados Unidos, del mismo modo que el tráfico internacional predice muy bien el patrón de inicio de la gripe estacional<sup>6</sup> —los atentados del 11-S de 2001, que implicaron la prohibición de vuelos, retrasaron significativamente la gripe ese año—.

Otro factor relevante que se añade a la mayor movilidad es la urbanización masiva y especialmente la que se produce en regiones que albergan gran diversidad de vida salvaje. En la actualidad más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y el número no deja de crecer. Cuando coinciden densas poblaciones urbanas, los microbios de los animales salvajes y domésticos y unas redes de transporte eficientes, de modo inevitable, surgirán nuevas enfermedades con capacidad pandémica y potencialmente letales.

5 Higher HIV-1 incidence and genetic complexity along main roads in Rakai District, Uganda. Miguel A. Arroyo et Al. [Journal of acquired immune deficiency syndromes](#), 43(4), 440-445. 2006

6 Empirical Evidence for the Effect of Airline Travel on Inter-Regional Influenza Spread in the United States. Brownstein JS, Wolfe CJ, Mandl KD. [PLoS Medicine](#) 3(10): e401.2006.

## 5.2. CONEXIONES Y PUENTES BIOLÓGICOS

La tecnología médica también ha supuesto incidentalmente una vía para el movimiento de microbios. Los trasplantes de tejidos entre especies relacionadas —*xeno-trasplantes*— eliminan todas las barreras de entrada para los patógenos y son una de las formas más arriesgadas para un posible salto de un microbio de una especie a otra. También las transfusiones y las inyecciones son medios de transmisión de enfermedades. Estas tecnologías, aunque fundamentales para mantener la salud humana, nos han expuesto a una intimidad inédita con especies próximas.

### Un caso paradigmático

*Jeff Getty fue un paciente de 38 años con SIDA que recibió un trasplante experimental de médula de babuino con la esperanza de que la resistencia natural de esta especie a la enfermedad le ayudase en su supervivencia.*

*Esto puso de manifiesto lo que puede ser una receta para el desastre: el trasplante de un órgano de una especie cercana a un paciente con un sistema inmune debilitado, un ambiente óptimo para que nuevos virus se puedan desarrollar y adaptar.*

*El problema no es que una persona terminalmente enferma se arriesgue a infectarse de un virus mortal, sino que el patógeno se pueda contagiar a los demás.*

Por supuesto, no se trata de renunciar a estas técnicas pero sí de resaltar la necesidad de mantener la vigilancia de su modo de empleo. Por ejemplo, el VIH, la hepatitis B y C e incluso los priones pueden contagiarse por transfusiones y por ello los bancos de sangre realizan filtros escrupulosos. Pero esto se hace *solo para los microbios que conocemos*.

Los riesgos de las tecnologías médicas no son cero. Obviamente tampoco podemos renunciar a ellas pero debemos asegurarnos de que los procedimientos tengan las máximas garantías y se lleven a cabo con extrema precaución.

## 5.3. BIOTERROR Y BIOERROR

Otras amenazas que han de considerarse por su potencial pandémico son las que provienen del bioterrorismo y del “bioerror”. Este, a diferencia del primero, ocurre cuando un agente infeccioso es liberado accidentalmente y se contagia con rapidez. Se conoce algún caso cuyo estudio lleva a considerar como explicación más probable que cepas de laboratorio han contagiado a los técnicos del mismo y se han reintroducido en la población<sup>7</sup>.

En la actualidad, con el acceso asequible a información biológica detallada y a las técnicas necesarias el riesgo, tanto de bioterrorismo como de bioerror, crecerá ineludiblemente. Los pequeños grupos de aficionados a la manipulación biológica son ya habituales y con los sistemas de información distribuida y colaboración, lo que una vez ha sido algo altamente especializado puede convertirse en algo corriente.

7 The Re-Emergence of H1N1 Influenza Virus in 1977: A Cautionary Tale for Estimating Divergence Times Using Biologically Unrealistic Sampling Dates. Joel O. Wertheim. PLoS ONE 5(6): e11184. 2010.

Pero por el momento el mayor peligro es el que proviene de la naturaleza —centenares y hasta millares de nuevos virus se descubren anualmente en las selvas, los océanos<sup>8</sup> y hasta en el hielo<sup>9</sup>, por el motivo fundamental de que los científicos los están buscando y cuentan además con la inestimable ayuda de la tecnología genética—.

## 6. ENFRENTANDO UNA AMENAZA BIOLÓGICA GLOBAL

¿Qué es una pandemia? Ya que es imposible imaginar una infección de toda la población mundial —por la distinta susceptibilidad genética y la dificultad logística de llegar a cada individuo— tenemos que definirla como una infección de un gran número de humanos en un área geográficamente extensa.

Cuando aparece un brote epidémico debemos considerar inmediatamente:

- Cómo se extiende el virus
- Cuál es la efectividad de su transmisión
- Porcentaje de mortalidad entre las personas infectadas

Una epidemia con alta tasa de mortalidad que no se propaga es menos preocupante que otra menos letal que se contagia de forma rápida y eficiente. Por ejemplo, uno de los virus conocidos más extendido es el virus del papiloma humano (VPH). En los países desarrollados cerca de un 30% de las mujeres entre 14 y 60 años están infectadas en un momento determinado y la mayor parte de los humanos sexualmente activos, sean hombres o mujeres, se contagiarán en algún momento de su vida. Aunque puede parecer benigno y muchas veces cursa de modo asintomático o subclínico, su capacidad de producir cáncer hace que pueda ser devastador.

Existen virus que infectan a muchos individuos sin causar enfermedades y circulan constantemente entre nosotros. Por ejemplo el virus TT (VTT) es común en individuos sanos con una prevalencia del 100% en algunos países. El virus GB-C (VGB), recientemente identificado, infecta a un sexto de la población mundial sin que cause ninguna enfermedad en humanos e incluso protegiendo aparentemente a las personas coinfectadas con VIH.

Hablar de pandemia es simplemente definir un marcador de la habilidad de un patógeno para extenderse. De hecho es posible que podamos experimentar una pandemia y no darnos cuenta si un virus asintomático entrara en los humanos y se expandiera por el mundo. Dado que los sistemas convencionales de detección de contagios se centran en agentes causantes de síntomas, un virus inofensivo puede pasar fácilmente desapercibido.

Otra posibilidad es que el virus cause síntomas inmediatos menores y la enfermedad solo se manifieste años después —como el VIH y la enfermedad del SIDA— en cuyo caso puede extenderse de forma devastadora antes de que nuestros sistemas de detección se den cuenta. Esto sería un fallo catastrófico de inteligencia prospectiva epidemiológica.

---

8 Scientists Recently Discovered Nearly 200,000 New Viruses In the Ocean. Priya Shukla. Forbes. 30/04/2019.

9 There are diseases hidden in ice, and they are waking up. Jasmin Fox-Skelly. BBC. 04/05/2017.

En cualquier caso, el objetivo de la salud pública no es erradicar todos los virus sino controlar los que son letales. La prospectiva epidemiológica se hace necesaria para su detección temprana pero también puede ser propicia para reclutar soldados en nuestra guerra contra los patógenos.

Por ejemplo, la erradicación de la viruela se debe a una vacuna y se considera el descubrimiento que más vidas ha salvado en la historia de la humanidad. Pero lo que nos permitió esta erradicación fue un virus —CPXV o virus de la viruela bovina— que empleamos en nuestro beneficio. El propio concepto de vacuna es, en su esencia, la utilización productiva de virus —o partes de virus o virus atenuados, inactivados, etc.— para combatir otros virus.

Los virus también pueden formar parte de nuestro arsenal para combatir enfermedades, aparte de las vacunas. Se trata de una rama de la medicina denominada *viroterapia*, que utiliza virus como vectores para terapias génicas contra el cáncer. Ejemplos serían el virus del sarampión, el virus del Herpes simple I, el virus de la gripe modificado Onyx-015 o incluso el senecavirus, que muestra una beneficiosa selectividad para destruir células cancerosas del sistema endocrino sin afectar a las sanas.

Al final, el objetivo no es hacer un mundo estéril sino encontrar los elementos microbianos dañinos y controlarlos.

## 7. PLANTEAMIENTO PROSPECTIVO. INTELIGENCIA EPIDEMIOLÓGICA

Los objetivos de la inteligencia epidemiológica y la prevención de pandemias son:

- Identificación temprana de la epidemia.
- Evaluar la probabilidad de que se convierta en pandemia.
- Detener los contagios antes de que esto ocurra.

No detectar a tiempo virus presentes como el VIH, no monitorizar virus prevalentes como el TTV o el GBV y no investigar virus nuevos o nuevas mutaciones como influenzavirus, MERS-CoV o SARS-CoV-2, etc son fallos de inteligencia con graves repercusiones en la salud pública.

Desde un punto de vista de la inteligencia epidemiológica prospectiva no es tan importante cuando un patógeno se convierte en una pandemia sino cómo se origina la misma. Es decir, cómo algo se transforma de ser una infección no humana a propagarse en humanos por todo el mundo.

Algunos animales tienen mayor repertorio microbiano que otros —por ejemplo, los murciélagos son un reservorio natural para un gran número de patógenos—. Existen más de cinco mil especies de mamíferos y solo una de humanos por lo que la diversidad de microbios que pueden infectarnos siempre será un peligro potencial. Claramente, la inteligencia epidemiológica prospectiva debe prestar especial atención a los brotes en los animales salvajes.

Millones de personas se exponen a microbios de animales cada día y a veces se producen infecciones raras o infecciones benignas y transitorias. Pero a veces ocurre algo inusual: un microbio salta de un animal a un humano con capacidad para

contagiar a otros individuos y con el potencial de producir una pandemia —algo que ha pasado una docena de veces con el ébola en el continente africano en los últimos veinte años—. No tenemos datos completos de las enfermedades en los entornos salvajes por lo que es difícil saber si puede haber un reservorio oculto de un agente patógeno que pueda mutar o reentrar en las poblaciones humanas.

Por ejemplo, hace tiempo que se está estudiando la viruela de los monos como amenaza potencial. Este virus puede ser considerado endémico en algunas partes como la República Democrática del Congo donde gran parte de los casos son resultado de la exposición a animales infectados, pero muchos otros son producto de la transmisión entre personas. La detección de casos sigue aumentando y muestra un virus que está empezando la transición completa a una nueva especie hospedadora —en este caso, parte de la explicación se encuentra en la detención de la inmunización contra la viruela humana tras su erradicación en 1979—. Cuantos más nacimientos de niños, no inmunizados y por tanto susceptibles a la infección, el número de casos aumenta y cada uno de estos casos supone una oportunidad para que un virus de la viruela de los monos salte o mute con potencial para contagiarse entre humanos, echando por tierra los esfuerzos de erradicación.

Hay que recordar que, aunque se cree que la viruela humana apareció con la domesticación y su génesis apunta a los camellos, en realidad todavía no tenemos la certeza de su origen —el camello puede haber sido un puente—. Aunque erradicada en los humanos, nada garantiza que no pueda existir ahí fuera una variante parecida al *variola virus*, capaz de reemerger.

## 8. PROSPECTIVA

### 8.1. CAZADORES DE VIRUS

Recientemente se descubrieron simultáneamente grupos de primates muertos en Camerún y en Costa de Marfil. Investigaciones posteriores determinaron que la causa fue el ántrax, una enfermedad provocada por la bacteria *Bacillus anthracis*. Cómo llegó este patógeno a infectar monos en distintos países sigue siendo un misterio pero la realidad es que esta enfermedad es ahora una nueva amenaza para estas especies.

Desde la perspectiva de la inteligencia epidemiológica lo que muestra este incidente es un fracaso a la hora de rastrear y prevenir pandemias, un fallo en la forma en que las detectamos. Este caso de ántrax tenía el potencial de convertirse en una plaga para los humanos pero su descubrimiento fue producto de la pura casualidad. Se necesita una vigilancia mucho mayor en las “zonas calientes”.

Las investigaciones recientes han demostrado que existe una relación directa entre la exposición habitual a los animales y la infección con nuevos virus. La monitorización de poblaciones con una alta frecuencia de contactos con la vida salvaje debe convertirse en un sistema global de inteligencia epidemiológica.

En la primera década del milenio se invirtieron considerables recursos para crear sistemas capaces de rastrear y detener pandemias —especialmente en casos de zoonosis— pues se consideró que simplemente responder a ellas no era suficiente.

Se trata de responder a la cuestión de cómo detectar virus potencialmente letales y controlarlos, así como de establecer el mejor sistema para descubrir epidemias y detenerlas antes de que se extiendan. Algo que puede denominarse *ciencia de la prevención de pandemias*, que entra en el campo de la inteligencia epidemiológica y que no deja de ser una idea audaz.

La cuestión puede plantearse respondiendo a la pregunta: ¿cómo hacen los servicios de seguridad para prevenir atentados terroristas?

Una de las técnicas de los servicios de inteligencia es buscar indicios monitorizando conversaciones sospechosas (SIGINT). Sabiendo qué palabras clave buscar o quienes son los sospechosos habituales, se obtiene información valiosa. Del mismo modo, un sistema global para monitorizar los equivalentes virales (VIRINT) debería vigilar los millares de interacciones entre humanos y animales para detectar los eventos que puedan señalar una epidemia inminente —en este caso, el salto de un nuevo virus a los humanos—.

Evidentemente, no se puede monitorizar a todo el mundo con lo que el sistema debe centrarse en conjuntos pequeños de *centinelas* —poblaciones clave como cazadores-recolectores en África o grupos con costumbres de riesgo en Asia, que nos permitan detectar estos indicios—. Estos *centinelas* pueden actuar y colaborar, tanto más con las modernas tecnologías de la información, para detectar pandemias antes de que emerjan.

## 8.2. TECNOLOGÍA Y MICROBIOS

Los epidemiólogos llevan tiempo empleando procedimientos para determinar las causas de los contagios que incluyen la colaboración local, análisis de conducta de fuentes potenciales, identificación de casos, entrevistas, utilización de sistemas de información geográfica, etc. Por ejemplo, los sistemas de información geográfica (SIG), entre otras herramientas recientes, han cambiado el modo de estudio de las epidemias y la comprensión de la transmisión de enfermedades.

Del mismo modo, la revolución en biología molecular y las técnicas de secuenciación genética han transformado nuestra capacidad de identificar los patógenos que nos rodean. Estas técnicas tienen el potencial de aumentar sustancialmente nuestra capacidad de seguimiento de contagios, así como de permitirnos controlar su expansión.

Técnicas ya habituales como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) nos permiten amplificar pequeños fragmentos del ADN microbiano y facilitar su identificación. Sin embargo **la PCR requiere conocer lo que se está buscando** —por ejemplo, para buscar un nuevo coronavirus se examinarán secuencias específicas de otros virus del mismo tipo ya que entre ellos existirán regiones genéticas similares—. Los chips de ADN, diseñados con información genética viral, ayudan a la identificación temprana de los patógenos responsables de nuevas pandemias, pero del mismo modo **solo pueden detectar virus de familias ya conocidas**.

De cualquier modo, la identificación de un nuevo microbio es fundamental pero es solo el principio. Necesitamos saber cuál será su evolución y si tiene potencial de convertirse en una pandemia y, en este sentido, sería bueno contar con programas como

el abandonado *Prophecy* del Departamento de Tecnologías Biológicas, de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA) estadounidense.

También es necesario evaluar el modo en que los contagios en general responden a los distintos entornos para desarrollar estrategias de contención y despliegue de vacunas. Una plaga no puede extenderse por igual en todas direcciones, por lo que hay que hacerse una idea de su dirección potencial a nivel geográfico, poblacional y evolutivo.

Las **tecnologías de la información** y comunicación son ahora parte de las herramientas a utilizar por la prospectiva epidemiológica. Se hace ahora posible, con Internet y los teléfonos inteligentes, que los hospitales y centros de salud puedan monitorizar en tiempo real a las clínicas locales que, al tiempo, pueden informar de los datos de nuevos casos que estuvieran detectando.

Incluso los propios pacientes pueden ayudar —todos seríamos sensores potenciales en colaboración abierta distribuida— aportando información que convergirá, se organizará y se analizará dando una imagen rápida del comienzo y la extensión de una emergencia sanitaria. El objetivo, perfectamente factible en la actualidad, es crear equipos de respuesta desplegados para reconocer acumulaciones extraordinarias de síntomas que puedan indicar el principio de una epidemia. Algunos denominan a esto **epidemiología digital**.

Los datos de los dispositivos móviles son importantes, porque en un brote epidémico los individuos enfermos tienen patrones de llamadas y búsquedas diferentes de los que están en lugares “fríos”. Esto, combinado con otras fuentes de datos, puede ayudar a la detección temprana de un brote. El ejemplo clásico —aunque controvertido y disponible en la actualidad solo para propósitos académicos— lo proporcionan desde 2009 las búsquedas de síntomas y tratamientos para la gripe estacional en el servicio de Alphabet, *Google Flu Trends*. Además de las llamadas y las búsquedas, los servicios de redes sociales también han mostrado desde hace tiempo<sup>10</sup> que pueden ser usados complementariamente para la obtención de datos epidemiológicos.

En conjunto, la minería de datos junto a la monitorización de los movimientos de las personas pueden proporcionar un sistema de vigilancia para determinar la frecuencia de los casos, identificar *centinelas* sociales y, tal vez, predecir la aparición de un nuevo agente infeccioso en una comunidad, para así controlar su difusión y movimiento.

La interconexión y la libertad de desplazamientos han creado una tormenta perfecta para las pandemias. Pero estas mismas tendencias en las tecnologías de la información y las comunicaciones nos proporcionan una capacidad sin precedentes para su detección, seguimiento, mitigación y eventual derrota. Estas tecnologías pueden ser optimizadas para maximizar su potencial predictivo.

### 8.3. LA ÚLTIMA PANDEMIA

Al final será necesario contar con una sala de mando operativa a nivel global en materia de salud pública e inteligencia epidemiológica. Lo lógico sería que la Organización Mundial de la Salud centralizara en su departamento específico —la Red Global de Alerta y Respuesta ante brotes epidémicos (GOARN)— cualquier aportación

---

10 Social Network Predicts Flu Spread. Carrie Arnold. Science. 15/09/2010.

del tipo del del Centro de Vigilancia, Epidemiología y Servicios de Laboratorio de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades estadounidenses o como nuestros sistemas de inteligencia epidemiológica y el Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (CCAES).

Idealmente debería ser un esfuerzo internacional dedicado por completo a entender y analizar las amenazas biológicas, y a detenerlas antes de que se conviertan en desastres. Para ello resulta fundamental evitar los problemas políticos recurrentes, el exceso de burocracia, la crónica insuficiencia de financiación y los cambios constantes de objetivos.

Los recursos y la participación más decisiva de agencias internacionales son factores decisivos. Si alguien piensa que los recursos sanitarios de la República Democrática del Congo, uno de los lugares del mundo más “caliente” para la emergencia de nuevos virus, son remotamente suficientes para cubrir un país cuatro veces mayor que Francia, debería pensar de nuevo.

Un mundo interconectado que no invierte ni siquiera en la infraestructura para monitorizar amenazas latentes está condenado a ser víctima de epidemias cada vez más frecuentes. Y se trata de un problema de salud pública global que no debe subestimarse. Aun consiguiendo una vacuna contra un virus como el SARS-CoV-2, en sí misma no supone la erradicación definitiva del patógeno. Aunque todos los humanos fuéramos vacunados e inmunizados contra todas sus variantes, si el virus persiste en animales en los bosques de Asia o África esto significa que siempre tendrá el potencial de reentrada en las poblaciones humanas. **La vigilancia no puede relajarse.**

## 9. CONCLUSIÓN

La amenaza de las pandemias será cada vez más frecuente. Cada vez nos adentramos más en los constreñidos bosques tropicales y las escasas zonas vírgenes desde donde pueden desatarse, por las cada vez más eficientes redes de transporte internacional, patógenos desconocidos. Los microbios pueden difundirse de forma explosiva en centros urbanos superpoblados aumentando el impacto epidémico... Experimentaremos oleadas de nuevas pandemias y alguna podrá ser devastadora si no aprendemos a anticiparnos a ellas y a controlarlas.

Una de las principales dificultades a que se enfrenta un programa efectivo de inteligencia epidemiológica es la creencia de que las pandemias son acontecimientos poco frecuentes que no se pueden predecir y que no hay forma de prevenir. Es cierto que no se trata de algo sencillo, pero hay mucho que puede hacerse ahora y mucho más que deberá hacerse en el futuro. Para ello es necesario que los ciudadanos y los políticos tengan una cultura del riesgo favorable a los gastos públicos necesarios para predecir y prevenir pandemias.

El público en general tiene una percepción errónea del riesgo. El hecho de que los medios informativos estén alarmando continuamente por motivaciones espurias no ayuda y sabemos que una parte importante de la solución a la amenaza es hacer que la población esté informada. Los ciudadanos deben poder comprender e interpretar la información sobre pandemias, distinguiendo entre diferentes niveles de riesgo. Una respuesta básica a un desastre natural es la reacción del público y cómo este responde siguiendo instrucciones con tranquilidad.

El SARS y el MERS nos habían avisado pero lo cierto es que no nos preparamos para la COVID-19. Nos encontramos ante una amenaza global y la respuesta ha sido muy deficiente desde esta perspectiva. El país más poderoso y más avanzado en esta especialidad, los Estados Unidos, ha fallado espectacularmente en su respuesta con el agravante de que la administración Trump privó de financiación esencial a los sistemas de salud y de investigación antes de la crisis<sup>11</sup>.

Pero también se han puesto de relieve las carencias de Europa ante una emergencia pandémica<sup>12</sup>. Al igual que en España —donde las competencias sanitarias son autonómicas— ha sido difícil inicialmente obtener datos sobre la evolución de la pandemia de forma coordinada. Los Estados de la Unión se reservan las competencias en la gestión de la salud y los gobiernos han dado prioridad a sus propios intereses —por ejemplo, Francia, Alemania y República Checa limitaban sus exportaciones de material sanitario a España en los peores momentos—. Por otro lado, los sistemas de coordinación como el Centro Europeo para el Control de Enfermedades (ECDC) han mostrado que sus recursos son insuficientes (300 empleados y 60 millones de euros de presupuesto para afrontar una emergencia como la actual no es, ni de lejos, lo necesario).

También los medios y el público mostraron deficiencias en la comprensión del riesgo. Cuando los científicos chinos publicaban los primeros estudios y cerraban la ciudad de Wuhan, la impresión aquí era la de una pequeña amenaza lejana. El virus no parecía más contagioso que la gripe ni causar más muertes que esta, siendo los más afectados los ancianos y las personas con patologías previas. Además, a principios de febrero los muertos causados por la COVID-19 se estimaban en torno a los 200. Esto era menos que los causados por accidentes de tráfico en Estados Unidos en un fin de semana<sup>13</sup>.

Los medios nos avisaban para no caer en reacciones exageradas y no fue hasta principios de marzo cuando se empezó a informar de la severidad de la crisis cuando se pudo ver a Italia enfrentando una emergencia de la misma naturaleza que había afectado a Wuhan. Baste ver que las portadas de los principales diarios nacionales de principios de marzo se limitaban a anunciar el aumento de vigilancia y a informar de la primera muerte por COVID-19 en España. En los países de nuestro entorno la tendencia fue similar.

Por otro lado, la pandemia de la COVID-19 ha traído a primer plano la necesidad de ciertos comportamientos básicos en la primera línea de combate contra los patógenos. Aunque no desconocidas, acciones como la higiene de manos y distancia social así como la vacunación, la importancia de la seguridad del agua y los alimentos y el sexo seguro son medidas que se muestran como imperativas para el control de las epidemias.

Pero debemos recordar que realizar o no estas acciones depende de quienes seamos y dónde vivamos porque no todo el mundo tiene acceso a las mismas. Hemos de ser conscientes de que vivimos en un planeta interconectado, expuesto a múltiples

11 La Administración Trump puso fin a un programa de alerta pandémica que podría haber detectado el coronavirus. Emily Baumgaertner y James Rainey. Los Angeles Times. 04/04/2020.

12 Los guardianes de la salud europea subestimaron el peligro del virus. Oriol Güell. El País. 19/05/2020.

13 It Wasn't Just Trump Who Got It Wrong. Zeynep Tufekci. The Atlantic. 24/03/2020.

amenazas y que *la primera y fundamental medida para el control de enfermedades es muy básica: es necesario que el acceso al agua potable, a vacunas, medicamentos y preservativos sea universal, en beneficio de todos.*

Sabemos existen zonas de riesgo y que la amenaza vendrá de microbios que den el salto entre especies animales. Con la COVID-19 podemos cometer el error de asumir que el próximo peligro se parecerá a otro coronavirus o será como otra gripe. Pero es necesario poder enfrentarse a lo desconocido y aprender de enseñanzas generales de anteriores pandemias. No debemos prepararnos específicamente contra la última crisis —*le disease du jour*— porque esto iría en contra de la resiliencia de nuestros sistemas de salud. Para estos, el análisis prospectivo debe recomendar una preparación genérica y preventiva.

Para saber lo que está ocurriendo y estar preparado para ello, el público debe apoyar programas políticos dirigidos a controlar pandemias futuras mediante políticas de prevención a largo plazo y esto implica **la adopción de estrategias internacionales que cambien el paradigma actual desde la respuesta reactiva a la prevención proactiva**. Necesitamos un “sistema inmune global” y una inteligencia epidemiológica universal porque ante este tipo de amenaza, **cualquier parte es “en todas partes”**.

Es necesario tener datos y aunque los modelos matemáticos son correctos, no dejan de ser simulaciones que deben alimentarse con datos de campo y en tiempo real. Hay que apoyarse masivamente en las tecnologías de la información y Europa debe dotarse de instituciones para afrontar este tipo de crisis, que son crisis de seguridad. Debemos incrementar la capacidad y la financiación del Centro Europeo de Control de Enfermedades (ECDC) que debe trabajar con los CDC estadounidenses y otros sistemas nacionales, en el marco de la OMS, para la vigilancia y la preparación de la respuesta ante nuevas pandemias.

Pese a la crisis que estamos viviendo, somos muy capaces de hacerlo mejor a la hora de predecir, prevenir y combatir pandemias. En cuanto a recursos y tecnología podemos llegar a ser tan competentes, tan capaces de detectar y parar un contagio, que un día podríamos hablar de **la última plaga**.

## BIBLIOGRAFIA

Nathan Wolfe. (2011). *The Viral Storm: The Dawn of a New Pandemic Age*. Times Books.

Sonia Shah. (2016). *Pandemic: Tracking Contagions, from Cholera to Ebola and Beyond*. Sarah Crichton Books.

David Quammen. (2020). *Contagio: La Evolución de las Pandemias*. Debate.

Fecha de recepción: 01/05/2020. Fecha de aceptación: 25/11/2020