



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.

Informe SESPAS

En el principio fue la zoonosis: *One Health* para combatir esta y futuras pandemias. Informe SESPAS 2022



Antonio Sánchez, Antonio Contreras, Juan C. Corrales y Christian de la Fe*

Grupo de Investigación Sanidad de Rumiantes, Departamento de Sanidad Animal, Facultad de Veterinaria, Campus de Excelencia Internacional Campus Mare Nostrum, Universidad de Murcia, Murcia, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 25 de julio de 2021

Aceptado el 25 de enero de 2022

Palabras clave:

Pandemia

Zoonosis

One Health

COVID-19

Keywords:

Pandemics

Zoonoses

One Health

COVID-19

R E S U M E N

La pandemia de COVID-19 ha hecho evidente la importancia de la interfaz animal-humano-medio ambiente en la emergencia de zoonosis. A pesar de que el salto de especie se considera un evento raro, el número de enfermedades infecciosas emergentes aumentó de manera significativa en la segunda mitad del siglo xx, siendo estas principalmente de carácter zoonótico y originadas en la fauna silvestre. Entre los determinantes asociados a la emergencia de zoonosis destacan la interacción humana con los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, los cambios en el uso del suelo, el cambio climático, el comercio y el consumo de fauna silvestre, etc. En el proceso del salto de especie existen diferentes fases de adaptación evolutiva entre el patógeno y la especie humana, variando desde su presencia en el reservorio animal sin infección humana hasta enfermedades exclusivamente humanas sin otros reservorios. El conocimiento de la evolución natural de las zoonosis permite identificar los puntos críticos para su control, al tiempo que posibilita identificar posibles candidatos para futuras pandemias. De forma específica, los avances en el conocimiento de los posibles reservorios del SARS-CoV-2 han contribuido a la toma de decisiones durante la pandemia. Por todo ello, y ante la variedad de escenarios que posibilitan el salto de especie y la evolución de los diferentes patógenos en un nuevo huésped, la vigilancia frente a la emergencia de zoonosis debe plantearse bajo la estrategia *One Health*.

© 2022 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

In the beginning it was zoonosis: *One Health* to combat this and future pandemics. SESPAS Report 2022

A B S T R A C T

The new pandemic, COVID-19, highlighted the importance of the animal–human–environment interface in the emergence of zoonoses. The jump of the species barrier is considered a rare event although the number of emerging infectious diseases increased significantly in the second half of the 20th century. Most of them transmitted from wildlife to humans. Several elements can contribute to the emergence of zoonoses: human interaction on ecosystems, biodiversity loss, changes in land use, climate change, trade in or consumption of wildlife. There are different stages in the adaptation of an animal pathogen into a specialized human pathogen, varying from its presence in animals without human infection to a pathogen exclusive to humans. The history of zoonoses allows the identification of critical points for their control, as well as the identification of probable virus or bacteria involved in future pandemics. Concerning COVID-19, the knowledge of the possible reservoirs of SARS-CoV-2 contributed to decision-making during the pandemic. Therefore, and given the variety of scenarios that allow the jump of species barrier or the evolution of pathogens in a new host, *One Health* strategies for zoonosis emergence surveillance should be implemented.

© 2022 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La COVID-19 ha vuelto a demostrar la importancia de la interfaz animal-ser humano-medio ambiente en la emergencia de enfermedades infecciosas. Si bien no todas las zoonosis ocasionan

pandemias, la mayoría de las pandemias tienen un origen zoonótico, por lo que el conocimiento de los determinantes asociados a estas debe representar la base de las estrategias de prevención.

Las complejas interacciones patógeno-huésped que presentan los agentes compartidos por la especie humana y el resto de los animales obligaron a superar la noción antropocéntrica de enfermedad previa al siglo xix. Así, una vez asumido el concepto de zoonosis, la evolución de la idea *One Medicine*, durante el siglo xx, hacia la estrategia *One Health* (tabla 1), surgió a principios del presente

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cdelafe@um.es (C. de la Fe).

Puntos clave

- Dado el impacto sanitario, económico y social de infecciones como la COVID-19, las zoonosis representan uno de los factores limitantes del desarrollo humano que se han de considerar.
- Entre los determinantes asociados a la emergencia de zoonosis destacan la interacción humana con los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, los cambios en el uso del suelo, el cambio climático y el comercio y consumo de fauna silvestre, que facilitan la interacción de los agentes infecciosos y la especie humana.
- El conocimiento de la receptividad y la sensibilidad que muestran diferentes especies animales frente al SARS-CoV-2 ha permitido abordar actuaciones específicas durante la pandemia con relación a los posibles hospedadores del SARS-CoV-2.
- La vigilancia y las estrategias de prevención de las próximas pandemias deben basarse en la coordinación multidisciplinaria bajo la estrategia *One Health*.

siglo, ha intentado responder a los retos sanitarios, sociales y ecológicos que se plantean a escala global¹. El concepto derivado queda definido como: «*One Health* es un enfoque integrado y unificador que pretende equilibrar y optimizar de forma sostenible la salud de las personas, los animales y los ecosistemas. Reconoce que la

salud de los seres humanos, los animales domésticos y salvajes, las plantas y el medio ambiente en general (incluidos los ecosistemas) están estrechamente vinculadas y son interdependientes. El enfoque moviliza múltiples sectores, disciplinas y comunidades en diferentes niveles de la sociedad para trabajar juntos con el fin de fomentar el bienestar y hacer frente a las amenazas a la salud y los ecosistemas, al tiempo que se aborda la necesidad colectiva de agua, energía y aire limpios, alimentos seguros y nutritivos, se actúa sobre el cambio climático y se contribuye al desarrollo sostenible» (*Joint Tripartite FAO, OIE, WHO and UNEP Statement*, 2021) (tabla 1).

Desde el punto de vista cuantitativo, las zoonosis representan una de las amenazas más importantes para la salud humana. Se estima que el 61,6% de los agentes patógenos que afectan al ser humano tienen carácter zoonótico. Además, el 75% de los agentes patógenos considerados emergentes en la especie humana infectan a otro huésped animal^{2–4}. En la etiología de las enfermedades infecciosas emergentes cabe destacar que la mayoría (94%) de los virus zoonóticos con capacidad de transmisión interhumana y diseminación global son virus ARN⁵.

De forma general, las 56 principales zoonosis ocasionan 2500 millones de casos y 2,7 millones de muertes anualmente, siendo uno de los principales obstáculos en la lucha frente a la pobreza que afecta a 1000 millones de ganaderos⁶. Las pandemias y otras zoonosis emergentes tienen un coste anual de 1 billón de dólares, mientras que las estrategias globales para prevenirlas tendrían un coste de 22.000–31.000 millones al año⁷.

Ante la importancia de las zoonosis, el presente trabajo pretende revisar los determinantes asociados al salto de especie y los modelos evolutivos de las zoonosis emergentes, así como los aspectos

Tabla 1
Evolución conceptual y desarrollo de la estrategia *One Health* en la edad contemporánea

Año	Autor/Organismo	Concepto	Enfoque destacado, definición o documento
1855	Rudolf Virchow	Zoonosis	Utilizó por primera vez el término <i>zoonosen</i> para referirse a las enfermedades compartidas entre los seres humanos y el resto de los animales. «Entre la medicina animal y humana no hay líneas divisorias, ni debería haberlas. El objeto es diferente, pero la experiencia obtenida constituye la base de toda medicina.»
1947	James H. Steele	<i>Veterinary Public Health</i>	Funda la División de Salud Pública Veterinaria en los CDC de los Estados Unidos. Importancia de la epidemiología de las enfermedades zoonóticas en la salud pública
1951	Grupo mixto OMS/FAO	Zoonosis	«Aquellas enfermedades e infecciones que se transmiten naturalmente de los animales vertebrados al hombre (<i>sic</i>) y viceversa.» ^a
1964	Calvin Schwabe	<i>One Medicine</i>	<i>Veterinary Medicine and Human Health</i> . El término remarca las similitudes entre la medicina humana y veterinaria, y la necesidad de colaboración para luchar frente a las enfermedades compartidas
2004	Wildlife Conservation Society	<i>One World, One Health</i> TM	<i>The Manhattan Principles on "One World, One Health"</i> . Establecen las prioridades para combatir las amenazas a la salud humana y animal en el mundo globalizado
2007	American Medical Association	<i>One Health</i>	<i>One Health resolution</i> . Promociona la colaboración entre la medicina humana y veterinaria
2008	FAO, OIE, OMS, UNICEF, Banco Mundial y UNSIC	<i>One World, One Health</i> TM	<i>Contributing to One World, One Health</i> TM - <i>A Strategic Framework for Reducing Risks of Infectious Diseases at the Animal-Human-Ecosystems Interface</i> . Dicho marco se define a partir de la experiencia acumulada frente a la gripe aviar
2017	FAO, OIE y OMS ^b	<i>One Health</i>	<i>The Tripartite's Commitment. Providing multi-sectoral, collaborative leadership in addressing health challenges</i> . Identifica los objetivos en materia de resistencia antibiótica, seguridad alimentaria, desarrollo de servicios de salud y vigilancia, respuesta e investigación sobre zoonosis
2019	FAO, OIE y OMS	<i>One Health</i>	<i>Taking a Multisectoral One Health Approach: A Tripartite Guide to Addressing Zoonotic Diseases in Countries</i> . Define mecanismos nacionales de coordinación, comunicación y colaboración multisectoriales para hacer frente a las enfermedades zoonóticas
2021	FAO, OIE, OMS y UNEP	<i>One Health</i>	<i>Tripartite and UNEP support OHHLEP's definition of "One Health". Joint Tripartite (FAO, OIE, WHO) and UNEP Statement</i> . Definición y desarrollo del concepto <i>One Health</i> por el <i>One Health High Level Expert Panel (OHHLEP)</i>

CDC: Centers for Disease Control and Prevention; FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; OIE: Organización Mundial de Sanidad Animal; OMS: Organización Mundial de la Salud; UNEP: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente; UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia; UNSIC: Coordinación del Sistema de las Naciones Unidas para la Gripe.

^a Definición final modificada ligeramente en el segundo informe del Comité mixto OMS/FAO de expertos en zoonosis (1959) y ratificada en el tercer informe (1969).

^b La colaboración institucional se formaliza en 2010: *The FAO-OIE-WHO Collaboration. Sharing responsibilities and coordinating global activities to address health risks at the animal-human-ecosystems interfaces. A tripartite concept note*.

Tabla 2

Zoonosis originadas en la fauna silvestre, hospedadores, localización geográfica y temporal del salto de especie, y factores asociados a este

Agente patógeno	Hospedador natural	Hospedador nuevo	Año, localización	Factores asociados	Observaciones
Virus de la inmunodeficiencia humana (HIV-1 y HIV-2)	Chimpancé: (SIVcpz) Mangabeye gris: (SIVsm)	Humanos	1920, Kinsasa (R.D. Congo)	Caza y consumo de simios Cambios ecológicos y sociales en África	> 35 millones de muertes desde 1981
Virus Ébola	Murciélagos	Primates Antílopes Humanos	1976, Sudán (R.D. Congo)	Invasión de tierras para agricultura Caza, manejo y consumo de hospedadores	Letalidad en humanos: 50-100%
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Ratón de patas blancas	Perros Humanos	1982, Estados Unidos	Deforestación Incremento de ciervos, roedores	Transmitida por <i>Ixodes</i> spp.
Virus Hendra (género Henipavirus)	Murciélagos (<i>Pteropus</i> spp.)	Caballos Humanos	1994, Australia	Expansión urbana Interacción con el ecosistema de los murciélagos	Infecciones humanas a partir de caballos enfermos
Virus Nipah (género Henipavirus)	Murciélagos (<i>Pteropus</i> spp.)	Cerdos Humanos	1998-1999, Malasia	Deforestación Aumento de granjas porcinas	Infecciones humanas a partir de cerdos enfermos
Virus gripe aviar H5N1	Aves acuáticas	Humanos	1997, Hong Kong	Interacción fauna silvestre, doméstica y humanos	Letalidad en humanos: 33%
Virus del Oeste del Nilo	Aves	Caballos Humanos	1999 ^a , Estados Unidos	Importado de Oriente Medio Cambio climático	Transmitido por <i>Culex</i> spp.
Virus de la viruela del mono	Perrito de las praderas	Humanos	2003, Estados Unidos	Capturados y en contacto con roedores de Ghana	Transmisión por contacto
Coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV)	Murciélagos	Civetas Humanos	2002-2003, China	Cría y comercio de civetas Interacción con murciélagos en los mercados	Transmisión aerógena >8000 casos (>30 países) Letalidad: 13-18%
Coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV)	Murciélagos	Dromedarios Humanos	2012, Arabia Saudí	Transmisión interhumana Contacto con dromedarios Transmisión interhumana	>2000 casos (27 países) Letalidad: 30-42%

^a Inicio del primer brote americano en los Estados Unidos que afectó a humanos, caballos y aves. El primer aislamiento en la especie humana se realizó en 1937 en Uganda. En Europa, los primeros brotes se describen en 1962-1968, aumentando su frecuencia y virulencia a partir de los años 1990.

zoonóticos relativos a la COVID-19 y las estrategias de vigilancia de futuras pandemias bajo el prisma *One Health*.

El salto de la barrera de especie y determinantes asociados a la emergencia de zoonosis

Las oportunidades de transmisión de patógenos entre especies están influenciadas por procesos que ocurren desde la escala molecular hasta niveles ecosistémicos, y que requieren la coincidencia de todos ellos, por lo que el salto de especie se ha calificado como un evento relativamente raro. Todos los patógenos deben vencer una serie jerárquica de impedimentos, funcional y cuantitativamente vinculados, para infectar a una nueva especie hospedadora. La superación de dichas barreras ha sido representada gráficamente como una suerte de ventana espacial y temporal que se corresponde con un marco sintético modelizado matemáticamente por Plowright et al.⁸ en 2017.

En la segunda mitad del siglo xx, el número de enfermedades infecciosas emergentes aumentó de manera significativa. Dichas enfermedades fueron principalmente de carácter zoonótico y, la mayoría de estas (71,8%), tuvieron su origen en fauna silvestre⁴. La asociación entre el riesgo de emergencia de zoonosis y la biodiversidad de las regiones de referencia pone de manifiesto el impacto que tienen para la salud global las actuaciones humanas sobre el ecosistema^{4,9}. La proliferación de los huéspedes asociados a zoonosis emergentes se incrementa en medios alterados, mientras que en ecosistemas conservados su frecuencia disminuye en

favor de aquellos no asociados a enfermedades emergentes¹⁰. En este sentido, entre los huéspedes asociados a los virus emergentes de carácter zoonótico destacan cuantitativamente los roedores silvestres, los primates y los murciélagos⁵.

Al mismo tiempo, entre los factores asociados a la emergencia de las zoonosis cabe señalar las consecuencias derivadas del cambio climático que afectan directamente a la ecología de los vectores (incrementando su supervivencia y su interacción con las especies) y los reservorios¹¹. De forma sinérgica, las modificaciones en el uso del suelo (deforestación, urbanización, incremento de la producción agrícola y ganadera, entre otras) se han asociado con más del 30% de las enfermedades emergentes registradas desde 1960. Además, un elemento constante de preocupación es el comercio internacional de animales. El comercio legal de fauna silvestre se ha multiplicado por cinco en los últimos 14 años, estimándose su valor en 107.000 millones de dólares en 2019, al tiempo que el comercio ilegal alcanza un volumen de negocio de 7000-23.000 millones de dólares anualmente⁷.

Otros factores asociados a la emergencia de las zoonosis han sido la translocación de especies, la caza y el comercio de carne de animales silvestres, y los mercados no controlados de animales y alimentos^{5,7,9,12,13}.

En este contexto, se estima que existen alrededor de 1,7 millones de virus actualmente no conocidos en mamíferos y aves, y de ellos, entre 631.000 y 827.000 podrían tener la capacidad de infectar a la especie humana⁷.

Modelo evolutivo de las zoonosis emergentes

En la [tabla 2](#) se relacionan algunos ejemplos de zoonosis originadas en la fauna silvestre. De forma general, se pueden diferenciar dos modelos según los cuales se produce la transmisión de los agentes patógenos desde el reservorio animal a la especie humana¹⁴: enfermedades de origen animal en las que la transmisión interhumana se mantiene durante un tiempo limitado o de forma permanente, y enfermedades en las cuales la transmisión horizontal en la especie humana es rara o inexistente.

Dichos modelos reflejan la realidad puntual de un proceso dinámico que evoluciona de forma diferente para cada agente patógeno. En este sentido, Wolfe et al.¹⁵ propusieron cinco fases adaptativas: 1) presencia del agente patógeno en el reservorio animal sin infección humana; 2) transmisión natural animal-humano sin transmisión interhumana (p. ej., la rabia); 3) mantenimiento del ciclo animal con transmisión interhumana ocasional (p. ej., el Ébola); 4) existencia de ciclo silvestre en animales con amplios brotes de transmisión secundaria interhumana sin la participación del reservorio animal (p. ej., el dengue); y 5) presencia de un patógeno exclusivamente humano (p. ej., el sida). Alternativamente a este modelo piramidal basado en las características del agente patógeno y su adaptación a la especie humana, Morse et al.¹² propusieron un modelo de tres etapas basado en la dinámica de la infección y la frecuencia de los sucesos que ocurren desde la fase de preemergencia, con el agente en su medio natural, hasta la fase de emergencia pandémica, pasando por la fase intermedia de emergencia localizada con transmisión interhumana limitada.

Junto a la importancia del reservorio silvestre en la emergencia de una zoonosis, no se debe olvidar el papel del ganado en dicho proceso. Participa en el mantenimiento, la amplificación y la transmisión de zoonosis^{9,16} que no por conocidas dejan de tener riesgo de (re)emergencia. Así, entre los agentes patógenos identificados en la interfaz fauna silvestre-ganado se han relacionado el virus de la gripe, *Brucella* spp., *Mycobacterium bovis*, *Coxiella burnetii*, *Bacillus anthracis*, el virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo, el virus de la fiebre del Valle del Rift, el virus Wesselsbron y el Huaiyangshan banyangvirus.

De acuerdo con los antecedentes o la situación actual de los distintos virus, se han propuesto como candidatas a ocasionar próximas emergencias zoonóticas las familias *Nairoviridae*, *Phenuiviridae*, *Coronaviridae*, *Arteriviridae*, *Flaviviridae*, *Orthomyxoviridae*, *Paramyxoviridae*, *Poxviridae* y *Herpesviridae*¹⁷.

Origen zoonótico de las principales enfermedades humanas

Los determinantes de origen antrópico que alcanzan una dimensión global no son exclusivos del Antropoceno. En este aspecto, es destacable el análisis planteado por Wolfe et al.¹⁵ sobre el origen animal de las principales enfermedades humanas. Las 25 enfermedades estudiadas fueron seleccionadas en función de la importancia histórica y evolutiva de su letalidad y morbilidad. Además, se dividieron según su origen en zonas templadas (n = 15) o en regiones tropicales (n = 10). En la [tabla 3](#) se relacionan las siete enfermedades originadas en zonas templadas a partir de animales domésticos en las que en la actualidad no existe un reservorio animal y son exclusivamente humanas (con la excepción de los virus de la gripe). Además, entre las enfermedades originadas en las zonas templadas hay que añadir la hepatitis B, la peste bubónica y el tifo, cuyo origen se atribuye a animales silvestres o sinantrópicos, y la rubeola, la sífilis, el tétanos y la salmonelosis, en las que el origen animal se desconoce.

Entre las enfermedades tropicales estudiadas¹⁵, el patrón evolutivo presenta mayor variedad. Con la excepción del sida y la malaria por *Plasmodium falciparum*, que se consideran enfermedades

exclusivamente humanas, el resto de las estudiadas presentan un reservorio animal relativamente cercano al origen animal propuesto. Al mismo tiempo, en seis de ellas se excluye el origen doméstico; así, el sida, el dengue, la malaria por *Plasmodium vivax* y la fiebre amarilla se originaron a partir de primates, el cólera de algas e invertebrados acuáticos, y la malaria por *P. falciparum* a partir de gorilas. La enfermedad de Chagas, la enfermedad del sueño de África Oriental y la enfermedad del sueño de África Occidental se atribuyen a mamíferos domésticos y silvestres, y la leishmaniasis visceral se relaciona en su origen con los perros y los roedores.

Entre las principales enfermedades infecciosas que afectan actualmente a la especie humana se encuentran algunas que podrían haber surgido en los últimos 11.000 años como consecuencia del desarrollo de la agricultura, la domesticación de las principales especies de interés ganadero, el incremento de las poblaciones humanas y de animales domésticos, y la interacción de ambos en un medio modificado. Los determinantes de la salud asociados a la evolución de las poblaciones humanas de cazadores-recolectores hacia sociedades agrícolas, y su impacto en la historia de la humanidad, fueron investigados por Diamond¹⁸ y se corresponden geográficamente y temporalmente con los planteamientos evolutivos propuestos por Wolfe et al.¹⁵ para las diferentes enfermedades.

Análisis de la COVID-19 bajo el prisma One Health

La COVID-19 ha supuesto, con la información disponible actualmente, un ejemplo más de virus emergente de carácter zoonótico procedente de los murciélagos que ha completado el salto a la especie humana⁵, desconociéndose por el momento el papel epidemiológico que puedan haber desempeñado otras especies animales. Diversos estudios, basados tanto en las características genómicas del SARS-CoV-2 y otros coronavirus animales¹⁹ como en la similitud del tipo de receptores asociados a la entrada del virus en las células infectadas²⁰, han propuesto al pangolín como ese posible huésped intermediario en el proceso de adaptación del SARS-CoV-2 a la especie humana, de modo similar al desempeñado por la civeta en el caso de la infección por SARS-CoV-1²¹, aunque este hecho aún no se ha demostrado.

La COVID-19 también ha evidenciado la necesidad de vigilar la presencia de otros huéspedes que puedan desempeñar un papel epidemiológico de interés en la difusión y el mantenimiento de la infección, quedando demostrada la receptibilidad de otras especies como mustélidos, felinos, carnívoros y roedores, tanto del ámbito doméstico como del silvestre, al coronavirus SARS-CoV-2^{22–27}. Por otra parte, también se ha demostrado que otras especies, como el ganado porcino²⁶ y los rumiantes, no parecen ser receptivos a la infección, tal como ya prevenían algunos estudios basados en la secuencia de los receptores ACE-2²⁰.

No obstante, la sensibilidad de las especies infectadas ha sido diversa y, en la mayor parte de los casos, no se considera que desempeñen un papel epidemiológico de interés para el mantenimiento y la transmisión de la infección. Así, observamos algunas especies, como los hurones y los visones, en las que la infección natural puede generar cuadros clínicos importantes e incluso mortalidad asociada a la presencia de neumonía intersticial^{25,28}, y otras, como los perros, en que las infecciones naturales o experimentales realizadas hasta ahora han generado básicamente infecciones asintomáticas²⁹. Desde el punto de vista experimental, la inoculación de una elevada carga viral en diversas especies no ha generado cuadros de mortalidad, sino una sintomatología leve, con la excreción parcial de virus principalmente por vía respiratoria durante unos pocos días. En este sentido, parecen haber sido los mustélidos, y en particular los visones, una de las especies más afectadas por la infección²⁸.

Tabla 3Algunas de las principales enfermedades humanas^a en las que se ha propuesto un origen zoonótico a partir de animales domésticos¹⁵

Enfermedad	Agente	Reservorio animal actual	Origen animal probable	Origen geográfico	Hospedador próximo actual	Agente actual más cercano
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	No	Herbívoros domésticos	Viejo Mundo ^b	Ganado doméstico	<i>C. pseudotuberculosis</i> y <i>C. ulcerans</i>
Gripe A	Orthomyxoviridae: virus de la gripe A	Aves silvestres	Patos, cerdos, aves silvestres	Viejo Mundo (Asia)	Aves acuáticas	Virus de la gripe aviar
Sarampión	Paramyxovirus: Morbillivirus	No	Ganado vacuno	Viejo Mundo	Rumiantes silvestres	Virus de la peste bovina ^c
Paperas	Paramyxovirus: Rubulavirus	No	Posiblemente cerdos	Viejo Mundo	No resuelto, posiblemente porcino	Rubulavirus porcino, virus parainfluenza humano y del simio <i>B. bronchiseptica</i>
Tosferina	<i>Bordetella pertussis</i>	No	Mamíferos	Viejo Mundo	Mamíferos	
Rotavirus A	Reoviridae: Rotavirus	No	Herbívoros domésticos y otros mamíferos	Desconocido	Ganado doméstico	Rotavirus
Viruela	Poxvirus: virus variola	No	Camello	Viejo Mundo (África)	Posiblemente camellos	Camelpox virus

^a Se ha excluido la tuberculosis de la relación inicial propuesta por Wolfe et al.¹⁵ Las delecciones presentes en el genoma de *Mycobacterium bovis* demuestran que su origen es posterior a las micobacterias adaptadas a la especie humana.

^b África, Asia y Europa.

^c Erradicada oficialmente en 2011 (último caso registrado en 2001).

Tabla 4Resumen de las respuestas para aplicar medidas de bioseguridad y conservación en las regiones afectadas por situaciones de riesgo sanitario¹³

Categoría	Problema	Respuesta propuesta
Explotación de la fauna silvestre	Comercio ilegal Consumo de carne	Prohibición de las vías legales existentes para el comercio y consumo de fauna silvestre Aumentar los esfuerzos para evitar el comercio ilegal No criminalizar a la fauna silvestre y educación para evitar su uso inapropiado
Disfunción humano-ambiente	Destrucción ambiental e invasión de las fronteras forestales Expansión de actividades económicas con cambios demográficos	Reconocer los vínculos entre la salud humana y ambiental Mejorar la conservación mediante áreas protegidas Incrementar la vigilancia sanitaria en el comercio de fauna silvestre y la interfaz con el ser humano
Alteración pandémica	Pérdidas económicas que conducen a las comunidades a depender de actividades ilegales destructivas del medio Disminución del flujo económico en las áreas protegidas (p. ej., turismo)	Diversificar el modelo productivo, más allá del turismo, hacia relaciones más sostenibles con los países desarrollados Prevenir futuras pandemias mediante un mayor control del comercio ilegal de fauna silvestre

Cabe señalar, como uno de los principales aciertos en relación con la pandemia, el conocimiento adquirido sobre el papel de las diferentes especies en la epidemiología del SARS-CoV-2, lo que ha permitido tomar decisiones en relación con las mascotas y los animales de producción. Asumiendo que la infección en la mayor parte de las especies animales analizadas hasta ahora es ocasional, la transmisión interespecie se ha documentado de modo natural y experimental en los gatos y los visones^{24,28}; sin embargo, solo se ha demostrado el salto posterior de la especie infectada a la humana en los visones³⁰. Este hecho ha determinado el sacrificio de millones de individuos; además, se ha confirmado la aparición de nuevas variantes del virus durante la circulación en las granjas de visones³¹.

Vigilancia y estrategias de prevención de futuras pandemias

El programa PREDICT es una de las principales experiencias previas de vigilancia de amenazas pandémicas desarrollada globalmente. En dicho programa, financiado por la United States Agency for International Development (USAID), se trabajó con más de 60 países en el periodo 2009-2019 y se identificaron al menos 931 especies de virus nuevos a partir de 145.000 muestras de fauna silvestre, ganado y humanos³².

A pesar del éxito del programa, es evidente que el descubrimiento de nuevos virus no evita futuras pandemias, por lo que es necesario compatibilizar los esfuerzos en aspectos básicos de virología y ecología con aquellos orientados a la vigilancia, el diagnóstico y la atención primaria. Al mismo tiempo, se ha propuesto que la próxima generación de herramientas de evaluación

de riesgos zoonóticos debe integrar aspectos como la secuenciación genómica y metagenómica, y la relación entre vectores y hospedadores con la interacción de las estructuras virales con los receptores del hospedador³³.

En la práctica, la integración de las estrategias de bioseguridad en los esquemas de conservación de la biodiversidad debe contemplar también los aspectos sociales implicados (tabla 4), principalmente en los países en vías de desarrollo donde la población rural depende de los recursos naturales existentes en zonas calificadas como *hotspots* para la emergencia de zoonosis¹³. Junto a las particularidades de los pueblos indígenas y las comunidades locales, tanto las medidas de intervención como las de vigilancia deben incorporar una visión de género que garantice que las mujeres estén representadas en la toma de decisiones y en la elaboración de procesos⁷. El 43% de la fuerza laboral en el sector agrícola de los países en desarrollo está compuesto por mujeres, al tiempo que desarrollan un trabajo no remunerado fundamental para el crecimiento económico, la salud y el bienestar de sus familias y comunidades. En este contexto, habida cuenta del papel de la mujer en las actividades de cuidado del ganado, el manejo y la preparación de alimentos, los cultivos, el acceso a los recursos naturales, etc., es un hecho asumido que el rol de género modifica tanto la exposición como el impacto de las enfermedades infecciosas. Por todo ello, se han propuesto análisis desagregados por sexo para el desarrollo de las estrategias *One Health*³⁴ (tabla 5) que han permitido adaptar los programas de promoción de la salud para mitigar los riesgos específicos de cada sexo en las comunidades rurales³⁵.

Tabla 5
Elementos para integrar la perspectiva de género en la estrategia *One Health*³⁴

Elemento	Componentes
Análisis de género	Definición de los roles de género en cada comunidad Evaluación de la discriminación de género Promoción de la igualdad de género y equidad Evaluación del impacto de las zoonosis y enfermedades transmitidas por vectores en función del género
Empoderamiento de las mujeres en la agricultura	Acceso a recursos productivos Derechos sobre la tierra Servicios integrales Liderazgo y acción colectiva Acceso al mercado y a la cadena de valor Educación, formación e información
Estrategias educativas	Programas de tutoría y liderazgo de ámbito local, regional y nacional Materiales de aprendizaje visuales, multilingües y de bajo nivel de alfabetización Financiación y contratación equitativa de mujeres como formadoras Formar a instructores sobre cómo evitar el sesgo de género Entornos de aprendizaje seguros, sensibles al género, culturalmente apropiados e inclusivos Servicios integrales, como guardería y transporte, para asegurar la participación de alumnado y formadores

La experiencia ha demostrado que los esfuerzos locales de vigilancia se ven superados por los fenómenos de emergencia de zoonosis. Ante dicha realidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) han trabajado conjuntamente en el desarrollo de las estrategias *One Health* (tabla 1). Además, con el objetivo de proporcionar mandatos claros en la prevención de pandemias, se ha propuesto la creación de un consejo intergubernamental de alto nivel que pueda desarrollar competencias para alertar a los gobiernos, al sector privado y a la sociedad civil sobre los riesgos de posibles pandemias. Entre los mecanismos de acción política que fomenten cambios hacia la prevención de pandemias se han propuesto los siguientes⁷:

- Promocionar la investigación sobre los determinantes asociados a la aparición de pandemias, predecir áreas de alto riesgo y evaluar el impacto económico de posibles pandemias, así como coordinar el seguimiento de los objetivos acordados entre los países.
- Políticas para reducir el impacto del cambio en el uso del suelo: evaluación de riesgos, ayudas económicas que contemplen la reducción del riesgo sanitario y la protección de la biodiversidad, restauración ambiental y fomento de la modificación de las formas de consumo basadas en la agricultura y la ganadería globalizadas.
- Políticas para reducir los riesgos asociados al comercio de fauna silvestre: coordinación intergubernamental, educación en las comunidades, reducción o eliminación del comercio de las especies de alto riesgo, bioseguridad de mercados, vigilancia sanitaria en los colectivos implicados (cazadores, agricultores, comerciantes, etc.) y mejorar la colaboración contra el comercio ilegal.
- Fomentar la participación de todos los sectores de la sociedad: educación de nuevas generaciones, identificación de patrones de consumo de riesgo y promoción del consumo responsable de productos de origen animal, aplicación de impuestos/incentivos de sostenibilidad para la producción agropecuaria y el consumo en función del riesgo asociado de enfermedades zoonóticas.

Conclusiones

La pandemia de COVID-19 ha hecho evidente la importancia de la interacción de los humanos con el resto de los animales y los ecosistemas. Habida cuenta de que los principales determinantes de emergencia de zoonosis son de origen antrópico, se impone la necesidad de incorporar una visión sanitaria multidisciplinaria a la toma de decisiones de alcance global. En este sentido, el conocimiento de la evolución natural de las zoonosis permite identificar los puntos críticos para su control, al tiempo que posibilita identificar posibles agentes candidatos a ocasionar futuras pandemias. De forma específica, los avances en el conocimiento de los posibles reservorios animales del SARS-CoV-2 han contribuido a la toma de decisiones durante la pandemia. Por todo ello, y ante la variedad de escenarios que posibilitan el salto de especie y la evolución de los diferentes patógenos en los distintos hospedadores, la vigilancia frente a la emergencia de zoonosis debe basarse en la estrategia *One Health*, planteándose la necesidad de coordinar estructuras supranacionales que respondan de forma dinámica a dichas necesidades.

Contribuciones de autoría

A. Sánchez y C. de la Fe escribieron un primer borrador del manuscrito. Todas las personas firmantes revisaron el manuscrito, realizaron aportaciones y aprobaron su versión final.

Financiación

Ninguna.

Conflictos de intereses

Ninguno.

Bibliografía

1. Zinsstag J, Schelling E, Waltner-Toews D, et al. From "one medicine" to "one health" and systemic approaches to health and well-being. *Prev Vet Med.* 2011;101:148–56.
2. Cleaveland S, Laurenson MK, Taylor LH. Diseases of humans and their domestic mammals: pathogen characteristics, host range and the risk of emergence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2001;356:991–9.
3. Taylor LH, Latham SM, Woolhouse ME. Risk factors for human disease emergence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2001;356:983–9.
4. Jones KE, Patel NG, Levy MA, et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature.* 2008;451:990–3.
5. Kreuder Johnson C, Hitchens PL, Smiley Evans T, et al. Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity. *Sci Rep.* 2015;5:14830.
6. Gebreyes WA, Dupouy-Camet J, Newport MJ, et al. The global one health paradigm: challenges and opportunities for tackling infectious diseases at the human, animal, and environment interface in low-resource settings. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014;8:e3257.
7. Daszak P, Amuasi J, das Neves CG, et al. IPBES Workshop report on biodiversity and pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn. Germany. 2020 (Consultado el 22/7/2021.) Disponible en: <https://ipbes.net/sites/default/files/2020-12/IPBES%20Workshop%20on%20Biodiversity%20and%20Pandemics%20Report.0.pdf>.
8. Plowright RK, Parrish CR, McCallum H, et al. Pathways to zoonotic spillover. *Nature.* 2017;15:502–10.
9. Karesh WB, Dobson A, Lloyd-Smith J, et al. Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *Lancet.* 2012;380:1936–45.
10. Keesing F, Ostfeld RS. Impacts of biodiversity and biodiversity loss on zoonotic diseases. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2021;118, e2023540118.
11. Kilpatrick AM, Randolph SE. Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *Lancet.* 2012;380:1946–55.
12. Morse SS, Mazet JA, Woolhouse M, et al. Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet.* 2012;380:1956–65.
13. Smith W. Understanding the changing role of global public health in biodiversity conservation. *Ambio.* 2022;51:485–93.
14. Bengis RG, Leighton FA, Fischer JR, et al. The role of wildlife in emerging and re-emerging zoonoses. *Rev Sci Tech.* 2004;23:497–511.
15. Wolfe ND, Dunavan CP, Diamond J. Origins of major human infectious diseases. *Nature.* 2007;447:279–83.

16. Klous G, Huss A, Heederik DJJ, et al. Human-livestock contacts and their relationship to transmission of zoonotic pathogens, a systematic review of literature. *One Health.* 2016;2:65–76.
17. Meurens F, Dunoyer C, Fourichon C, et al. Animal board invited review: risks of zoonotic disease emergence at the interface of wildlife and livestock systems. *Animal.* 2021;15:100241.
18. Diamond J. *Guns, germs and steel: the fates of human societies.* New York: W.W. Norton & Company; 1997.
19. Zhang T, Wu Q, Zhang Z. Probable pangolin origin of SARS-CoV-2 associated with the COVID-19 outbreak. *Curr Biol.* 2020;30:1346–51, e2.
20. Luan J, Lu Y, Jin X, et al. Spike protein recognition of mammalian ACE2 predicts the host range and an optimized ACE2 for SARS-CoV-2 infection. *Biochem Biophys Res Commun.* 2020;526:165–9.
21. Wang LF, Eaton BT. Bats, civets and the emergence of SARS. *Curr Top Microbiol Immunol.* 2007;315:325–44.
22. Bosco-Lauth AM, Hartwig AE, Porter SM, et al. Experimental infection of domestic dogs and cats with SARS-CoV-2: pathogenesis, transmission, and response to reexposure in cats. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2020;117:26382–8.
23. Chan JF, Yuan S, Zhang AJ, et al. Surgical mask partition reduces the risk of non-contact transmission in a golden Syrian hamster model for coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clin Infect Dis.* 2020;71:2139–49.
24. Halfmann PJ, Hatta M, Chiba S, et al. Transmission of SARS-CoV-2 in domestic cats. *N Engl J Med.* 2020;383:592–4.
25. Kim YI, Kim SG, Kim SM, et al. Infection and rapid transmission of SARS-CoV-2 in ferrets. *Cell Host Microbe.* 2020;27:704–9, e2.
26. Shi J, Wen Z, Zhong G, et al. Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS-coronavirus 2. *Science.* 2020;368:1016–20.
27. Sit THC, Brackman CJ, Ip SM, et al. Infection of dogs with SARS-CoV-2. *Nature.* 2020;586:776–8.
28. Oreshkova N, Molenaar RJ, Vreman S, et al. SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020. *Euro Surveill.* 2020;25:2001005.
29. Zhai SL, Wei WK, Lv DH, et al. Can cats become infected with Covid-19? *Vet Rec.* 2020;186:e20.
30. Oude Munnink BB, Sikkema RS, Nieuwenhuijse DF, et al. Transmission of SARS-CoV-2 on mink farms between humans and mink and back to humans. *Science.* 2021;371:172–7.
31. Hammer AS, Quaade ML, Rasmussen TB, et al. SARS-CoV-2 transmission between mink (*Neovison vison*) and humans. Denmark. *Emerg Infect Dis.* 2021;27:547–51.
32. Kelly TR, Machalaba C, Karesh WB, et al. Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: lessons from PREDICT. *One Health Outlook.* 2020;2:1.
33. Carlson CJ. From PREDICT to prevention, one pandemic later. *Lancet Microbe.* 2020;1:e6–7.
34. Friedson-Ridenour S, Dutcher TV, Calderon C, et al. Gender analysis for One Health: theoretical perspectives and recommendations for practice. *Ecohealth.* 2019;16:306–16.
35. Coyle AH, Berrian AM, van Rooyen J, et al. Gender roles and one health risk factors at the human-livestock-wildlife interface, Mpumalanga Province. South Africa. *Ecohealth.* 2020;17:233–47.