

Ecología de la infección viral

Silvio Urcuqui I. *Biol. Msci. PhD. Facultad de Medicina, Grupo de Inmunovirología, U de Antioquia.*

Jorge Ossa L. *MV. MS. PhD. Profesor Jubilado, U de Antioquia.*

Empecemos recordando que la ecología se define como el estudio de las interacciones entre los seres vivos y su medio ambiente. En los términos que vamos a tratar el tema en esta oportunidad, podríamos decir que hablar de ecología de la infección viral equivale a hablar de la epidemiología de la infección viral, de las enfermedades emergentes y reemergentes, de la historia natural de la infección viral, y del ciclo infeccioso de los virus. La palabra ecología por ser mucho más amplia e integradora nos puede permitir una discusión más profunda de ciertos aspectos del tema.

Para empezar, vale la pena diferenciar muy bien los términos "infección" y "enfermedad". En el primer caso tenemos la interacción de un hospedero y un agente infeccioso con o sin manifestaciones clínicas; en el segundo caso tenemos signos y síntomas como consecuencia de esta interacción. La infección sin manifestaciones clínicas es el evento más común en la interacción de los virus y sus hospederos.

Una pregunta simple, pero de gran importancia para comprender la ecología de los virus, es la siguiente: cuando el virus del sarampión, por ejemplo, no está causando infecciones agudas en la población, ¿dónde se encuentra? o ¿dónde se mantiene? Igual pregunta podríamos formular para el virus de la rabia, para el virus de la fiebre amarilla, etc.

Si se analizan las curvas de incidencia de estas enfermedades a través de los años, en un área geográfica determinada, se puede



encontrar que se presentan picos precedidos por valles en una forma cíclica y en algunos casos predecible. Los picos corresponden a situaciones epidémicas y los valles a situaciones o periodos interepidémicos. La pregunta es entonces, ¿dónde se encuentra el virus en los periodos interepidémicos? Respondamos, en principio, que el virus tendrá que hallarse en su reservorio.

Según Acha y Cifres, en su libro "Zoonosis transmisibles comunes al hombre y los animales", se define como reservorio cualquier ser humano, animal, artrópodo, planta, suelo, materia, o una combinación de ellos, donde normalmente vive, se multiplica y del cual es dependiente, un agente infeccioso para su supervivencia y transmisión.

En el caso de los virus, el reservorio tiene que ser un ser vivo. En algunas ocasiones ese reservorio puede ser plural; es decir, que miembros de diferentes especies podrían cumplir el papel de reservorios de un agente viral determinado, lo cual potencia la propagación del virus en la naturaleza; otras veces el reservorio es una especie única. Es posible que el reservorio adquiera el virus pero no sufra la enfermedad; cuando hay una sola especie involucrada, el hospedero infectado puede o no sufrir la enfermedad, pero excreta el virus por un período prolongado y aún durante el resto de su vida; tal es el caso del virus Herpes simplex (HSV) que solo afecta al humano. Aquí, el hospedero infectado en forma primaria (o sea por primera vez) puede o no sufrir la enfermedad que consiste en la estomatitis (llamada comúnmente 'llagas') de los niños. Durante el periodo agudo el virus es excretado, como ocurre generalmente en las infecciones virales, pero una vez se curan las lesiones bucales, el hospedero puede en cualquier momento volver a excretar el virus en presencia o en ausencia de lesiones. Entonces se dice que el virus se ha reactivado (de un estado de latencia). Este patrón de infección es común a todos los miembros de la familia *Herpesviridae*.

En el momento en que el virus desapareciera completamente, de cada uno de los elementos que conforman el ciclo infeccioso, el virus estaría erradicado; tal fue el caso del virus de la Viruela.

Se entiende por hospedero natural al que hace parte fundamental del ciclo infeccioso de un agente, sufre o no la enfermedad y es capaz de transmitirla a otros hospederos susceptibles. Ejemplo de este concepto son el herpes simplex y el hombre, como ya vimos, o el virus de la fiebre amarilla y el mico *Cebus capuchinus*. La ausencia del hospedero natural en un espacio geográfico determinado modifica dramáticamente la epidemiología de la infección.

Un hospedero accidental es aquel que, no haciendo parte del ciclo infeccioso del agente, puede infectarse ocasionalmente, sufrir o no la enfermedad, y eventualmente, pero

no siempre, es capaz de transmitirla. La ausencia de dicho hospedero en un sitio o nicho determinado, no afecta el ciclo infeccioso.

Las infecciones siempre se encuentran en el tránsito entre los hospederos naturales y los reservorios; la brecha entre unos y otros es cerrada mediante los mecanismos de transmisión.

En lo que concierne las formas de entrada, los virus pueden llegar a los hospederos, principalmente, a través de las mucosas, de la piel, por vía hematogena, o en forma congénita. En las mucosas, podemos distinguir la vía ocular, la respiratoria, la gastrointestinal y la genitourinaria. Ejemplo de enfermedades que se transmiten por cada una de éstas vías, en su orden son: la conjuntivitis epidémica, la influenza, la poliomielitis, la inmunodeficiencia adquirida. Cuando hablamos de la piel, como vía de transmisión, estamos hablando de una piel erosionada, pues la piel sana se considera infranqueable a las infecciones virales. Los virus de las verrugas o el de la rabia, podrían ser mencionados como ejemplos de virus que penetran por esta vía.

Son ejemplos de transmisión hematogena la hepatitis B, antes llamada pos-transfusional y todas las enfermedades transmitidas por artrópodos hematófagos. Finalmente, son ejemplos de transmisión congénita la rubéola, los citomegalovirus y el virus de la inmunodeficiencia humana tipo 1 (VIH-1), que infectan a los fetos a través de la placenta. Existe otro tipo de transmisión congénita que no ha sido ilustrado en humanos, pero sí en animales; se trata de la transmisión vertical por medio de la línea germinal, que ocurre cuando los espermatozoides o los óvulos están infectados. En tal caso todas las células del nuevo individuo podrían estar infectadas, como ocurre con la leucosis de las gallinas, producida por un retrovirus.

Los mecanismos de transmisión son de una importancia crucial, pues de una transmisión eficiente depende el éxito del virus como especie biológica; es decir, la supervivencia. Podría pensarse que aquellos virus que han logrado introducirse en la línea germinal, han logrado resolver de una vez por todas, el problema de la transmisión; sin embargo, esto sólo es cierto en parte, ya que la supervivencia del virus queda supeditada a la del hospedero. Otros virus, en cambio, ante la falta de su hospedero principal pueden explorar otras alternativas, como es el caso del virus de la rabia, el cual, en Latinoamérica, infecta comúnmente a los perros, en Europa a los lobos, en Norteamérica a los mapaches.

A propósito de la transmisión, en general se puede decir que un agente infeccioso se transmite en forma directa o indirecta. La transmisión directa se produce desde un hospedero infectado -sin necesidad de un intermediario (humano o animal)- a un hospedero susceptible (mordedura, relación sexual, gotas de saliva y aerosoles generados a partir de éstas). La transmisión indirecta necesita de un intermediario, sobre el cual



puede haber o no multiplicación del agente viral y se convierte en un vehículo infectado (agua, alimento, producto biológico, sangre, órgano, etc), o un agente viviente que asegura la transmisión por transporte mecánico o biológico del virus; en este caso se requiere de un proceso de maduración, antes que pueda ocurrir la diseminación.

Las infecciones pueden categorizarse en menos contagiosas y más contagiosas, dependiendo de factores genéticos del virus y de su mecanismo de transmisión. En cuanto a la genética del virus podemos decir que hay grupos o familias de virus que se caracterizan por producir una gran cantidad de partículas infecciosas, como es el caso de la influenza donde se ha calculado que una de cada diez partículas liberadas de una célula infectada es infecciosa. Otro extremo es el de los papilomavirus, en los cuales solamente una de cada cien mil partículas es infecciosa. Esto explica, en parte, por qué, la influenza es más contagiosa que las verrugas. Por otro lado, en cuanto a los mecanismos de transmisión, en el caso de la influenza, la misma patogénesis a de la influenza estimula el estornudo, que actúa como una bomba aspersora de aerosoles; excelente mecanismo para infectar masivamente a un grupo de individuos susceptibles. En cambio para la transmisión de las verrugas se necesita contacto íntimo o manipulación de materiales contaminados, lo que hace más difícil la transmisión. El caso de la rabia es particularmente importante, pues por la misma patogénesis de la rabia se modifica el comportamiento animal; en el caso del perro, éste tiene la tendencia a huir y a morder todo cuanto encuentra a su paso (inclusive objetos inanimados) de tal suerte que el virus asegura de esta manera una amplia y efectiva transmisión.

También podríamos clasificar las infecciones virales según el rango de hospederos que afectan. Por ejemplo, el virus de las paperas afecta solamente al hombre; ésta es una infección de un solo hospedero. En cambio, el virus de la rabia y la fiebre amarilla, afectan diferentes hospederos. Cuando una infección afecta varios hospederos y uno de ellos es el hombre, estamos hablando de infecciones zoonóticas o zoonosis que se definen como aquellas que se transmiten de los animales al hombre o viceversa.

Las infecciones de un solo hospedero son más fáciles de controlar y erradicar. Tal fue el caso de la viruela humana: una buena vacuna y un plan de erradicación organizado a nivel mundial, fueron suficientes. Para la rabia, la situación sería mucho más complicada, pues no solamente tendríamos que vacunar la población humana, sino también la población de animales domésticos y salvajes; todo esto acompañado de un plan de control de murciélagos y vampiros.

Cuando la infección tiene un solo hospedero, necesariamente ese hospedero es, al mismo tiempo, el hospedero natural y el reservorio. Existen tres modalidades de cómo un hospedero natural puede ser el reservorio: para el virus de las paperas; como ya se dijo, el hombre es el único reservorio: mientras el virus está activo en alguna parte del mundo, digamos en Pekín, en Medellín se está acumulando una nueva población de

personas susceptibles; en este caso sólo bastaría la visita de un chino infectado para que se inicie un brote. El virus utiliza a los huéspedes para ser transportado hasta encontrar poblaciones susceptibles. Otra modalidad es la que utiliza el Herpes simplex, el cual después de una infección primaria permanece latente en su hospedero -el hombre- durante el resto de la vida, produciendo reactivaciones que pueden o no conducir a lesiones (fuegos), y asegura la transmisión a nuevos individuos susceptibles. La tercera modalidad es la que utiliza, por ejemplo el virus de la hepatitis B (VHB) y el VIH-1; para estos agentes el hospedero natural -el hombre- permanece infectado en forma persistente; es decir, que a diferencia del herpes en el que sólo ocasionalmente se puede aislar el virus, en el caso del VHB y del VIH-1, el aislamiento se puede hacer en todo momento. En resumen, la primera modalidad es la de una infección aguda, la segunda corresponde a una infección latente y la tercera a una infección persistente

Para el virus de la rabia, el hombre es solamente un hospedero accidental. El hospedero natural podríamos considerar que es el perro y el reservorio el vampiro. Los vampiros sufren la infección rábica, aparentemente sin mayores consecuencias, pero el virus queda en forma persistente en las células la grasa parda de estos animales, que pueden transmitir el virus a través de la saliva. Se considera que el hombre es un hospedero accidental en el ciclo infeccioso del virus de la rabia, puesto que no es un buen transmisor de la infección y por esto generalmente se considera un hospedero terminal. Sin embargo, esto no quiere decir que el hombre no tenga la capacidad de transmitir el virus; de hecho es necesario tomar todas las precauciones para evitar 'otros accidentes'. Este es un caso típico en el cual la presencia o ausencia del hombre no afectaría directamente la incidencia de la enfermedad en animales, ni afectaría la supervivencia del virus.

La fiebre amarilla es un ejemplo sumamente interesante que ilustra el problema de la ecología viral. La fiebre amarilla tiene como huésped natural al mico y específicamente al *Cebus capuchinus*; este animal es, a la vez, el hospedero natural y el reservorio de la infección. El vector, un mosquito del género *Hemagogus* en América del Sur y *Aedes africanus*, en África, vive en bosques tropicales; a la altura de las frondas de los árboles; precisamente donde habitan los micos. Este ciclo infeccioso, entre el mico y el mosquito, en este nicho ecológico, se conoce como el ciclo selvático de la fiebre amarilla. Cuando el hombre, en su afán colonizador (o destructor), tala los árboles, corre el peligro de ser picado por mosquitos infectados que caen con los árboles (¡el mosquito no tiene la culpa de equivocarse, pues su hospedero natural es muy parecido!). El hombre puede entonces infectarse y llevar la infección a su casa o aldea; entonces el mosquito *Aedes aegypti*, que normalmente se alimenta de sangre humana y comparte con su hospedero un nicho domiciliario, se convierte en vector y disemina la infección entre los humanos. A este proceso se le conoce como el ciclo urbano de la fiebre amarilla. Podríamos decir entonces que en el ciclo urbano de la fiebre amarilla el hospedero na-



tural es el hombre; pero con la advertencia de que ésta es una situación relativamente accidental.

Bien, nos queda ilustrado el hecho de que todos los virus tienen su ciclo infeccioso particular, claro en algunos casos, o todavía oscuro en otros. Este conocimiento es de vital importancia si se pretende controlar una infección.

Veamos ahora cuáles son algunos factores modificadores de los ciclos infecciosos de los virus. En primer lugar debemos mencionar la densidad de población: la infección por un virus es un proceso probabilístico, es decir, que depende del encuentro casual entre un virus y un hospedero susceptible. En este orden de ideas, tenemos que aceptar que la concentración de hospedero aumenta la probabilidad de que ese encuentro ocurra. Por tanto es más común encontrar una mayor incidencia de enfermedades infecciosas en los grandes conglomerados humanos que en los campos; a este respecto, vale la pena que hagamos la siguiente reflexión: ¿qué pasaría si una infección como el sarampión llegase a una pequeña isla lejana, habitada por mil personas, todas ellas susceptibles? Por lo que sabemos acerca de la ecología de esta infección, podemos anticipar que la gran mayoría de personas se van a ver afectadas y posiblemente la sintomatología va a ser más intensa y la mortalidad mayor, comparada con una epidemia similar en una metrópoli continental; si embargo, casi todos los enfermos se van a recuperar sin mayores consecuencias, y muy pronto la población de sobrevivientes va a ser completamente refractaria a la infección. El virus en este momento, tendrá que desaparecer de la isla porque no hay más hospedero susceptibles (la tasa de natalidad entre mil personas es muy baja para asegurar la presencia permanente de nuevos hospederos susceptibles). ¿Hasta cuándo podrá mantenerse esta situación? Hasta cuando haya una nueva población de hospederos susceptibles. Todos sabemos que la inmunidad contra el sarampión es muy duradera, prácticamente de por vida; entonces sólo podrá haber nuevos individuos susceptibles cuando ingresen nuevas personas a la isla y esto puede ocurrir por inmigración o por nacimientos.

El mismo caso del sarampión, en una ciudad como Medellín, se comporta en forma diferente: dada la alta población de esta ciudad, la cantidad de hospederos susceptibles prácticamente se renueva cada día, lo que da lugar a que el virus se mantenga en esta población indefinidamente. Se ha calculado que el sarampión sólo puede mantenerse en un lugar determinado si la población es mayor de 300.000 a 500.000 habitantes. (Estos ejemplos deberán valorarse al tenor de la nueva geopolítica mundial, pues el proceso de mundialización implica un gran intercambio, no sólo de mercancías, sino también de personas, y ésto a grandes velocidades).

Si en lugar del sarampión hablamos de la influenza, la situación puede ser diferente dado que la influenza además de infectar a los humanos, infecta a otras especies como

bovinos, cerdos, aves domésticas y silvestres, etc; entonces la población de hospederos susceptibles es mucho mayor. Si pensamos en las aves migratorias que pueden utilizar la isla del ejemplo anterior, como "zona de alimentación", podemos entender claramente que la influenza puede ser más frecuente que el sarampión en dicho lugar.

Otro factor modificante de la incidencia de las enfermedades es la genética, tanto de los hospedero como de los parásitos. La capacidad de los virus para producir enfermedad, está dada por su información genética y por la mayor o menor resistencia del hospedero; lo que es el resultado, por lo menos en algunos casos, de la conformación genética del mismo. Muchos otros factores pueden intervenir para hacer al virus más nocivo; es decir, más virulento, pero esto puede ser el tema de otro capítulo; por ahora recordemos que la genética tiene un papel importante que jugar.

Las experiencias inmunológicas de los individuos y de las poblaciones de individuos son también muy importantes, como puede deducirse de la discusión del brote de sarampión en la isla. Cuando un elevado porcentaje de la población está protegido, es más difícil que ocurra el encuentro entre el virus y el hospedero susceptible y aún si ésta llegase a ocurrir, las consecuencias del brote no serían tan graves, pues pocas personas resultarían contagiadas.

El clima también es un factor muy importante, pues incluye los conceptos de temperatura, humedad, pluviosidad y altura sobre el nivel del mar. El impacto de estas variables es más fácilmente discernible en aquellos agentes que utilizan vectores en su ciclo de transmisión, como es el caso de la fiebre amarilla o el dengue. Lógicamente sería difícil encontrar casos de estas enfermedades en sitios como la Sabana de Bogotá o en los páramos, pues estos sitios no son el hábitat propicio para el vector (a esto sin embargo no le podemos dar el carácter de inmutabilidad, pues los vectores pueden cambiar sus hábitos con gran celeridad, gracias a los cortos ciclos reproductivos y a su prolificidad). Igualmente, no podríamos encontrar un caso autóctono de dengue durante el invierno en las zonas de estaciones, cuando la temperatura es baja y el agua escasa. Para salvar este obstáculo los virus han desarrollado mecanismos especiales para poder sobrevivir al invierno: algunos virus pueden infectar los gametos de sus vectores de tal suerte que cuando los huevos -que sí tienen la capacidad de sobrevivir al invierno- eclosionan en la primavera los mosquitos nacen de una vez infectados (infección o transmisión transovárica).

El grado de educación sanitaria, las costumbres, los estilos de vida individuales, las creencias religiosas, y en general, la cultura, y dentro de esta, muy importante, la política, también tienen su participación en la mayor o menor incidencia de ciertas enfermedades infecciosas. El nivel de información acerca de cómo evitar el contagio de algunas enfermedades, por ejemplo una efectiva disposición de excretas, puede por



sí solo prevenir el mayor número de infecciones por enterovirus, como el polio y la hepatitis A. La costumbre del beso, que no es practicada en la misma forma en todas partes del mundo, puede ser un excelente vehículo para las infecciones primarias por el virus herpes simplex y de hecho, lo es para el virus de Epstein Barr, causante de la mononucleosis infecciosa (enfermedad del beso). En el caso de la prohibición de la promiscuidad sexual y el homosexualismo, en algunas religiones, tales como la católica, seguramente puede traducirse en modificación de las tasas de prevalencia de ciertas enfermedades. La calidad de nuestros gobiernos y las leyes y programas que implementan a nivel local, nacional y global, tienen un impacto sobre la incidencia de las enfermedades, mucho mayor que el que usualmente le atribuimos.

Las vías de transporte son un factor muy importante en la transmisión de las enfermedades. Si comparamos la situación de hoy con la anterior al siglo XX, es difícil imaginar la rápida difusión de enfermedades como la influenza o el VIH, cuando no existían el carro ni el avión; los pacientes que salían incubando la enfermedad del Japón o Australia, llegarían curados a los puertos americanos (si acaso llegaban). En la actualidad, la posibilidad de llegar a muchos nuevos destinos a velocidades 'supersónicas' ha ampliado grandemente la incidencia de brotes de agentes 'exóticos' -vale la pena recordar, en este contexto, que el ser humano no viaja solo, sino con sus alimentos, sus pertenencias y sus plagas, incluyendo muy especialmente insectos y roedores-. En ese sentido se podría pronosticar que las enfermedades se harán cada día más universales (o globales, en términos más modernos), a medida que los medios de transporte penetren a las zonas más aisladas de todos los continentes... y aunque suene a ficción, por ahora, a otros sitios del cosmos. De hecho, la introducción "accidental" de microorganismos extraterrestres, es una preocupación de instituciones como la NASA.

Finalmente, debemos mencionar un factor muy importante y que es común en el mundo entero; se trata de la política. El caso de la viruela ha comprobado que a base de voluntad política y una buena vacuna, es posible controlar las enfermedades. Infortunadamente, aun en casos para los cuales se dispone de una buena vacuna, no siempre los gobiernos están dispuestos a dedicar esfuerzos al estudio y al control de las enfermedades, aunque así lo demande la Constitución.

Para ilustrar más ampliamente cómo la política es un factor incidente en las enfermedades infecciosas, analicemos un aparte del discurso de despedida del Presidente de Colombia el 20 de julio del año 2.090: "... Entrego pues, un país donde finalmente cada hombre y mujer disfrutan de una condición académica digna, una vivienda apropiada, buena nutrición y asistencia médica, paz interior y fe en el futuro. Así podremos esperar una nueva prole sana, alegre e inteligente que llene nuestras escuelas, hoy bien dotadas y con maestros también alegres e inteligentes. La próxima generación de ciudadanos vivirá en armonía consigo mismos, con la naturaleza y con sus seme-

jantes; condición indispensable para promover efectivamente el ascenso del hombre".
hhzzEn estas condiciones ideales hoy, pero posibles mañana, la enfermedad infecciosa sería un obstáculo mínimo en el camino del bienestar humano.

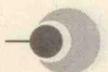
El concepto de enfermedades virales emergentes y reemergentes

Con este panorama amplio de la dinámica de las infecciones virales, es fácil comprender el concepto de emergencias y reemergencias. Se trata de algo relativamente nuevo, no porque se trate de un fenómeno inédito (la vida misma y la evolución son fenómenos emergentes), sino tal vez, porque la idea de los sistemas dinámicos, y en general de la complejidad, ha empezado a permear el pensamiento científico que tradicionalmente (quizás por definición) ha sido lineal y determinístico. Ahora comprendemos el viejo dicho de que en la biología "dos más dos no son cuatro" o, en lenguaje más contemporáneo, que la biología no es "matematizable", a pesar de que el paradigma vigente (el de la modernidad y el positivismo), nos empuje a buscar leyes universales y precisas con el ánimo de predecir el futuro.

Ahora sabemos que las trayectorias de los elementos en los sistemas complejos (como el de los virus) no son predecibles. En otros términos, ya sabemos que una "pequeña" causa puede dar lugar a un efecto mayor; o a la inversa, que una "gran causa" puede resultar en un efecto mínimo (valga anotar que esto es cierto para todos los sistemas complejos, incluido el social).

Podemos definir emergencia a algo que surge de manera inesperada, esto es, que dadas unas lógicas o unas condiciones determinadas, no era posible predecirlo (¡actualmente también se habla de lógicas difusas!). Tal es el trasfondo epistemológico que ha dado lugar a nombrar algunos eventos de enfermedad como emergencias.

La OMS (www.who.int/inf-fs/en/fact097.html) define como enfermedad infecciosa emergente a aquella que se identifica por primera vez en una región determinada y causa un problema de salud pública a nivel local o internacional. Igualmente, la OMS define como enfermedad infecciosa reemergente a aquella que reaparece en un nicho determinado del cual había desaparecido; o bien, a una enfermedad cuya prevalencia se incrementa de manera no previsible. Los factores responsables de la emergencia o reemergencia de enfermedades infecciosas son múltiples, pero existen dos que se consideran principales: el crecimiento de la población susceptible, o de la población de vectores y reservorios (cuando estos están involucrados), y la globalización del comercio. Adicionalmente los virus pueden sufrir rearrreglos genéticos y fenotípicos azarosos y la sobrevivencia de estos mutantes puede ser promovida por cambios en el entorno, bien naturales o artificiales. Veamos los siguientes ejemplos:



Comencemos con casos de emergencias. La primera que se nos viene a la mente es el sida; aparentemente el VIH-1 apareció por primera vez en la población humana en África, a partir de un virus simiano. Las enfermedades por hantaanvirus también se consideran emergentes; y a pesar de que la primera enfermedad producida por estos agentes fue caracterizada en 1950, durante la guerra en Corea, el virus Hantaan sólo se aisló en 1976 a partir de ratones de campo. De otra parte, los virus Marburg y Ebola, causantes de fiebres hemorrágicas en humanos, fueron descubiertos en 1967 y 1976, respectivamente; brotes esporádicos de estos virus con alta mortalidad, aparecieron por primera vez en médicos veterinarios involucrados en la importación de monos verdes africanos.

Como ejemplos de enfermedades emergentes en animales, están la parvovirus canina y las enfermedades por torovirus. La parvovirus, una enfermedad de perros, descubierta en 1978, se originó a partir de una mutante del virus de la panleucopenia felina. En cuanto al bernavirus, un torovirus, se aisló por primera vez en 1972 a partir de un equino con diarrea. Mas recientemente se ha documentado la emergencia del virus Hendra en Australia en 1994 y el Nipah, en Malasia en 1998. Estos virus tiene potencial zoonótico, y probablemente son transmitidos por murciélagos frugívoros.

Dos ejemplos más, son el virus del occidente del Nilo, que afecta el sistema nervioso central, se transmite a las personas sanas a través de la picadura de mosquitos. El primer caso de una persona infectada por este virus, se reportó en 1999 en el nororiente de Estados Unidos; desde entonces la enfermedad se ha reportado desde el oriente hasta el occidente de ese país. El virus responsable del Síndrome Respiratorio Agudo Severo (más conocido como SARS), se aisló en el 2003, en Hong Kong. Se cree el virus se originó en la provincia China de Guangdong, en el 2002, se extendió rápidamente por varios países gracias al desarrollo del transporte aéreo, y causó alrededor de 500 casos letales entre 7.000 infectados.

Con respecto a las enfermedades reemergentes, el ejemplo típico es la influenza; una de las enfermedades con más alto potencial epidémico y una de las pocas que aún conservan potencial pandémico. Las mutaciones puntuales en una glicoproteína, la hemaglutinina, permiten al virus evadir la inmunidad adquirida contra cepas que han causado infección y enfermedad previamente en una población. Esta situación es mucho más compleja ya que están involucrados múltiples hospederos en medios silvestres y artificiales. El más reciente caso es el de la aparición de cepas H5N1, capaces de transmitirse directamente de las aves al hombre sin la participación de otro hospedero mamífero, lo que prendió las alarmas de la OMS en prevención de una nueva pandemia.

Lo único previsible en este panorama de incertidumbre es que las infecciones continuarán emergiendo y reemergiendo *ad infinitum*.