

EL

ENEMIGO

LA HISTORIA SECRETA
DE LOS VIRUS

INVISIBLE

DOROTHY H. CRAWFORD

El enemigo invisible

La historia secreta de los virus

Dorothy H. Crawford

Traducción de Juan Pedro Campos

Título original: *The Invisible Enemy: A Natural History of Viruses*

© Dorothy Crawford, 2000

The Invisible Enemy: A Natural History of Viruses was originally published in English in 2000. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. Ediciones Península is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or for any losses caused by reliance thereon.

La revisión científica de este libro fue realizada por Sandra Ribes, bióloga sanitaria e investigadora del Laboratorio de Infección Experimental del Departamento de Medicina de la Universidad de Barcelona (Ciutat Sanitària i Universitària de Bellvitge).

Queda rigurosamente prohibida sin autorización por escrito del editor cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra, que será sometida a las sanciones establecidas por la ley. Pueden dirigirse a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesitan fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 47).
Todos los derechos reservados.

Primera edición: septiembre de 2002

Primera edición en esta presentación: septiembre de 2020

Traducción: © Juan Pedro Campos Gómez, 2002, 2020

Traducción del prólogo: Eva Raventós

© de esta edición: Edicions 62, S.A., 2020

Ediciones Península,
Diagonal 662-664
08034 Barcelona
edicionespeninsula@planeta.es
www.edicionespeninsula.com

DAVID PABLO - fotocomposición

DEPÓSITO LEGAL: B-6.022-2020

ISBN: 978-84-9942-932-8

SUMARIO

Prólogo a la edición de 2020	11
Introducción: el parásito letal	19
1. Bichos, gérmenes y microbios	23
2. ¿Virus nuevos o viejos enemigos con nuevos disfraces?	61
3. Tosas y estornudos extienden enfermedades	105
4. Al revés que el amor, el herpes es para siempre	137
5. Virus y cáncer	175
6. En busca de la cura	211
Conclusión: El futuro, ¿amigo o enemigo?	245
Notas y referencias bibliográficas	255
Glosario	267
Índice onomástico y temático	281

BICHOS, GÉRMESES Y MICROBIOS

Hay bichos microscópicos por todas partes; un ejército invisible de ellos asedia al cuerpo humano. No hay sitio donde no estén al acecho bacterias, protozoos y hongos, que parecen estar esperando justo una oportunidad para atacar. En realidad, hay más «bichos» sobre un solo ser humano o en su interior que personas en el mundo. Pero muy pocos causan enfermedades, y algunos hasta nos hacen un favor al devorar células muertas de la piel o ayudar a fragmentar moléculas que nuestros intestinos no pueden digerir. A cambio, les proporcionamos alimentos y refugio: es una verdadera relación simbiótica.

Los virus, por el contrario, no pueden «pastar» sin más en nosotros o en cualquier otro ser vivo. Son mucho más exigentes, porque para sobrevivir y reproducirse han de penetrar en una célula. Una vez dentro, toman lo que necesitan y no dan nada a cambio. Los virus, pues, son parásitos, y aunque se los relacione con otras formas microscópicas de vida llamándolos «microbios» o «gérmenes», en realidad son fundamentalmente distintos a ellas. Esas diferencias hacen que sean unos adversarios singulares y a veces letales.

Inteligentes, subversivos, sutiles, ingeniosos. Estos son algunos de los adjetivos que por lo común se aplican a los virus y que parecen describirlos admirablemente. Pero ¿dan de ellos una imagen verdadera? Ciertamente, los virus explotan cada oportunidad de la que disponen y pueden ser más listos que sus huéspedes (los organismos o células donde se alojan, sentido en el que se usará aquí siempre la palabra), hasta el punto de entrar en ellos y causarles una enfermedad. Parecen capaces de planear un

ataque y una estrategia de supervivencia, pero eso es como suponer que pueden pensar. Sin embargo, no tienen cerebro y no pueden, por tanto, controlar su propio destino. Entonces, ¿cómo es posible que algo tan pequeño y simple sea tan despabilado? ¿Cómo pueden apoderarse de seres mucho más complejos y depurados y sembrar la desolación en ellos? Son preguntas fascinantes que no dejan de plantear difíciles problemas a los científicos del mundo entero.

INVASORES INVISIBLES

Los virus representan la vida despojada de todo hasta quedar reducida a lo meramente esencial. Son los agentes infecciosos más pequeños y simples identificados hasta la fecha. (Los priones —proteínas supuestamente infecciosas— son más pequeños, pero no contienen material genético. Véase el capítulo 4, pp. 164-167.) En realidad, son poco más que un fragmento de material genético protegido por una cubierta proteica (o como diría sir Peter Medawar: «Una muestra de malas noticias envuelta en proteína».¹)

La palabra «virus» empezó a tener el sentido de «ente submicroscópico»² a principios del siglo xx, cuando los científicos se dieron cuenta de que los virus no son meramente unas bacterias muy pequeñas. Las infecciones más comunes son las causadas por virus o por bacterias, pero no es fácil distinguirlas simplemente con mirar a una persona infectada. El sarampión, la varicela, las paperas y la rubéola están causados por virus, mientras que la difteria, la tos ferina, el tifus y la tuberculosis son infecciones bacterianas. Unos y otras causan neumonías, meningitis y gastroenteritis. No es extraño, pues, que virus y bacterias sean términos más o menos sinónimos para la mayor parte de la gente.

El memorable titular de periódico: «Un microbio asesino me comió la cara», se publicó en 1994 tras un brote de un «mi-

crobio comedor de carne».³ Las informaciones de la prensa llamaban «virus» al culpable, pero la enfermedad, la fascitis necrotizante, está causada en realidad por una bacteria. Y otra vez, en 1996, cuando el peor brote mundial—infectó a más de doscientas personas y mató a veintinueve de ellas—de gastroenteritis causada por *E. coli* O157 (una bacteria) se originaba en la carnicería de John Barr en Wishaw, Escocia, al menos un periódico le echaba la culpa al «virus *E. coli*».⁴ Ahora, según el *Independent on Sunday*, hasta la bacteria letal multirresistente a fármacos de la tuberculosis es un virus.⁵

Esta mala información por parte de la prensa alimenta la convicción de que virus y bacterias son del mismo pelaje, pero aunque unos y otras son invisibles a simple vista, el parecido termina ahí. Hasta su tamaño relativo varía enormemente; si un virus tuviese el tamaño de un hombre, una bacteria de tamaño medio sería tan alta como la Estatua de la Libertad. Las bacterias miden en realidad entre una y diez micras (una micra es una millonésima de metro), y cabrían confortablemente en la cabeza de una chincheta algo así como tres millones. Se pueden ver las bacterias con un microscopio óptico corriente que amplíe doscientas veces, pero los virus, que son hasta quinientas veces menores, solo pueden divisarse mediante un microscopio electrónico que amplíe cien mil veces.

Las bacterias son descendientes directas de las formas más antiguas de vida de la Tierra, y son como el modelo en que se basan las células de los demás animales y plantas. Son los microorganismos más pequeños que pueden sobrevivir sin ayuda de otro ser vivo, la mayoría simples células sueltas que viven en el entorno natural. La vida no podría existir en este planeta sin las bacterias que actúan como plantas de reciclado en miniatura de átomos y moléculas. Cada día trabajan descomponiendo plantas y animales muertos en las partes constituyentes de manera que queden en disposición de volver a ser utilizadas. Los gases que se desprenden forman parte de la atmósfera, y con las moléculas simples se vuelven a construir nuevos animales y plan-

tas. Solo rara vez invaden las bacterias a otros seres vivos y causan enfermedades.

Las bacterias se multiplican de manera similar a como lo hacen las células de seres más complejos: dividiéndose en dos, sencillamente. Con tal de que tengan los nutrientes que necesitan, las bacterias pueden dividirse aproximadamente una vez cada veinte minutos. Por lo tanto, en veinticuatro horas una sola bacteria puede producir una colonia de más de 4.000.000.000.000.000.000.000 (4×10^{21}) bacterias idénticas.

Como todos los seres vivos, las bacterias contienen un material genético—el ADN—que garantiza que su descendencia heredará sus características genéticas. Su ADN lleva la información para sintetizar unas 4.000 proteínas, suficientes para que la bacteria viva y se reproduzca por su cuenta. Las bacterias contienen además toda la maquinaria celular necesaria para leer los mensajes del ADN, traducir la información en el ADN y producir proteínas con ella. La energía para toda esta actividad procede de complejos procesos metabólicos que necesitan un aporte de oxígeno y liberan dióxido de carbono.

A diferencia de las bacterias, los virus no pueden hacer absolutamente nada por su cuenta. No son células, sino partículas, y no tienen ninguna fuente de energía ni la maquinaria celular que se necesita para sintetizar proteínas. Cada partícula consiste simplemente en material genético rodeado por un cascarón proteico llamado «cápsida». Estas partículas se enfrentan al mundo exterior y transportan el material genético del virus de célula en célula al tiempo que extienden la infección. La mayoría de los virus solo tienen entre 3 y 400 genes (los seres humanos tenemos unos cien mil), y esos diminutos segmentos de material genético contienen el código de su propia reproducción. Pero para reproducirse han de penetrar en una célula viva y hacerse con el control de la misma.

Hoy en día se usa la palabra «virus» para referirse a agentes no biológicos, como los virus de los ordenadores. Estos «virus» modernos son parásitos invisibles que infectan, se reproducen y

causan enfermedades en programas de ordenador en vez de en células. Se transmiten mediante tarjetas de memoria o mensajes de correo electrónico, y una vez dentro de un ordenador se diseminan, destruyen los programas y originan el caos. Los programas que limpian el ordenador de virus tienen una utilidad limitada porque los virus «mutan» con mucha frecuencia. Por todas estas características, los virus informáticos recuerdan mucho a los biológicos. En la comparación, los virus biológicos son las tarjetas de memoria que solo funcionan cuando acceden al *hardware*, la maquinaria celular. Si un virus entra en una célula, ésta leerá el código genético del virus que dice «reprodúceme» y se pondrá manos a la obra.

Los virus, pues, invaden seres vivos, toman el mando de sus células y las convierten en fábricas de virus. En un día o dos aparecen miles de virus. Aunque éstos no tengan la intención de causar enfermedades, la infección suele debilitar o destruir las células: si se infectan las suficientes, se producirán consecuencias. Órganos enteros pueden quedar destruidos, y si son vitales e irremplazables la infección será fatal. El virus de la rabia, por ejemplo, destruye las células del cerebro y el Ébola mata las células que recubren los vasos sanguíneos, con lo que causa hemorragias letales.

Algunos virus dejan que las células infectadas sobrevivan, pero en un estado debilitado, y siguen produciendo nuevos virus. Entonces, la infección puede tener efectos muy curiosos en las células y en el animal o planta en conjunto. Un ejemplo famoso de este fenómeno lo provocó el furor por los tulipanes que se produjo en Holanda en el siglo xvii, cuando empezaron a cultivarse bellos tulipanes de varios colores. Los tulipanes llegaron a Europa desde Turquía a mediados del siglo xvi, y Holanda se convirtió pronto en el centro de su comercio. Los cultivadores consiguieron, partiendo de flores solo rojas, otras de color irregular, con franjas blancas, o «cortes de color». Estas exóticas floraciones eran blancas en su base, y sobre los pétalos se dibujaba una delicada filigrana blanca sobre rojo (Figura 1.1). Los tu-

lipanes «cortados» eran raros y muy preciados, símbolos de una alta posición social. Pero las flores eran tan caprichosas como bellas. Como cuenta Anna Pavord en su libro *El tulipán*: «La flor tenía una singular rareza que añadía peligrosamente un atractivo más a los que ya tenía. Podía cambiar de color, y parecía que a voluntad».⁶

Aunque una vez «cortado» un bulbo se quedaba así, solo uno o dos de todo un campo exhibían el fenómeno. Los fascinados cultivadores no eran capaces de explicarse por qué el color cambiaba de pronto. Estaba claro que no seguía las reglas de la genética aprendidas del estudio de otras plantas. Los que tenían cortes de color eran menos vigorosos que los de un solo color, y todo ello encarecía el precio de los bulbos. Pero entre 1634 y 1637 las cosas se descontrolaron por completo, y hubo una



Figura 1.1 El tulipán «cortado», de color irregular, empezó a cultivarse en el siglo xvii.

«tulipomanía». Un solo bulbo, un soberbio Almirante van Enkhuijsen, valía 5.400 guilders (más de 60.000 euros en dinero de hoy), lo que costaba una casa de varios pisos en el Amsterdam más fino, igual a quince años de sueldos de un peón. Cuando ese entusiasmo por los tulipanes estaba en lo más alto, era más barato encargarle a un artista famoso como Jan van Huysum que pintase un tulipán «cortado» (5.000 guilders como mucho) que comprar un solo bulbo.

Los primeros cultivadores, que tenían innumerables teorías acerca de cómo podía inducirse el color cortado, no podían saber que la causa era un virus. El minúsculo parásito suprime la formación de color y al mismo tiempo debilita la planta. Los áfidos que viven en los frutales extienden el virus, y como en Holanda a menudo se cultivaban juntos frutales y tulipanes, no sorprende que la infección apareciese con regularidad, pero de manera inexplicablemente aleatoria.

DE MIASMA A VIRUS

Louis Pasteur y Robert Koch fueron los primeros que demostraron que las enfermedades infecciosas eran causadas por microorganismos. Estos dos rivales, que trabajaron a mediados del siglo XIX—Pasteur en París y Koch en Berlín—, identificaron bacterias en materiales enfermos, desarrollaron métodos para cultivarlas y mostraron que podían transmitir las enfermedades correspondientes en animales susceptibles de ello. La primera que se aisló fue el bacilo del carbunco, que en principio causa enfermedades fatales en las ovejas pero que también infecta a las personas. A éste siguieron muchos otros descubrimientos, como las causas de enfermedades mortíferas como la tuberculosis y el cólera. Estos grandes avances condujeron a la moderna «teoría de los gérmenes» de las enfermedades infecciosas.

Desde los tiempos de Hipócrates hasta comienzos del siglo XIX se creía por lo general que las enfermedades estaban cau-

sadas por dos tipos de veneno: «virus» y «miasmas». «Virus» se refería a los venenos visibles, como los de las serpientes, la saliva de los perros rabiosos y las secreciones tóxicas de las plantas. «Miasma» era un gas invisible que emanaba de las ciénagas, del agua estancada, de los cuerpos humanos sin enterrar y de los cadáveres de animales, y causaba enfermedades infecciosas y plagas. A una población no habituada al pensamiento científico debió de suponerle un acto de fe extraordinario abandonar esas viejas creencias y aceptar que la verdadera causa de las enfermedades eran unos seres vivos diminutos que colonizaban sus cuerpos desde dentro en vez de unas sustancias tóxicas que venían de fuera. No sorprende que cierto tiempo después del descubrimiento revolucionario de la teoría de los gérmenes siguiera creyéndose por lo general que las bacterias eran el resultado en vez de la causa de una enfermedad, y que hasta mediados del siglo XIX no se aceptara universalmente la teoría.

Para principios del siglo XX se habían identificado varios centenares de bacterias, pero seguía habiendo muchas infecciones severas cuya causa no podía encontrarse. Algunas eran enfermedades corrientes, como el sarampión, la viruela, la rabia, la fiebre amarilla, o para el ganado la glosopeda o fiebre aftosa y entre las plantas la enfermedad del mosaico del tabaco. Como la infección tenía efectos devastadores en las vidas humanas todas esas enfermedades se estudiaban con gran detalle, pero aun así no pudo aislarse ninguna bacteria.

En 1876, Adolf Mayer, científico alemán y director de la Estación de Investigaciones Agrícolas de Wageningen, en Holanda, fue seguramente el primero que consiguió propagar una enfermedad vírica. Trabajaba sobre la enfermedad del mosaico del tabaco, a la que llamó así porque produce manchas oscuras y claras en las hojas de las plantas del tabaco (Figura 1.2). Esta enfermedad tenía connotaciones económicas de gran importancia para los holandeses porque devastaba sus lucrativos cultivos de tabaco. Mayer trituró las hojas de plantas infectadas y difundió la enfermedad frotando con el extracto hojas de plantas sanas.

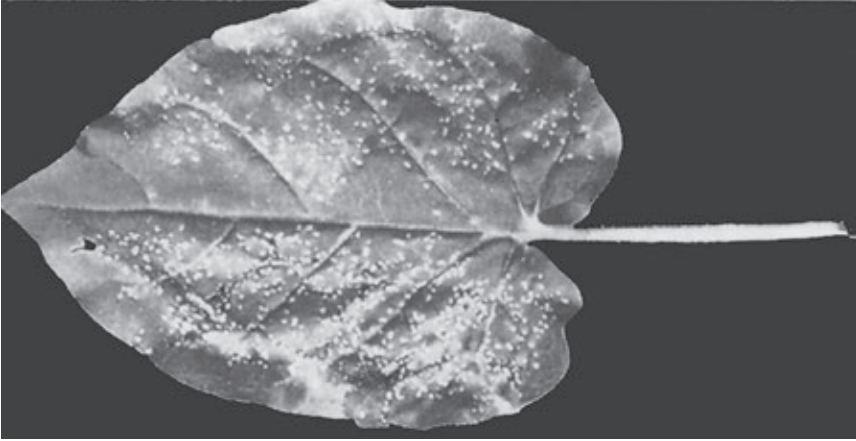


Figura 1.2. Hoja de nicotiana (planta del tabaco) en la que se ve el moteado que causa la infección del virus del mosaico del tabaco. (Reproducido de *Introduction to modern virology*, de S. B. Primrose y N. J. Dimmock, 1980, por cortesía de Blackwell Scientific Publications.)

Pensaba que el ingrediente activo debía de ser una enzima o una toxina. Después, un microbiólogo holandés que estudiaba los suelos y trabajaba con Mayer, Martinus Beijerinck, aclaró un poco más el misterio cuando hizo pasar el jugo diluido extraído de hojas infectadas por unos filtros de porcelana con unos poros lo bastante pequeños como para retener todas las bacterias conocidas. El jugo filtrado no solo seguía siendo infeccioso, sino que recuperó su fuerza original tras la infección de una segunda planta. Esto demostró que el agente podía reproducirse y que era un microorganismo vivo de algún tipo, no una enzima o una toxina.

Vino a continuación un periodo de debates intensos y acalorados sobre la naturaleza de esos «microbios invisibles» que se prolongó hasta 1903, cuando Pierre Roux, sucesor de Pasteur como director del Instituto Pasteur de París, expuso sus propiedades en términos científicos. Enunció tres características mensurables:

1. Filtrables: al ser tan pequeños, podían atravesar filtros que retenían las bacterias.
2. Invisibles: no se los podía ver con un microscopio óptico.
3. No cultivables: no proliferaban en las placas de cultivo bacteriano.

Se adoptó la expresión «virus filtrable» para nombrar a esos microorganismos, pero incluso durante los siguientes treinta años la mayoría de los científicos siguieron considerando que los virus eran bacterias muy pequeñas.

Entre 1900 y 1930 fue quedando más clara la naturaleza física de los virus, pero las maneras en que se reproducían e infectaban seguían siendo un misterio. Al afinarse los poros de los filtros pudo determinarse con precisión su tamaño, y nuevas técnicas de cultivo celular permitieron obtener muchos virus en cultivos celulares, purificarlos y demostrar que causaban enfermedades en animales vivos. Se vio que los huevos que contenían embriones de pollo eran un recipiente adecuado para que se reprodujesen ciertos virus porque la inoculación en las membranas que rodeaban al pollo que estaba desarrollándose producían un efecto visible (una placa) a los tres o cuatro días. Mediante el examen microscópico de esas placas se supo que los virus se multiplicaban *dentro* de las células, y que por lo general mataban a la célula infectada.

La invención del microscopio electrónico en 1938 proporcionó imágenes claras del mundo submicroscópico de los virus. Por fin se pudieron estudiar las increíbles estructuras y simetrías de esos diminutos microorganismos (Figura 1.3).

Pero las opiniones acerca de la naturaleza de los virus seguían divididas. La cristalización del virus del mosaico del tabaco en 1935 demostró que se trataba de pura proteína que, de alguna forma, se reproducía por sí misma. Sin embargo, tras el descubrimiento de que los cromosomas contienen genes compuestos de ADN, y cuando finalmente James Watson y Francis Crick descifraron en Cambridge la estructura de la doble hélice del

ADN en 1953, acabó por quedar claro que los virus no solo contienen proteína, también material genético. Esto definió a los virus en una categoría propia, y las diferencias esenciales entre los virus y las bacterias quedaron completamente de manifiesto.

¿VIVOS O MUERTOS?

El *Oxford Dictionary* define la vida como «la condición que distingue a los animales activos y a las plantas de la materia inorgánica, que abarca las facultades de crecer, tener una actividad funcional y cambiar continuamente hasta que llegue la muerte». ² Es una definición que no sirve de mucho en lo que se refiere a los virus porque solo se activan una vez han penetrado en una célula. Aunque poseen algunas de las características de los seres vivos, les faltan muchas de las esenciales para la vida. Pueden, por ejemplo, reproducirse, pero solo con mucha ayuda. Por otra parte, carecen de todos los procesos metabólicos necesarios para generar energía y de la maquinaria molecular imprescindible para sintetizar proteínas.

Viene a cuento en este punto preguntarse de dónde provienen los virus. ¿Evolucionaron, por ejemplo, a partir de algún otro ser vivo, y si es así, de cuál? Por desgracia, los virus no han dejado registros fósiles con los que pueda rastrearse su origen. Pero aunque solo se descubrieron hace unos cien años, sabemos que existen desde mucho antes que la raza humana. Prácticamente todos los seres vivos, sean plantas, animales o microorganismos, tienen sus virus particulares que han evolucionado con ellos a lo largo de millones de años. Los científicos interesados en el origen de los virus buscan pistas entre los virus de hoy comparando su dotación genética con la de otros microorganismos. Lo mismo que el árbol evolutivo del hombre puede remontarse hasta simios y monos de aspecto parecido al suyo y de ahí hasta los mamíferos más simples, hay una serie de microorganismos, desde las más complejas bacterias

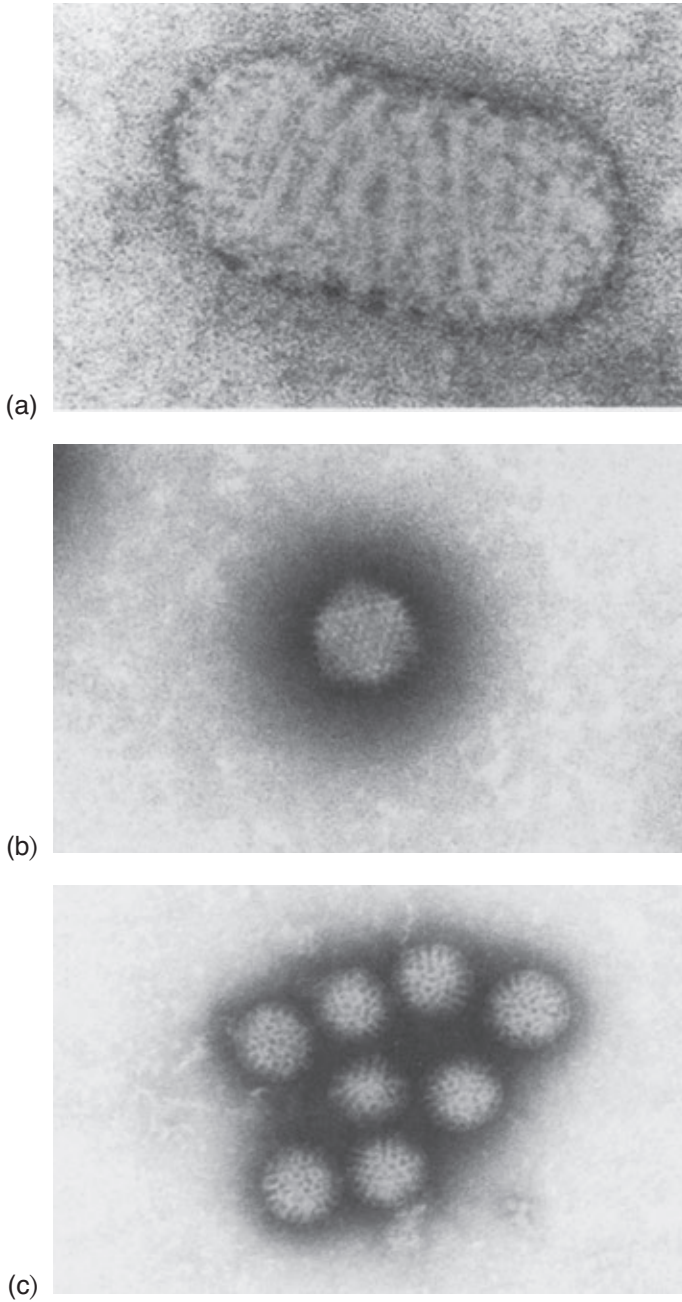


Figura 1.3 (a)-(c) Micrografías electrónicas de: (a) poxvirus (el del ectima contagioso) ($\times 180.000$); (b) adenovirus ($\times 180.000$); (c) rotavirus ($\times 130.000$).



(d)



(e)

Figura 1.3 (d)-(e) Micrografías electrónicas de: (d) el virus de las paperas (hélice nucleo-proteica, $\times 180.000$). (Todas por cortesía de la doctora Hazel Appleton, Central Public Health Laboratory.) y (e) virus Ébola ($\times 24.000$) (C. J. Peters *et al.* [1996] «Filoviridae: virus Marburg y Ébola», en *Virology*, ed. Fields, 3.^a ed., Lippincott-Raven Publishers, con permiso).

que viven libremente hasta las moléculas más simples que pueden reproducirse.

Hoy, la mayor parte de los científicos creen que los virus son segmentos individuales de material genético que de alguna forma se han desprendido de los cromosomas y han encontrado la

forma de reproducirse independientemente. Los «genes saltadores» podrían ser el principio del proceso. Pueden desprenderse de la cadena de ADN de un cromosoma y reincorporarse a ella en otro sitio, pero no salir de la célula. Un paso más allá están los plásmidos. Son fragmentos de ADN que pertenecen a bacterias que viven dentro del núcleo pero no están conectados a los cromosomas bacterianos. Llevan genes adicionales que a veces son perjudiciales para el huésped. Por ejemplo, los plásmidos pueden proporcionar los genes para convertir bacterias en resistentes a los antibióticos o productoras de toxinas dañinas. Como los virus, los plásmidos dependen por completo de la célula para su reproducción, pero no están clasificados como virus porque no forman partículas, por lo que quedan encerrados en una célula y su capacidad de diseminación está muy limitada. En su mayor parte solo pasan de la célula madre a la célula hija cuando la célula se divide, pero en ocasiones se transfieren directamente de un organismo a otro durante la conjugación, proceso en que dos bacterias se unen brevemente e intercambian material genético.

Los plásmidos pueden ser los precursores de los virus, pero algunos creen que los virus derivan de bacterias que sufrieron una regresión y se convirtieron de células que vivían independientemente en parásitos. Para que esto ocurriese, en algún punto de un pasado distante, debió de serles más fácil robar nutrientes esenciales que producirlos por sí mismas, y acabaron perdiendo su capacidad productiva por completo para convertirse en parásitos. Sin embargo, este proceso no parece muy probable, ya que las bacterias parasitarias degeneradas se parecen claramente a las bacterias y son completamente distintas de los virus.

Los virus, pues, o descienden de bacterias vivas que han llevado el parasitismo al extremo, o son simplemente segmentos de material genético que conllevan un código para su propia reproducción. La respuesta, pues, a la pregunta de si los virus están vivos o no sigue siendo materia opinable y de preferencia

personal. La mayoría de los especialistas en enfermedades infecciosas consideran que un agente infeccioso con características heredadas es un ser vivo; en cambio, muchos científicos moleculares tienden a considerar los virus solo como una molécula de material genético más que puede manipularse en un tubo de ensayo. Al final, ¿tiene esto alguna importancia real? Dondequiera que se mire, no hay duda de que los virus son singulares y sumamente distintos a las células con que se construyen los demás organismos.

SE REÚNEN LAS TROPAS

Cada vez que un virus infecta a un huésped se libra una batalla. El virus de la gripe, por ejemplo, tiene tan solo tres o cuatro días para producir una infección antes de que su huésped muera (por fortuna, rara vez sucede esto), o controle la infección y elimine el virus. En ese tiempo el virus ha de infectar a todas las células que pueda y reproducirse tan deprisa como sea posible; su descendencia debe salir antes de que el sistema inmunitario del huésped la destruya. Sea cual sea el resultado del encuentro, el virus, más tarde o más temprano, deberá irse a otra parte. Muchos virus solo pueden sobrevivir una o dos semanas fuera de una célula antes de que languidezcan y se vuelvan inactivos, así que, una vez han abandonado un huésped, han de encontrar otro rápidamente para que no se interrumpa la cadena infecciosa y quede garantizada su supervivencia a largo plazo.

Los virus no pueden tomar parte activa en su diseminación porque sus partículas son completamente inertes. Han de aprovechar las oportunidades que les dé el mundo exterior, y dejarse llevar por las corrientes de aire, flotar en líquidos o contaminar la comida. Como las semillas de las plantas, se producen muchos millones con la esperanza de que al menos uno encontrará un huésped y se enraizará en él. Los virus explotan cada ruta para colonizar un huésped nuevo, y su éxito es evidente.