



La caída de la Atlántida, por Monsù Desiderio (s. XVII). Colección Richard Dreyfus (Basilea)

Arqueovirus: la Atlántida viral

Edgar Reyna Rosas

De los atlantes a las arqueas

Son muchas las historias que se cuentan sobre la Atlántida y muchos los que especularon sobre su existencia y la de sus impresionantes habitantes. Según Platón, los atlantes eran individuos con grandes cualidades, distintas a las de los demás humanos. Se les adjudicaba un origen distinto al de Atenea, la deidad de la que provenían los griegos en su mitología, los atlantes provenían de Poseidón. La Atlántida quedó sepultada en las profundidades del mar Mediterráneo como castigo a la soberbia y ambición de conquista de sus habitantes. No se han encontrado ni siquiera rastros de la existencia de esta sorprendente sociedad en las profundidades del mar, pero lo que sí se ha encontrado en ellas son organismos inimaginables, seres extraños que parecen sacados de un bestiario del medioevo. Estos organismos, con el paso del tiempo y el

avance tecnológico, se han podido observar en sus ambientes naturales y entre ellos están las arqueas.

La clasificación de los organismos vivos ha cambiado varias veces en la historia, dependiendo de los hallazgos científicos y se ha pasado de la consideración de dos a cinco reinos para agruparlos (ver “El destronamiento del reino” en *Cienciorama*) hasta la propuesta actual de tres dominios, clasificación basada en la comparación de secuencias de ARN ribosomal para agrupar a los organismos en eucariontes, procariontes y arqueas (figura 1). El principal cambio en esta nueva clasificación fue la separación de las arqueas de las bacterias debido a que existen diferencias en su composición que muestran que son organismos muy distintos. Las principales diferencias radican en la composición de la pared celular y la membrana, que en las arqueas permite una mayor resistencia a condiciones estresantes del ambiente. Además de esto, muchos de los procesos celulares en las arqueas tienen mayor similitud con los de los eucariontes que con los de las bacterias



Figura 1. Actual árbol filogenético de la vida, dividido en 3 dominios y el cuál pone a las arqueas como un dominio independiente.

Un mundo desconocido

Las arqueas como todos los seres vivos requieren determinadas condiciones óptimas para desarrollarse, y en este caso son tan extremas que no hay forma de compararlas con las que pueden soportar otros organismos. Por regla general las arqueas son organismos extremófilos; es decir, se desarrollan muy campantes en circunstancias en las que la vida es imposible para otros seres. Muchas de las condiciones propias del desarrollo de la arqueas son de las profundidades marinas: temperaturas gélidas o por encima de los 100°C, cientos de atmósferas de presión, absoluta oscuridad o altas concentraciones de sal. Sólo las arqueas y otro pequeño grupo de bacterias tienen la capacidad de establecerse en esas condiciones.

El dominio de las arqueas se divide en dos filos: *Crenarchaeota* y *Euryarchaeota*; a su vez éstas se dividen, de acuerdo a los ambientes en que se desarrollan, en termófilas que viven a temperaturas por encima de los 45°C o hipertermófilas, a temperaturas mayores a los 80°C. También están las arqueas acidófilas (pH3) que se pueden encontrar en puntos calientes próximos a volcanes, entre otros sitios; las halófilas en altas concentraciones de sal o las que viven en ambientes anaeróbicos, llamadas metanógenas.

Todas las arqueas cultivadas en laboratorios provienen de aguas termales volcánicas y de las profundidades oceánicas. Por ejemplo, *Methanopyruskandleri* puede crecer a temperaturas de 122°C, mientras que *Picrophilustorridus* crece en medios muy ácidos con un pH de 0. Como se puede apreciar los ambientes donde pueden existir las arqueas en la Tierra no son muy abundantes.

Variedad de virus

En todos los ambientes y en todas las condiciones hay un acompañante incondicional de todos los organismos: los virus. Éstos infectan a todos los animales vertebrados e invertebrados, a todos las plantas, algas, a todos los hongos y a todos los organismos unicelulares --protozoarios, bacterias y arqueas--; incluso se infectan entre ellos. Esto los haría parecer inalterables, exentos de respuesta a cambios ambientales, pero no es así.

De la misma manera en que todo lo que existe en este mundo se sujeta a las leyes fundamentales de la física y la química, ellos también. Sin embargo, debido a que la mayoría de los virus que conocemos y estudiamos tienen un impacto en los humanos o en organismos que aprovechamos como virus de animales o plantas, mientras otros virus como los de arqueas han permanecido casi en el anonimato. Estos virus más conocidos, por lo general tienen estructura icosaédrica o helicoidal, y cuyo material genético está organizado en ADN o ARN. La estructura y las formas de regular el genoma de los virus que infectan plantas y bacterias suelen variar, y éste es el caso de los fagos. Pero pese a estas diferencias poseen características similares que los engloban dentro de una misma clasificación de estructuras y genomas (figura 2).

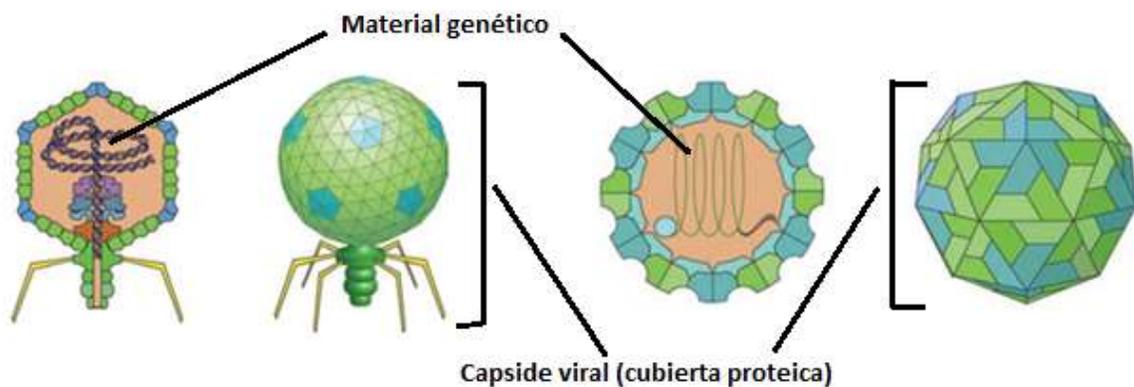


Figura 2. A la izquierda se ejemplifica un fago de bacterias y a la derecha un virus perteneciente a la familia de los picornavirus que infectan a células eucariontes.

Arqueovirus ¿qué se sabe de ellos?

Normalmente los virus --como es el caso de los fagos-- tienen estructuras que perforan paredes y membranas celulares para infectar. Pero una cosa es tener las estructuras necesarias para penetrar en la célula y otra es infectar una arquea en su medio natural. Imaginemos a un virus como un mongol que se topa con la muralla china, la pared celular; saca su maquinaria pesada, una poderosa perforadora, pero cuando casi logra atravesar la muralla se inicia una terrible tormenta con rayos, vientos huracanados y torbellinos y, para colmo, un terremoto, además de la

aparición de una manada de leones hambrientos. De esta magnitud son los obstáculos que enfrentan los arqueovirus para infectar a una arquea.

A finales de los años 80 e inicio de los 90 se empezaron a describir algunos virus parecidos en su estructura a fagos, pero con diferencias en su genoma. Éstos además eran capaces de infectar arqueas del género *Sulfolobus*, suceso que no se había observado antes en los fagos, por lo que se les llamó “partícula parecida a virus SSV1” (*Sulfolobusspindle-shaped virus 1* o virus con forma de huso de *Sulfolobus 1*), pues no eran virus descritos hasta ese momento. Hasta hoy se han descrito aproximadamente 100 tipos de arqueovirus que sorprendentemente representan alrededor de 12 a 16 familias, varias de ellas en proceso de ser aceptadas por el Comité Internacional para la Taxonomía de los Virus (ICTV, por sus siglas en inglés). Lo sorprendente es que taxonómicamente hablando los virus pertenecientes a todas estas familias son muy distintos entre ellos, pese a ser todos arqueovirus. Y esto comparado, por ejemplo con los miles de virus de bacterias que pertenecen a sólo 11 familias hace ver lo asombrosos que son.

Uno de los aspectos más sorprendentes para los virólogos son las morfologías de los arqueovirus porque la mayoría no son icosaédricos ni se asemejan a otros virus ya descritos. Los nombres usados responden a sus formas: limón, gota, barra, botella con fibras en su superficie, huso, con dos colas y esférico; sus clasificaciones oficiales siguen en construcción (figura3).

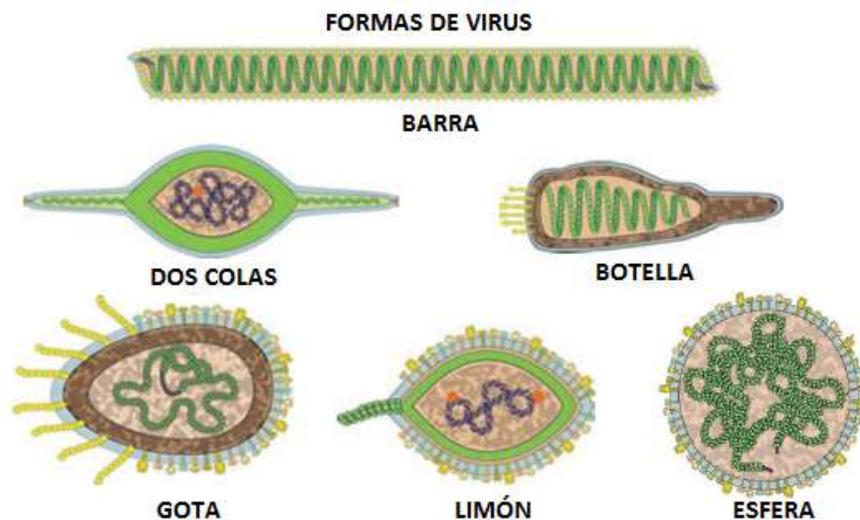
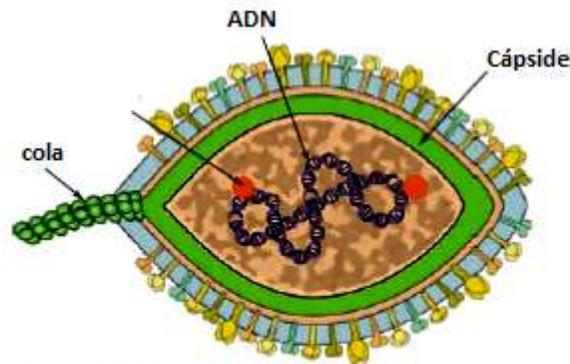


Figura 3. Ejemplos de cada uno de los arqueovirus descritos actualmente en donde se pueden observar las diferencias genómicas y estructurales con los virus presentados en la figura 2.

En cuanto a su composición genómica, todos los arqueovirus tienen ADN de doble cadena con excepción de uno que tiene ADN de cadena sencilla y uno que tal vez contenga ARN, lo cual también los hace más parecidos a los virus de eucarionte que de procariontes. Pero éstas son sólo algunas de las cosas más sorprendentes, a continuación mencionaré otras características únicas de los arqueovirus y su desconcertante existencia. Por ejemplo, los arqueovirus de la familia *Fuselloviridae*, con forma de limón, una vez dentro de la célula pueden inducir la formación de nuevos virus a partir de radiación UV u otros factores estresantes, una característica inédita (figura4).



Sulfolobus spindle-shaped viruses 1 (SSV-1), family *Fuselloviridae*.
Sulfolobus, virus en forma de huso 1 (SSV1)

Figura 4. Esquema de la forma y composición del arqueovirus SSV-1.

Por otra parte, uno de los virus de mayor tamaño, perteneciente a la familia de los *Rudiviridae*, que tiene forma de barra y llega a medir 900 nm, ha dejado perplejos a los virólogos porque tiene cualidades inigualables. Provoca la degradación masiva del genoma de la arquea y también sintetiza una proteína que forma estructuras piramidales dentro de ella que se van incrustando en la membrana de la célula; éstas estructuras la perforan y después se abren como el capullo de una flor creando un

gran hoyo por el que escapan los viriones para inducir la muerte de la célula (figura 5).

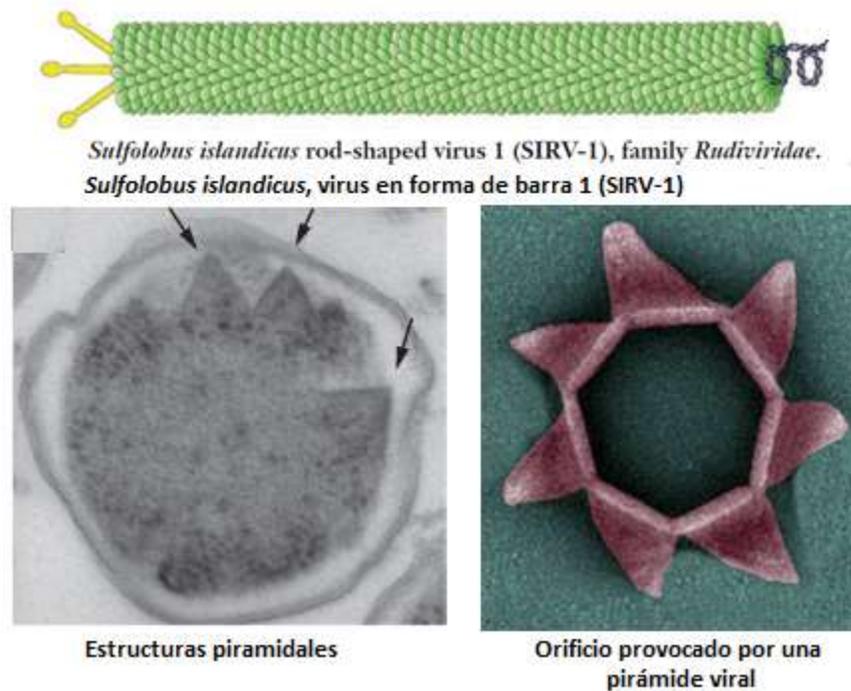


Figura 5. En la parte superior se muestra el esquema de un arqueovirus de SIRV-1. En la parte inferior se muestra a la izquierda la presencia de estructuras piramidales dentro de una célula. A la derecha el orificio que provoca en las estructuras piramidales.

Otro de los asombrosos ejemplos pertenece al único virus de la familia Bicaudaviridae que tiene dos facetas y es conocido como virus con dos colas. Tiene forma de limón cuando sale de la célula hospedera y cuando está fuera de ella, sin sus componentes celulares y recursos energéticos, sólo necesita de un ambiente a una temperatura de 75°C y es capaz de alargar sus dos colas alcanzando una longitud de 1000 nm (figura 6). Este fenómeno no se había observado en otros virus, sobre todo porque siempre se ha pensado que los virus fuera de la célula son inertes. Además, este virus posee el genoma más grande entre los arqueovirus y produce 72 proteínas; la mayoría de ellas no están reportadas y se desconoce su función. También es interesante que se puede inducir al virus a producir nuevos virus a partir de estímulos estresantes como

radiación con UV o drogas como la mitomicina c que detiene el crecimiento de las células.

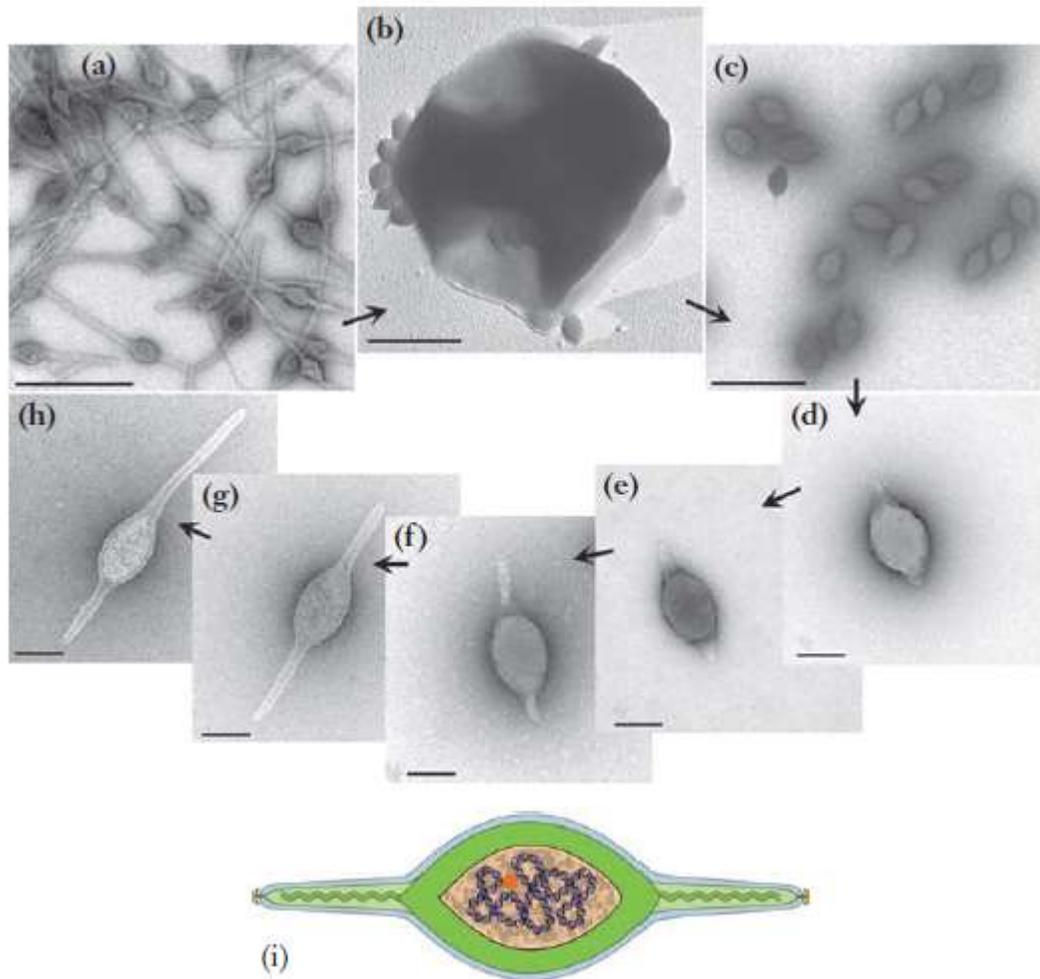


Figura 6. En la parte superior se muestra la secuencia de cambios que sufren los Bicaudaviridae dentro y fuera de la célula. En la parte inferior se muestra un esquema representativo de la forma de este virus.

Aunado a esto, muchos de los genes de los arqueovirus no han sido encontrados ni reportados en ningún otro organismo o virus, lo que hace sugerir que sólo se encuentran presentes en ellos con funciones aún no dilucidadas.

Algunos arqueovirus necesitan de condiciones muy particulares para su replicación y crecimiento dentro de la célula. Por ejemplo se ha observado que los que tienen forma de botella necesitan que el hospedero

disminuya la velocidad de crecimiento para tener un desarrollo óptimo, mientras que los que presentan forma esféricas no alteran la fisiología de la arquea al entrar en ella; es decir, se comportan en ella como si fueran un fantasma, algo inusual en los procesos de infección por cualquier tipo de virus.

Una mexicana en busca de un tesoro bajo el agua

En México existen muy pocos grupos de virólogos investigando los arqueovirus, aunque este campo es una mina de oro debido a que los hallazgos encontrados son increíbles, además de que casi toda esta área es un terreno inexplorado. Por eso todos aquellos amantes de las aventuras tienen que partir al extranjero. Uno de estos exploradores es la bióloga Laura Martínez quien apostó todas sus canicas para tratar de explicar los procesos de replicación del arqueovirus SIRV-2, un virus que infecta a *Sulfolobus*, arqueobacteria hipertermófila. SIRV-2 y SIRV-1 son virus con forma de barra de un tamaño cercano al de las células, 900 nm. Laura, en el laboratorio de la Dra. Xu Peng en la Universidad de Copenhague, Dinamarca, está tratando de explicar el proceso de replicación de SIRV-2 y para ello ha utilizado técnicas muy poco convencionales. Una de las formas más comunes para estudiar procesos celulares es el uso de geles de electroforesis que permiten detectar la presencia o ausencia de proteínas o ADN. Sin embargo, Laura utiliza una versión mucho más sofisticada de esta metodología para visualizar la forma del ADN, algo poco común. Con esta metodología es posible descubrir a partir de las distintas formas del ADN de SIRV-2, en qué paso de un proceso se encuentra el arqueovirus. Al mismo tiempo, usando microscopía de fluorescencia –que permite ver distintos componentes de la célula infectada a partir de marcas con sondas fluorescentes– puede ver cómo el ADN se ubica en la célula y qué distintas formas puede adoptar en distintos momentos de la infección viral, y así entender mejor los procesos de replicación de SIRV-2. Estos estudios y descubrimientos permiten entender otras formas de regulación de procesos no sólo de los arqueovirus sino también de las células eucariontes, y con ello tratar de solucionar procesos malignos por medio de nuevas formas de regulación celular, beneficiarse además de nuevos genes que no se conocen

suplantando proteínas celulares en enfermedades en las que están defectuosas. Además, los hallazgos en arqueovirus han permitido plantear nuevas hipótesis acerca del origen de la vida y una nueva forma de clasificación filogenética que serán el tema de mi siguiente artículo que trata sobre los mobilomas.

Bibliografía

- Platón, *Diálogos*, volumen VI: “Filebo“, “Timeo“, “Critias“, Madrid, Gredos.,2003.
- Acheson, N. H., *Fundamentals of molecular virology*, segunda edición, John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- Flint, S. J., Enquist, L. W., Racanielo, V. R., y Skalka, A. M., *Principles of Virology*, tercera edición, volumen I: Molecular Biology, ASM Press, 2009.
- Prangishvili, D. Forterre, P. Garrett, R. A., “Viruses of the Archaea: a unifying view“, *Nature Reviews. Microbiology*, 2006, nov; 4(11):837-48.