

---

## LOS PROTISTAS Y SU DIFÍCIL CLASIFICACIÓN

---

EUCARIO LÓPEZ-OCHOTERENA y  
MARCELA MADRAZO-GARIBAY  
Laboratorio de Protozoología. Instituto de  
Ciencias del Mar y Limnología. Universidad  
Nacional Autónoma de México.  
Publicado originalmente en: *Naturaleza*, 15  
(5): 268-274.1984.

Estudiar el  
difuso límite  
entre los reinos  
animal y vegetal  
nos remonta al  
origen de la  
vida.

En cualquier depósito de aguas vive una multitud de representantes de un mundo invisible. Algunas de estas pequeñas criaturas son conocidas desde los días en los que el pañero holandés Antony Van Leeuwenhoek miró una gota de agua a través de su microscopio simple. Cómo están emparentados estos organismos entre sí y con otros seres vivos de este planeta sigue siendo un asunto nebuloso y controvertido.

Las abundantes poblaciones que habitan un estanque son consideradas a menudo como pertenecientes a dos o tres reinos distintos, completamente separados uno de otro. Los reinos son las divisiones taxonómicas más amplias del dominio biológico. Tradicionalmente, ha habido solamente dos: *Animalia* y *Plantae*. Pero es claro que muchos organismos de una sola célula (y algunos multicelulares también) no pueden ser etiquetados como plantas o como animales. Probablemente el ejemplo más famoso es *Euglena*, una célula solitaria que chasquea su flagelo en el agua como un animal pero que obtiene directamente su energía del Sol, a partir de la clorofila, como una planta.

En el siglo XIX el evolucionista alemán Ernst Haeckel propuso un tercer reino, el *Protista*, para incluir a *Euglena* y a todas las diferentes clases de vida "invisible" que están representadas en un depósito de agua. Estos grupos son (hablando coloquialmente y usando sus nombres vernáculos comunes) bacterias, protozoarios, algas y hongos inferiores. Si este tercer reino es aceptado, todos estos organismos no pueden ser considerados ni plantas ni animales y quedan eliminadas muchas contradicciones de la clasificación biológica. Sin embargo, este esquema de clasificación tripartita tiene sus propios enigmas pues los organismos que Haeckel consideró como protistas son fundamentalmente diferentes.

Es natural que mientras las plantas y los animales han recibido mucha atención por parte de los biólogos, estos pequeños e inconspicuos organismos han sido objeto de muy poca atención. El reino Protista está siendo revisado por biólogos convencidos de su significado evolutivo. De acuerdo con Haeckel, consideran protistas a los protozoarios y a las algas, dado su notable parecido, pero colocan a las bacterias en un grupo separado. A pesar de esta división, el reino Protista sigue siendo extraordinariamente variado.

Los protistas están en muchas partes, no solamente en los mares, los ríos y los lagos, los torrentes, los charcos y las arenas de las playas; también se encuentran en los baños de pájaros y en los manantiales, en las cuevas, los suelos, el musgo y la basura de los bosques; en las nieves de las montañas y los volcanes y en el hielo de los glaciares.

Pueden capturarse también en el aire pues algunos flotan como quistes o esporas y numerosas especies

prosperan sobre diversos objetos: sobre la superficie de la corteza de los árboles o sobre el caparazón de una tortuga; en la vegetación sumergida y en los carapachos de los crustáceos; en el cuerpo de una ballena o en las branquias de los peces; en las rocas, en los aislantes de los cables telefónicos o en las tejas del techo de una casa. Otros habitan dentro de otros seres vivos; así el hombre mismo es hospedero de más de dos docenas de protistas. Cuatro de los cinco organismos "más buscados" por la Organización Mundial de la Salud son protistas: el parásito causante del paludismo (que es aún el asesino número uno en el mundo); dos especies de tripanosomas, agentes del mal del sueño en África y de la enfermedad de Chagas en América y la leishmania, parásito que causa el botón de oriente, o el úlcera de los chicleros. También muchas especies son vitales para la existencia humana, en virtud del papel benéfico que tienen en la cadena alimenticia y en el movimiento de nutrimentos. Ellos se nutren de otro organismo unicelular, o viven por fotosíntesis o por ambos mecanismos y son consumidos por organismos superiores como el *Homo sapiens*.

Las especies de protistas representan más del doble que todas las especies de cordados combinados. Se conocen alrededor de 120 000 especies que incluyen las formas fósiles y debe haber muchas más en hábitats inexplorados. Las poblaciones de protistas son en números absolutos verdaderamente astronómicas. Hay miles en cada gramo de tierra arable, millones viven simbióticamente en el rumen de una vaca y billones de vida libre en cada mancha de plancton o como parásitos en el torrente sanguíneo de una persona infestada con *Plasmodium*. Hay especies extintas que ayudan a dar forma al globo; los acantilados blancos de Dover están compuestos de restos calcáreos de protistas. A los diversos conglomerados de varias especies microscópicas se les ha dado nombre de "lama verde" para las capas de algas pequeñas que habitan en la superficie de los charcos; "marea roja" a billones de dinoflagelados tóxicos que aparecen periódicamente en florecimientos en las costas de diversos continentes, y "nieve roja" para ciertas algas protozoarias que llegan a cubrir varios kilómetros cuadrados en los Alpes en un día soleado de primavera.

Normalmente los protistas son de tamaño microscópico, pero hay excepciones como los micetozoarios, que pueden alcanzar varios decímetros en el lado inferior de un tronco podrido, y las algas pardas o café (algas marinas) que llegan a alcanzar longitudes de 75 m. Incluso los ciliados unicelulares pueden ser de varios milímetros de largo. Entre los fósiles hay algunos foraminíferos cuyas conchas llegaron a crecer 15 cm de diámetro; los antiguos egipcios los llamaron numulites y los usaron como moneda. Sin embargo, la mayor parte de las especies de protistas miden entre diez y trescientas micras de tamaño y es necesario usar el microscopio para estudiarlas.

La belleza de algunos de estos organismos es tan espectacular que pueden ser considerados como joyas naturales de la Tierra. Las paredes celulares, las membranas, las esporas y las conchas de varias clases de protistas como las diatomeas, desmidiáceas, dinoflagelados, foraminíferos, coccolitofóridos, mixosporoideos y tintínidos poseen dibujos y relieves de simetría y belleza sorprendentes. Los sarcodinos, especialmente los radiolarios -criaturas marinas que florecen por millones en el mar abierto- tienen espículas, espinas y esqueletos con formas maravillosas. El color, un poco raro en los protistas (excepto las formas fotosintéticas) es quizá muy llamativo en ciertos dinoflagelados y en algunos ciliados. Hay especies que presentan bioluminiscencia; por ejemplo el caso notable de los dinoflagelados *Noctiluca*, que fueron vistos con asombro y temor por los antiguos que se aventuraron en el mar.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS PROTISTAS

Para que un organismo sea considerado como protista debe ser unicelular al menos en una de las etapas de su ciclo de vida y no haber desarrollado en ninguna de ellas tejidos organizados. A diferencia de las plantas y de los animales los protistas no se desarrollan a partir de embriones. Rara vez tienen paredes de celulosa a diferencia de las células vegetales y, por supuesto, no tienen órganos multicelulares. No obstante, incluyen formas que pueden nutrirse de diversas maneras: ingestión, absorción o fotosíntesis. Pueden vivir aeróbica o anaeróticamente; pueden reproducirse de muchas maneras diferentes, asexual y sexualmente, y pueden poseer uno o varios núcleos por célula, del mismo tipo o de dos tipos. Los protistas pueden ser inmóviles o emplear muchos medios diferentes de locomoción, con la ayuda de organoides especiales, incluyendo pseudópodos, flagelos y cilios. Pueden cambiar de forma varias veces dentro de su ciclo de vida sufriendo movimientos morfogenéticos complejos y producir pedúnculos y otros organoides de adherencia, desarrollar esporas o quistes y algunas veces esqueletos intra o extracelulares. Tales son las diferentes estrategias vitales exhibidas por estos sorprendentes organismos unicelulares.

## UN POCO DE HISTORIA ACERCA DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS PROTISTAS

Desde el siglo XVIII, con el trabajo del botánico sueco Carolus Linnaeus, las especies han sido arregladas jerárquicamente en géneros, familias, órdenes, clases, phyla y reinos. Esta clasificación es un sistema general de referencia para todos los biólogos. Sin embargo, la clasificación tiene una ambición más alta. Las categorías de organismos son intentos de reflejar la historia evolutiva: idealmente el árbol evolutivo inferido por los biólogos debe ser como un árbol familiar y revelar con precisión qué grupos descienden de otros grupos. Sin embargo, todo esto encierra tantas conjeturas y tantos engaños, que la historia se ha vuelto muy compleja, a tal grado que el biólogo de la evolución George Gaylord Simpson ha dicho "la clasificación es un arte".

Clasificar las formas vivas de un depósito de agua es una tarea de particular importancia, pues la vida en sus primeras etapas fue como ellos, unicelular. Elucidar las verdaderas relaciones evolutivas que hay entre estos organismos significa entender mejor los orígenes de la vida y la evolución gradual de formas unicelulares a multicelulares

El azar ha trabajado tradicionalmente con bastante tenacidad para prevenir a los biólogos cómo distinguir las diferencias entre los organismos unicelulares. Hace 150 años, varios zoólogos de la escuela alemana, siguiendo los pasos pioneros de Leeuwenhoek al final del siglo XVII y del danés O. F. Müller en las postrimerías del siglo XVIII, descubrieron una variedad de pequeños organismos y decidieron llamarlos proto-zoa o "primeros animales". La protozoología floreció con los avances de la microscopía, lo que hizo posible la expansión de su campo de acción. Al tiempo que los zoólogos estaban encantados con sus nuevos juguetes -los protozoarios- los botánicos estaban muy ocupados detectando otros pequeños organismos inmóviles y a menudo pigmentados que fueron llamados plantas primitivas o simples, proto-fitas y les dieron los nombres de algas y bacterias. Así, se pusieron los límites entre los diferentes microorganismos según ciertos supuestos convencionales. Se consideraba que los animales eran incoloros y capaces de ingerir alimento. Además tenían células "desnudas", ya fueran unicelulares o pluricelulares, en la organización de su cuerpo.

Por otro lado, se consideraba que las plantas eran verdes o, al menos pigmentadas (con la notable excepción de los hongos), inmóviles, capaces de alimentarse sólo por fotosíntesis y que sus células tienen paredes de celulosa. Los protozoarios con algunas excepciones son vistos como animales. Las algas y las bacterias (con sus numerosas excepciones) son plantas. En consecuencia, los científicos que estudiaban a los animales, reclamaban a los protozoarios y los estudiosos de las plantas asumieron un control total sobre ellas: de la *Euglena* al eucalipto.

Al final del siglo pasado con la aparición de los microbiólogos se llegaron a considerar todas las formas unicelulares dentro de un grupo. De esta manera los microorganismos habían sido definidos propiamente. Sin embargo, los microbiólogos llegaron a ser esencialmente bacteriólogos, por lo que la mayoría de las algas unicelulares, y sus primos cercanos los protozoarios, permanecen en reinos separados. Esas son barreras artificiales resultado de algo más que accidentes históricos que mantienen divisiones taxonómicas inapropiadas en la clasificación de la biota mundial.

La proposición revolucionaria de Ernst Haeckel hace cerca de 120 años, de que todos los microorganismos deben de ser separados en un tercer reino distinto, el Protista, dejando a los reinos *Plantae* y *Animalia* para abarcar a todos los demás (esencialmente las formas multicelulares de vida), merecía más aceptación que la que tuvo. Aunque unir las bacterias con las algas y los protozoarios es una evidencia de que la idea de Haeckel es considerada profunda y sólida, algunos botánicos, incluyendo a Herbert F. Copeland, trataron de revivir al menos una parte del concepto de Haeckel pero con poco éxito. Sin embargo, la idea ha llegado a ser más utilizada y apropiada que en los tiempos de Haeckel, con más y más evidencias nuevas -anatómicas y bioquímicas- que hacen más claro el abismo que separa a muchos microorganismos de las plantas y de los animales, con los que se suponía que estaban próximamente relacionados. Actualmente, un grupo de biólogos está buscando popularizar y reinstalar una versión refinada del reino Protista.

Después de Haeckel, la siguiente sacudida en la clasificación de la vida unicelular vino un siglo después y está aún lejos de ser universalmente apreciada. Roger Y. Steiner y sus colegas propusieron que hay realmente sólo dos grandes grupos de microorganismos, pero que éstos no son identificables como "plantas" y "animales" o incluso como "unicelulares" y "multicelulares". Mejor dicho, los dos grupos son distintos, principalmente por el tipo de núcleo presente dentro de sus células. Esta proposición fue revolucionaria y ha tenido efecto en los campos de la sistemática y la biología evolutiva.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCARIOTES Y LOS EUCARIOTES

Los dos reinos de organismos de Stainer (mejor llamados superreinos) son conocidos como procariotes (células prenucleadas) y eucariotes (aquéllos con un verdadero núcleo); sus características se conocen cada vez mejor, pues los biólogos han estudiado cada vez más a fondo las propiedades moleculares de las células de cada grupo. Sus configuraciones moleculares son claramente diferentes: típicamente la célula procariótica es más pequeña en volumen y mucho más simple en estructura. A diferencia de las eucarióticas, no tiene organoides subcelulares membranosos (tales como mitocondrias, cloroplastos, aparato de Golgi, centriolos, lisosomas, retículo endoplásmico y ni siquiera un núcleo organizado) dentro de ella. Tales células primitivas están envueltas por una membrana externa doble y existe generalmente algún tipo de pared celular rígida en el exterior. En su interior hay únicamente ribosomas y una sola cadena circular de ADN cuyo número total de genes es mucho menor que el de las células eucarióticas. Los organoides locomotores, presentes en algunos procariotes, se originan de estructuras diferentes en las células eucarióticas. Los haces de microtúbulos que forman cada flagelo no exhiben el modelo característico (9 + 2) de los eucariontes. Más aún, la clase y composición de la proteína microtubular en los dos grupos es totalmente distinta. Existen, además, otras diferencias químicas entre los dos grupos de organismos que refuerzan la separación de estos dos grandes superreinos.

## LAS TEORÍAS MÁS RECIENTES

Hace relativamente poco Carl Woese y varios otros genetistas moleculares, quienes trabajaron inicialmente con varios grupos de bacterias, propusieron que los procariotes merecen ser divididos en dos líneas mayores de nivel equivalente (Naturaleza, vol. 14, núm. 2, p. 67). Esto puede dar como resultado el reconocimiento de tres superreinos primarios: Archaeobacteria, el resto de los Procariota y los Eucariota. Las principales peculiaridades moleculares por las cuales Woese distingue las arqueobacterias de los otros procariotes están relacionadas con las propiedades de sus ribosomas y con las secuencias de su ácido ribonucleico, que ha llegado a ser accesible para su estudio solamente en los últimos años. Una serie de estudios comparativos muy precisos condujeron a Woese y a su grupo a la conclusión de que el raro grupo Archaeobacteria está compuesto a su vez de al menos tres subgrupos mayores; el más importante es el llamado de las Metanógenas que son formas que viven en el metano y estuvieron bien avenidas para prosperar en la atmósfera primitiva de la Tierra, hace tres mil quinientos millones de años o más. No obstante, cualquiera que sean las divisiones entre los procariotes, el problema de separar a los protofitas de las plantas y a los protozoos de los animales aún permanece. Si los botánicos continúan reclamando las algas y los zoólogos los protozoarios es debido a que ellos esperan encontrar alguna vez el origen de estos organismos en las líneas ancestrales que conduzcan a los animales y a las plantas multicelulares. Ellos suponen que los procariotes, las células más primitivas, evolucionaron en eucariotes simples y luego en eucariotes multicelulares.

Se puede apreciar claramente que algunas líneas de protistas dieron origen a grupos de plantas multicelulares o Metafitas que son los ancestros de la flora mundial. Las criaturas multicelulares complejas del reino animal evolucionaron probablemente a partir de otras líneas de protistas. Y parece ser que incluso otros grupos de protistas se ramificaron muy pronto en la evolución y tuvieron su propio camino separado, nunca evolucionaron en organismos multicelulares. Además, parece evidente que algunos grupos pigmentados, ahora considerados plantas, están relacionados más cercanamente con ciertos grupos de protozoarios incoloros ("animales").

Junto con esta confusión, está la celebrada teoría de la endosimbiosis que busca explicar el origen de las células eucarióticas. La teoría sugiere que estas células más complejas pudieron haber llegado a existir cuando ciertos organismos esencialmente procarióticos fueron invadidos por otros que se mantuvieron para siempre como parásitos o "xenosomas" (cuerpos extraños). Así la célula eucariótica es una clase de aglomeración animada.

Esta no es una nueva idea; ha sido manejada de una u otra forma por cerca de cien años. Pero la publicación de hace una docena de años de una firma autorizada de la teoría de Lynn Margulis reinició el interés en ésta. Esta teoría sugiere un atractivo conducto para explicar la presencia de organoides internos tales como las mitocondrias y los plástidos en todas las células eucarióticas (unicelulares, como también en plantas y animales multicelulares), formas de vida caracterizadas por la posesión de estas estructuras. Las células pueden haber adquirido uno después de otro, la membrana que limita el material nuclear, las mitocondrias, los cloroplastos, los centriolos, los cuerpos basales -hasta cilios y flagelos, quizás- y llegaron, por fin, a ser las células complejas que conocemos hoy. Así la moderna célula eucariótica es como un territorio en el cual los inmigrantes llegaron para quedarse. Margulis y

otros investigadores usan ese escenario para explicar algunas propiedades misteriosas de las interrelaciones evolutivas de las células eucarióticas. Por ejemplo, el hecho sorprendente de que las mitocondrias y los cloroplastos tienen su propio ADN es explicado hábilmente postulando que ellos son en algún sentido los descendientes de procariotes originalmente independientes que invadieron otras células y se establecieron ahí.

Todo el tema es muy complejo y controversial pero se espera que dentro de pocos años se llegue a respuestas importantes. Detectadas las similitudes o diferencias en las secuencias genéticas, se puede medir en efecto el tiempo evolutivo y decidir qué tanto tiempo hace que divergieron dos especies primas.

El obstáculo principal para el progreso no es técnico sino psicológico: es la "mente-rígida" de los zoólogos y botánicos tradicionales que acomodan los grupos de algas y de protozoarios a lo largo de líneas fuera de moda o muy caprichosas.

Desde que se conoce que algunos grupos "algales" actuales tienen afinidades muy cercanas con ciertos grupos de "protozoarios" o que comparten tanto la posesión de pigmento como la movilidad, no se necesita separar un conjunto de especies de un grupo sedentario vecino. Agregando propiedades funcionales o químicas a los atributos estructurales y ultraestructurales de los protistas y analizando apropiadamente los datos resultantes se puede obtener una penetración más profunda en los grupos mayores de protistas que la que había sido posible. Esta aproximación por medio de una "constelación de caracteres" es mucho más útil que la dependencia de pocos caracteres "clave" arbitrariamente escogidos por un investigador dado.

Para entender los caminos por los cuales las algas llegaron a ser algo más que plantas meramente microscópicas y los protozoarios algas más que animales pequeños, se necesita reconocer las propiedades características que relacionan los organismos unos con otros, así como señalar las diferencias. Se pueden estudiar y comparar sus medios de locomoción incluyendo los flagelos, cilios, pseudópodos y movimientos del cuerpo; sus mitocondrias; los tipos de plástidos que contienen, las propiedades químicas de sus pigmentos y sus métodos de reproducción. Podemos incluir características del núcleo celular; la estructura de sus microtúbulos y microfibras y muchas otras características bioquímicas y genéticas. También es importante la adaptación de los organismos a su hábitat, su comportamiento en el curso de un ciclo de vida completo y cualquier interrelación huésped-parásito. En la búsqueda de indicadores específicos de información evolutiva, siempre existe el gran peligro de la parcialidad de escoger un único y "mejor" artífice filogenético para la construcción de árboles o de sistemas de clasificación. Hay la tendencia de, por ejemplo, favorecer caracteres descubiertos por las últimas técnicas.

Aun al usar caracteres múltiples, la forma en que se puede manejar estadísticamente la mesa de datos resultante, puede también influir en la forma de árbol filogenético.

Una de las razones más poderosas por la que los protozoarios y las algas no deben ser considerados como grupos no relacionados es que cada grupo ha contenido desde el principio algunos de los mismos organismos. Los fotoflagelados móviles del reino animal, por ejemplo, son las algas flageladas del reino vegetal -así *Euglena* y otras numerosas especies han sido consideradas a vivir en dos mundos taxonómicos al mismo tiempo. En forma privada, los zoólogos están dispuestos a reconocer que "sus" organismos muestran relaciones cercanas con algunos de aquellos reclamados por los botánicos, por su parte, deben admitir entre ellos mismos que algunas de "sus plantas" unicelulares tienen una fuerte semejanza con las células estudiadas por los zoólogos.

Algunos estudios recientes han indicado semejanzas familiares, por decirlo así, entre tres organismos que tradicionalmente se han mantenido muy separados: el "alga flagelada" verde de agua dulce *Euglena*; el "zooflagelado inferior" parásito, largamente reclamado por los zoólogos, *Trypanosoma* y el enigmático ciliado bentónico marino *Stephanopogon* (ciliado recientemente considerado como flagelado). Los grupos a los cuales pertenecen realmente estos organismos tienen caracteres distintos y únicos, por lo que deben permanecer separados a un alto nivel taxonómico. Pueden ser, por ejemplo, órdenes diferentes y, sin embargo, deben pertenecer al mismo *phylum* o, en terminología botánica, a la misma división. Hasta ahora han sido colocadas en *phyla* diferentes y aun en diferentes reinos.

Por el momento, se pueden considerar cerca de tres docenas de *phyla* de organismos como miembros del único reino Protista; no se debe intentar hacer clasificaciones aún no justificadas por un examen racional de la constelación de caracteres. Tal esquema de clasificación podrá verse difícilmente como aquéllos seguidos corrientemente en los libros de texto de zoología y de botánica. Pero, en cambio, podrán reflejar más cuidadosamente las relaciones evolutivas de los protistas, los cuales merecen un lugar distinto y honorable en el árbol filogenético de la vida en la Tierra.

## LECTURAS RECOMENDADAS

- COPELAND, H.F., 1956. Classification of the lower organisms. Pacific Books, Palo alto, Calif.
- CORLISS, J.O., 1981. What are the taxonomic and evolutionary relationships of the protozoa to the protista?. *Biosystems*, 14: 445-459.
- HAECKEL, E., 1887. El Reino de los Protistas. Biblioteca Médico Biológica. Ed. Francisco Alvarez. Madrid.
- JENNINGS, R.K. and R.F. ACKER, 1970. The protistan kingdom. Van Nostrand Reinhold Co, New York.
- LÓPEZ-UCHOTERENA, E., 1979. La décima octava carta de Leeuwenhoek (Delft en Holanda, 9 octubre. 1676). *An. Soc. Mex. Hist. Cienc. y Tec.*, 5: 85-90.
- MARGULIS, L., 1978. Simbiosis y Evolución. *In*: Ecología, Evolución y Biología de Poblaciones. (Ed.) E. O. Wilson. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- POINDEXTER, J.S., 1971. Microbiology. An introduction to Protists. The MacMillan Co. New York.
- STAINER, R.Y. *et al.*, 1970. The Microbial World. Prentice Hall Inc. New York.
- WOESE, C.R., 1981. Archaeobacteria. *Scient. Amer.*, 244: 98-122.