

---

## LOS ANIMÁLCULOS DEL HOLANDÉS\*

---

Eucario López-Ochoterena\*\*  
Marcela Madrazo-Garibay\*\*

\* Artículo publicado  
originalmente en:  
*Ciencia y Desarrollo*, 17  
(99):117-123.1991.

\*\*Laboratorio de Protozoología.  
Instituto de Ciencias del Mar y  
Limnología.  
Universidad Nacional  
Autónoma de México.

*Los párrafos que  
siguen permiten  
una aproximación  
al conocimiento  
de las  
características  
propias del  
mundo  
maravilloso de los  
protozoarios,  
únicos animales  
unicelulares.*

"Esto fue para mí, entre todas las maravillas que he descubierto en la naturaleza, lo más maravilloso de todo", escribió Antonie van Leeuwenhoek, pañero y pulidor de lentes de Delft, quien descubrió los protozoarios en 1674, y a los cuales, desde entonces, observó atentamente a través de sus pequeños microscopios simples, sin que su deleite disminuyera hasta pasados sus noventa años de edad.

En su carta número dieciocho, fechada en Delft, Holanda, el día nueve de octubre de 1676 -hace ya 315 años- hizo referencia a los animáculos que había observado. Mencionó una docena de formas diferentes, incluida la *Vorticella* de la que hizo una descripción detallada.

### ANIMALES MARAVILLOSOS

Es realmente muy placentero observar a los protozoarios dentro de una pequeña gota de agua. Sus formas varían de lágrimas y barriles, copas, campanas, cornucopias, estrellas, trompetas, copos de nieve y radiantes soles, hasta las indefinidas. Algunos viven dentro de recipientes que lucen su elegante forma como filigrana de marfil. Otros utilizan partículas de sílice para fabricar su concha que parece adornada con pequeños mosaicos. Algunos forman cubiertas transparentes como copas de fino cristal, dentro de las cuales viven.

Actualmente, existen más de 30 mil especies de protozoarios por todas partes, billones y billones de individuos, muchos más que todos los otros animales combinados. En un charco o en un sencillo frasco de cultivo encontramos innumerables criaturas que habitan su propio microcosmos: euglenas, formas verdes con clorofila en la nata de la superficie, amibas gateando en el fondo o aferrándose en los lados del recipiente, formas ciliadas pululando alrededor de las bacterias o pegadas a restos de plantas o de otros animales, o moviéndose activamente.

Un tipo de protozoario vive en la nieve de las montañas y volcanes, formando una película roja, otros han sido encontrados en las aguas casi hirvientes de los manantiales termales, otros más en los témpanos de hielo del Antártico. Aun los desiertos tienen sus propios protozoarios los cuales pasan la

mayor parte de su existencia dentro de una cápsula, y regresan a la vida activa quizá una sola vez al año, por una hora o dos, después de un aguacero. La arena de las playas es un medio natural para innumerables individuos que viven entre los granos de arena.

Los protozoarios se encuentran en las aguas dulces de los ríos, arroyos, lagos, charcos o en cualquier depósito de agua potable; en los pantanos salobres, en los barriles con agua de lluvia y en las alcantarillas y tubos de drenaje. Muchos viven en el suelo a diez o quince centímetros del piso, su universo es la delgada película de agua que existe entre las pequeñas partículas de tierra. Los más comunes y numerosos de todos habitan en las aguas oceánicas formando parte del plancton, esa rica capa marina de la cual depende toda la cadena alimenticia de la vida en el mar.

Algunos pueden producir la "marea roja", fenómeno natural debido a la presencia de millones de dinoflagelados tóxicos, que aparecen periódicamente como florecimientos en las costas tropicales del mundo.

Muchos marinos recuerdan las noches en que la estela de su barco brilla por kilómetros con luz opalina, resultado de la bioluminiscencia de ciertos protozoarios flagelados.

Muchas especies comunes se encuentran en todas partes del mundo. Un charco, en México, puede albergar las mismas poblaciones de protozoarios que un charco similar en España o en China. Los animálculos encontrados por Leeuwenhoek en las aguas del Río Mass, en el Lago Berkelse Mere cerca de Delft, o en las playas de Scheveningen en Holanda, hace más de 300 años, son iguales a los que actualmente existen ahí o en cualquier otro lugar.

Las ranas de todo el mundo llevan, en su intestino y cloaca, protozoarios parásitos similares; los erizos de todas las riberas son hospederos de especies parecidas. Millones viven en el rumen de una vaca, o en el intestino de caballos y asnos. Para muchos flagelados, su hábitat natural es el intestino de las termitas u hormigas voladoras. Las lombrices de tierra albergan en su intestino y órganos reproductores diferentes especies. Prácticamente no existe un grupo zoológico que no tenga algún tipo de asociación con diferentes formas de protozoarios.

Una razón para la ubicuidad y vigor de muchos protozoarios, es su habilidad para formar quistes. Dependiendo de la especie, elaboran quistes de materiales muy diferentes, incluyendo celulosa, sílice o quitina (sustancia con la cual los crustáceos y los insectos fabrican su exoesqueleto). Algunas formas se enquistan para reproducirse, mientras que otras lo hacen después de una abundante comida, algo semejante a un letargo. Muchos otros se protegen dentro de sus quistes cuando la comida escasea o en situaciones extremas de frío, calor o sequía, cuando las condiciones ambientales cambian. En ese estado, pueden ser llevados por los vientos a muchos kilómetros de distancia a través de océanos y continentes, o permanecer inactivos en el mismo sitio, aferrándose a su pequeño germen de vida, esperando ser despertados.

## ¿QUÉ ES UN PROTOZOARIO?

¿Cómo se puede definir a los protozoarios? Un protozoólogo contemporáneo afirma, en la introducción de su libro, que los protozoarios son aquellos animales incluidos en su texto. Otro especialista los considera como microorganismos animales muy complejos e importantes. Considerando la multitud de características particulares que el grupo presenta, puede diagnosticárseles como un conjunto de organismos más o menos animales, más o menos unicelulares y más o menos microscópicos, definición jocosa pero muy ilustrativa.

A pesar de la aparente carencia de una línea taxonómica dogmática, los protozoólogos están virtual y completamente de acuerdo acerca de las miles de especies clasificadas como protozoarios, aunque no siempre lo estén sobre los detalles de su clasificación.

La dificultad para definir a los protozoarios, término que significa "primeros animales", radica en que los científicos relacionados con las "primeras plantas" también estudian algunas de las mismas especies, clasificándolas como algas. Esta duplicidad no ocurre debido a una diferencia real de opinión, sino que en el nivel unicelular de construcción no hay una línea clara y definida entre las plantas y los animales. Los biólogos tienen actualmente la tendencia a agrupar juntos a los protozoarios y a las algas como protistas, grupo grande al que se considera como un reino aparte. El reino protista incluye actualmente cuarenta y cinco grandes grupos de organismos unicelulares, entre los que se encuentran las bacterias y los hongos inferiores.

Puede decirse que los protozoarios son los organismos de que trata este artículo. Todos son unicelulares -a

pesar de que algunos forman colonias-, algunos son claramente animales, esto es, no poseen clorofila ni pigmento similar, y por tanto no son capaces de efectuar la fotosíntesis; sin embargo, otros sí poseen clorofila y pueden presentar reacciones fotosintéticas, por lo que la separación de esos dos grupos es casi imposible.

La razón de este dilema taxonómico puede ser mejor entendida si se considera que idealmente la clasificación de los seres vivos debe reflejar su historia evolutiva. Sin embargo, la evolución de los protozoarios es aún ignorada en gran medida. Es probable que la forma ancestral común y muchos de los eslabones entre los grupos mayores no puedan ser nunca reconstruidos. Por ejemplo, pareciera que ciertas algas perdieron su clorofila tardíamente en su historia evolutiva y se unieron a los protozoarios o al reino animal y, por otra parte, según los botánicos, que ciertos protozoarios puedan haber adquirido capacidad fotosintética, convirtiéndose en algas.

Algunos especialistas están estudiando la bioquímica de los protozoarios, la composición de varios de sus elementos celulares, los requerimientos nutricionales de diferentes especies y los mecanismos mediante los que asimilan el alimento, aprovechan su energía, la almacenan y la usan para crecer y reproducirse. Tales estudios empiezan a revelar afinidades entre varios grupos y a dar indicios para resolver el problema de la genealogía y sistemática del grupo.

## SU ESTUDIO BAJO EL MICROSCOPIO

El contacto con los animales unicelulares, a través de una primera observación utilizando el microscopio, es realmente una revelación. Se puede observar la frágil transparencia de los protozoarios cuya superficie brilla débilmente y a través de la cual se distinguen las corrientes del citoplasma, el movimiento de los organoides y la rapidez del movimiento de sus apéndices. Los protozoarios pueden ser inmóviles o emplear diferentes medios de locomoción con la ayuda de pseudópodos, flagelos o cilios. Pueden nadar, girar, saltar o reptar. Las formas sésiles están ancladas al fondo o a restos de vegetación o desechos, y se estiran o retroceden moviendo sus cilios para provocar remolinos que les lleven partículas alimenticias. La mayoría son casi tan transparentes como el agua en que viven. Aquellos que contienen clorofila, como los flagelados *Euglena* y *Phacus*, son de un verde brillante, otros son del color rojo como el *Haematococcus*, algunos muestran diversos tonos de rosa o de azul como ocurre en los ciliados *Blepharisma* y *Stentor*.

Los esquemas de los libros de texto usuales tienen aparentemente poca semejanza con los animales observados en vivo; sin embargo, son útiles, ya que destacan los rasgos más significativos, a menudo indistinguibles para el aficionado, pero de gran utilidad para la clasificación y diagnóstico de la especie. Algunos de los dibujos hechos por los primeros microscopistas son verdaderas obras de arte.

La escala de tamaño varía, desde una micra, como ocurre en una de las fases del ciclo de vida del *Plasmodium*, hasta varios milímetros de longitud (la micra es la milésima parte de un milímetro y es la unidad de medida para los protozoarios). Los más grandes se pueden mirar a simple vista, pero para poder estudiarlos debe ser utilizado el microscopio. Los micetozoarios pueden alcanzar varios decímetros, adheridos a los troncos en descomposición de los bosques húmedos, o sobre las pieles que se procesan en una curtiduría. Entre los fósiles, algunos foraminíferos llegaron a tener 15 centímetros de diámetro.

Como todas las células, los protozoarios contienen núcleo y citoplasma. Algunos están rodeados por una pared celular firme, como ocurre con la mayor parte de las células de las plantas. Otros tienen conchas o exoesqueletos. En algunos la capa externa del citoplasma se endurece formando una película protectora. Otros, como las amibas, están separados del mundo en que viven por una membrana tan fina que es prácticamente invisible. Dentro de estos límites con tal variedad, están contenidos organoides subcelulares membranosos como el retículo endoplásmico, las mitocondrias, el aparato de Golgi, los cloroplastos, además del centriolo, los lisosomas y otros más. La miniaturización de la estructura de estos animales no es obstáculo para presentar una gama morfológica tan amplia como la que hallamos a nuestro alrededor en otros seres vivos.

La protozoología floreció con los avances de la microscopía. Existen muchas razones para estudiar a estos animales, razones prácticas y científicas. En el tiempo en que Pasteur y Koch establecían que las bacterias causan enfermedades, los protozoarios empezaron a ser asociados con la disentería amibiana y el paludismo; desde entonces, los protozoarios parásitos humanos han sido estudiados por razones médicas. Algunas de las enfermedades de las cuales estos parásitos son responsables, constituyen serios problemas médicos y de salud pública. Leeuwenhoek descubrió en 1681 la *Guardia*, parásito intestinal humano, en sus propias heces fecales. El hombre es hospedero de cerca de treinta especies, entre las que destacan las cuatro formas causantes del paludismo, considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el "asesino número uno" en el mundo; dos especies de tripanosomas, agentes causales del mal del sueño en África y de la enfermedad de

Chagas en nuestro continente; la *Entamoeba histolytica*, responsable de la amibiasis, enfermedad intestinal muy extendida en los medios urbano y rural, así como una especie de *leishmania* que produce la llamada "úlceras de los chicleros".

Sin embargo, si se considera el enorme número y la ubicuidad de los protozoarios, son sorprendentemente inofensivos. De hecho, se les puede considerar más como aliados. Constituyen una parte básica de la larga cadena alimenticia, de la cual, depende nuestra sobrevivencia, así como la del resto del mundo animal. Los protozoarios son también nuestro mayor recurso en la incipiente lucha contra la contaminación de nuestras aguas naturales. Un solo paramecio puede devorar cinco mil bacterias diarias.

Sin embargo, el estudio de los efectos de los contaminantes elaborados por el hombre -los pesticidas por ejemplo- en estos animales unicelulares, apenas se ha iniciado. Por otra parte, los protozoarios poseen la habilidad para seleccionar ciertas sustancias químicas esenciales para su nutrición, del medio en que viven.

## LOS PROTOZOARIOS COMO CÉLULAS Y COMO ORGANISMOS

No hay duda, escribió Leeuwenhoek, que estos animálculos están provistos de órganos similares a los de los animales superiores, al hacer una descripción cuidadosa de la *Vorticella*. Estas palabras simbolizan la controversia que solo terminó a principios de este siglo. Tan complejos son esos pequeños animales, que pasó mucho tiempo para conocer y definir su nivel unicelular de construcción.

En las postrimerías del siglo XVIII, el zoólogo danés O.F. Müller, fue el primero en clasificar a los protozoarios, basándose en sus apéndices locomotores, así describió y nombró más de cien especies. Los agrupó entre los *infusoria*, grupo que él consideraba como una clase de gusanos, pero el cual comprendía un conjunto heterogéneo de animales, entre ellos larvas de moluscos, plantas microscópicas y animales multicelulares microscópicos. Müller consideró a todos los seres vivos, formados de algún tipo de material homogéneo.

Aproximadamente 50 años más tarde, el gran micrógrafo alemán C.G. Ehrenberg, informó haber encontrado en los protozoarios una organización anatómica igual de compleja que las de los animales superiores, con tubo digestivo ramificado, músculos, órganos de los sentidos, aparato sexual, riñones. Su obra, ahora clásica. *Los infusorios como organismos perfectos*, apareció en 1838. Por coincidencia, ese fue el mismo año en el cual M.N. Schleiden propuso por primera vez, que todas las plantas estaban hechas de unidades independientes separadas o células, cada una con un núcleo. Al año siguiente, T. Schwann extendió la teoría celular de Schleiden al considerar que los animales, al igual que las plantas, estaban hechos de agregados o de células únicas.

El biólogo francés Félix Dujardin fue uno de los primeros en reconocer a los protozoarios como un grupo aparte. Su tratado sistemático publicado en 1841 preparó las bases para la clasificación moderna del grupo. Dujardin, que estudio en particular organismos semejantes a la amiba (hecho que influyó ciertamente en sus ideas sobre la naturaleza de la materia viva), fue además el que acuñó el término "sarcoda" que usó para describir el material contenido en la célula viva, a la cual vio como un tipo de "gelatina primitiva viviente" común a los embriones y a las formas simples de vida.

Hacia 1850, la idea de evolución estaba en el aire y la palabra *protoplasma*, que significa "primera formación, empezó a ser utilizada con la connotación de ser una sustancia de identidad universal en todas las células, concepto crucial para la biología.

En 1859, el gran zoólogo alemán Ernest Haeckel, que inició su carrera como protozoólogo, hizo la importante generalización de que los protozoarios eran animales unicelulares y que los metazoarios -o animales pluricelulares- estaban compuestos de grupos de células que derivaban de una sola célula, el óvulo fertilizado, por divisiones celulares sucesivas.

Sin embargo, a principios de este siglo, algunos autores propusieron que los protozoarios no deben ser llamados unicelulares, sino "acelulares". Estos investigadores fueron capaces de reconocer lo que Ehrenberg no pudo, es decir, que los protozoarios no eran pequeños metazoarios, además consideraron que algo viviente tan complicado como esos extraordinarios animales no era posible que fuera una simple célula.

Actualmente, las técnicas modernas de microscopía -particularmente el microscopio electrónico- y de bioquímica, han aclarado que las células no son simples. Todas las células son enormemente complejas,

tienen un arreglo de estructuras intrincado, con una configuración ligada a la función que llevan a cabo, por consiguiente -tanto las de nuestro cuerpo, como las de los animales unicelulares- no son ya vistas como simples bloques de construcción o como gotas sobrevivientes del "caldo primigenio". Con esto, los protozoarios han conseguido un nuevo concepto muy provechoso para la biología fundamental.

Cada protozoario tiene los componentes de todas las células: núcleo, cromosomas, mitocondrias, membranas y lisosomas, con el mismo diseño general que se repite a través de todas las formas vivas. Estas estructuras a menudo pueden ser mejor estudiadas, bioquímica y microscópicamente, en los protozoarios y no en las condiciones artificiales de un cultivo de tejidos. Por supuesto existen diferencias entre los protozoarios y las células de los metazoarios: aquéllos son organismos completos e independientes y deben hacer por sí mismos todo lo que es esencial para mantener su propia vida y la de su especie.

La célula del cuerpo humano o de otro organismo animal no requiere muchas de las estructuras que poseen los protozoarios pues sus funciones están divididas en distintos tipos de células. Algunas de esas estructuras excepcionales han persistido -en cierto tipo de células como, por ejemplo, el flagelo del espermatozoide- a través de toda la escala zoológica. Los protozoarios nos proveen de un material rico para explorar y especular acerca de los límites exteriores del potencial de una sola célula.

Otra gran ventaja de las células de los protozoarios, además de su fascinante complejidad estructural, es la rapidez y frecuencia con la que sus estructuras se generan o transforman. Antes de cada bipartición, después de cada conjugación -fenómeno sexual de algunas especies- o al salir de su quiste, el protozoario lleva a cabo un espectacular fenómeno de morfogénesis, y en muchos casos de estomatogénesis o formación de la boca.

Pueden cambiar de forma varias veces dentro de su ciclo de vida sufriendo movimientos morfogenéticos complejos y producir pedúnculos y otros organoides de adherencia; pueden desarrollar esporas o quistes y algunas veces exoesqueletos intra o extracelulares.

El microscopista, por ejemplo, puede observar la creación de un nuevo juego completo de organoides durante la división, estructuras más complejas que cualquiera de las que presentan las células especializadas de los tejidos de un metazoario. La biología está empezando a estudiar, microscópicamente, cómo esas pequeñas criaturas toman forma. Los protozoarios son ya reconocidos, en este sentido, como animales ideales para tales investigaciones.

## PROTAGONISTAS DE LA EVOLUCIÓN

Los protozoarios excitan nuestra curiosidad, pues nos ofrecen una visión rápida del mundo de hace millones de años. Sus ancestros ensayaron diversas estrategias para lograr vivir, es decir, para obtener el alimento, para asimilarlo, para almacenarlo, para capturar y digerirse así mismos accidentalmente, para reproducir a otro de su misma clase, proveyendo el equilibrio correcto entre la continuidad genética y la diversidad.

Un indicio visible de lo extenso de esa experimentación es la variedad de protozoarios actualmente existente y la extraordinaria gama de ambientes en los que puede vivir. Los protozoarios trataron e hicieron todo para adaptarse y sobrevivir en las situaciones más improbables: invadieron nichos ecológicos cuya posesión virtualmente no tiene competencia de otros seres vivos. Solamente las bacterias viven en hábitats más variados e improbables. Lo prolífico de los animales unicelulares y el largo lapso durante el que evolucionaron -como están evolucionando aún actualmente- proveyeron una oportunidad casi inigualada para lograr gran variación y para que las fuerzas de la selección natural escogieran opciones desechando errores y reforzando el éxito. Muchos de los registros de este largo y cruel experimento se han perdido para siempre. Los protozoarios vivientes no son antiguos. Son tan modernos como el hombre mismo; de hecho, cualquier protozoario que observemos nació ayer, si no es que más recientemente. Sin embargo, hay indicaciones claras de que algunas formas han permanecido virtualmente sin cambio a través de millones de años, desde la época en que los dinosaurios poblaban la sierra o el hombre hacia su aparición tentativa en este planeta. La sobrevivencia de los protozoarios actuales sugiere cómo pudo haber sido en otros tiempos.

A fin del siglo pasado se dio a conocer la idea de la inmortalidad de los protozoarios. Parecían ser los únicos animales potencialmente inmortales. En muchos casos la sustancia viva del progenitor sigue viviendo en el cuerpo de sus descendientes y no ocurre una muerte natural. Por ejemplo, un paramecio se multiplica por división binaria transversal. Cuando alcanza cierta edad y tamaño, su núcleo divide sus cromosomas exactamente, formando dos núcleos hijos iguales. El cuerpo se divide en dos partes después de un complicado fenómeno de morfogénesis. Al

dividirse el progenitor pierde por supuesto su individualidad, pero sigue viviendo en los cuerpos de sus dos hijos. Así cada célula hija no vive solamente su propia vida, sino también una mitad de la de su madre, un cuarto de la de su abuela, un octavo de la de su bisabuela y así hasta el infinito. Esto ha pasado desde que el primer paramecio apareció sobre la Tierra y probablemente continúe hasta que el mundo termine.

No todos los individuos son potencialmente inmortales, la interacción de los factores ambientales introduce fenómenos naturales que a la larga conducen a la destrucción y muerte natural del cuerpo. Un solo espécimen podría ser el progenitor, en condiciones óptimas, de 300 millones de descendientes en un solo mes.

Por otra parte, la sexualidad es particularmente evidente en los protozoarios ciliados durante la aparición de factores desfavorables como temperaturas extremas, disminución del alimento o sobrepoblación. Los fenómenos sexuales se llevan a cabo bajo la forma de conjugación. Dicho proceso no es necesariamente un mecanismo de multiplicación de la especie como ocurre en otros grupos animales, aunque en esencia es el mismo pues consiste en un intercambio genético. Estos animales se unen en pares, intercambian sus núcleos, se fertilizan uno a otro y se separan. Ambos son conjugantes de cada par pueden multiplicarse posteriormente por fisiones repetidas.

El poeta de la biología, Jean Rostand, dijo al respecto: "en su forma más primitiva, el amor se parece a la alimentación; en cierto modo, es un hambre de todo el ser dirigida hacia un semejante que, no siendo idéntico, ofrece el misterioso atractivo de lo extraño. Esta afinidad del ser por el ser, esa apetencia de algo vivo ajeno, conduciría bien a una fusión íntima y definitiva de dos seres, o bien a una comunión pasajera, tras la cual se separan convertidos cada uno de ellos en algo diferente de lo que antes eran".

Para terminar estas líneas se puede resumir que los protozoarios son los únicos animales unicelulares, que entraron en el conocimiento humano hace apenas tres siglos. Los párrafos anteriores sólo destacan y permiten aproximarse a las características propias de su fascinante mundo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BELTRÁN, E., 1974. "Notes de historia protozoológica. III. Leeuwenhoek y el tricentenario del descubrimiento de los protozoarios". *An. Soc. Mex. Hist. Cienc. y Tecnol.*, 4: 225-258.
- CORLISS, J.O., 1984. "The Kingdom Protista and its 45 Phyla". *Biosystems*, 17: 87-126.
- HEGNER, R., 1968. "Big Fleas have Little Fleas or Who'swho among the Protozoa. Dover Publ. Inc., New York.
- JAHN, T.L., E.C. BOVEE and F.F. JAHN, 1979. "How to Know the Protozoa". Dubuque, Iowa.
- LEE, J.J., S.H. HUTNER and E.C. BOVEE (eds), 1985. "An Illustrated Guide to the Protozoa". Soc. of Protozoologists, Lawrence, Kansas, U.S.A.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E., 1968. "La Protozoología dentro de la biología actual". *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 29: 1-13.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E., 1979. "La décima octava carta de Leeuwenhoek (Delft, Holanda, 9 de octubre, 1676)". *An. Soc. Mex. Hist. Cienc. y Tec.*, 5: 85-90.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E. y M. MADRAZO GARIBAY, 1984. "Los protistas y su difícil clasificación". *Naturaleza*, 15: 268-274.
- SLEIGH, M.A., 1979. *Biología de los protozoos*. H. Blume Ediciones, Madrid, España.