
NOTAS SOBRE LA SISTEMÁTICA Y FILOGENIA DE LOS PROTOZOARIOS*

Eucario López-Ochoterena** Graciela
Serrano-Limón***

* Publicado originalmente en:
Taxonomía Biológica. J. Llorente e I. Luna
Eds. Fondo de Cultura Económica, México.
1991.

** Laboratorio de Protozoología. Instituto de
Ciencias del Mar y Limnología. Universidad
Nacional Autónoma de México. México 04510,
D.F.

***Departamento de Biología. Facultad de
Ciencias, UNAM.

INTRODUCCIÓN

Las ciencias naturales han sido durante mucho tiempo y de manera casi exclusiva, ciencias de observación. Uno de sus objetivos ha sido hacer un inventario lo más exhaustivo posible de los diferentes constituyentes del mundo vivo. El número y la diversidad de objetos existentes muestran dos aspectos. Los objetos deben poder ser designados, a ellos deben atribuirse nombres, todo lo cual constituye la nomenclatura. Como no es cuestión de atribuir nombres diferentes a todos los objetos, se debe de proceder a agruparlos, a definir clases o grupos de objetos que reciban un mismo nombre, esto forma lo que se conoce como clasificación.

La nomenclatura y la clasificación no son evidentemente independientes. Los problemas de clasificación han representado siempre, un aspecto importante de las ciencias naturales.

El establecimiento de una clasificación de los seres vivos es uno de los fines de la biología. Es muy obvio, de acuerdo con la diversidad de organismos, que muchos tipos de clasificación pueden ser posibles, de acuerdo con los criterios utilizados.

Toda clasificación implica la repartición del conjunto de organismos en un cierto número de grupos más pequeños (subgrupos). Cada uno de los cuales recibe un nombre y es una categoría o unidad taxonómica o sistemática o taxón, plural: taxa.

TAXONOMÍA O SISTEMÁTICA

La taxonomía o sistemática es la ciencia de la clasificación de los organismos. El término taxonomía se derive del griego *taxís* (orden, arreglo) y de *nomos* (ley) y fue propuesto por De Candolle en 1813 para designar a la teoría de la clasificación de las plantas. La sistemática proviene del griego *systema* (conjunto de reglas o principios enlazados entre sí) y se aplica a los sistemas de clasificación desarrollados por los naturalistas. Trata de evocar al "Systema Naturae" de Linnaeus. Muy a menudo los términos taxonomía y sistemática se utilizan como sinónimos (Rioja, 1958).

La taxonomía puede considerarse como el estudio teórico de la clasificación, incluyendo sus bases, procedimientos y reglas. Abarca diversos campos simultáneamente, ya que trata de clasificar, nombrar, indicar grado de semejanza o afinidad y de mostrar las relaciones de descendencia entre los seres vivos. Su potencialidad y sus limitaciones están directamente relacionadas con los de las áreas de las cuales previenen los conocimientos que utiliza. La taxonomía está basada en datos aportados por campos biológicos básicos como son la morfología, fisiología, ecología, paleontología y genética, entre otros.

Por otra parte, la sistemática es el estudio científico de las diferentes clases y diversidad de organismos y de cualquiera o de todas las relaciones entre ellos. Así por ejemplo, la clasificación es el ordenamiento de los organismos en grupos o juegos sobre la base de sus relaciones o de sus asociaciones por contigüidad, similaridad o ambos (Simpson, 1961).

La sistemática tiene actualmente un doble papel en la biología. En un sentido puede considerarse como la primera y más elemental de sus ramas. En otro aspecto, es la última y más compleja de ellas, puesto que tiene la función de evaluar, interpretar o coordinar los datos provenientes de muchos campos de las ciencias biológicas (Mayr *et al.*, 1953).

La importancia tradicional y la vigencia actual de la taxonomía o sistemática, radica entre otros, en hechos relacionados con la experimentación (las ciencias naturales actualmente han llegado a ser experimentales). Por lo tanto, es fundamental en la resolución de cualquier tipo de fenómeno biológico, el conocer en que "clase" de organismos ocurre y cual es la posición de éste dentro de un sistema ordenado de clasificación. Ampliar y refinar el inventario de los recursos naturales bióticos, así como contar con una buena descripción documentada del mundo vivo, son actualmente aspectos fundamentales de las ciencias biológicas. Su resolución está dada en gran medida por el conocimiento que aportan la taxonomía o sistemática.

A pesar de las críticas injustificadas de que ha sido objeto la taxonomía, su uso y aplicación sigue siendo imprescindible en el estudio de muchos "grupos" de organismos, en los cuales el conocimiento sistemático es aún escaso. Ahí sus objetivos son describir, nombrar y clasificar a los seres vivos (según sus posibles relaciones de parentesco) en un sistema ordenado.

En la actualidad la idea unificadora de la biología es la Teoría de la Evolución. En relación con esto, se ha afirmado que el caos de formas vivientes no puede ordenarse más que a la luz de la evolución (Petrunkevitch, 1952). Es necesario reconocer la verdadera importancia de la taxonomía como una ciencia independiente, la cual tiene una relación directa y necesaria con otras áreas de la biología. Davis y Heywood en 1963 mencionaron que la taxonomía puede ser considerada como una forma de arreglar e interpretar la información (Blackwelder, 1967).

TAXONOMÍA ANIMAL

El interés del hombre por los animales se inició con la hominización misma. Los primeros homínidos fueron carnívoros y caníbales, al contrario de los monos antropomorfos que eran y son generalmente vegetarianos (López-Ochoterena, 1964).

Lo anterior lo confirman los llamados "restos de cocina" (valvas de moluscos) de las culturas paleolíticas a fines del Pleistoceno. El arte rupestre de las innumerables cuevas repartidas en todos los continentes y en el cual la representación gráfica de los animales tuvo ya un sentido primitivo de orden, es otro ejemplo. La cerámica de los pueblos primitivos, muestra representaciones zoomórficas como una expresión artística que confirma la antigüedad de los conocimientos que el hombre tenía del reino animal.

Una de las más antiguas "clasificaciones" de animales data de 2000 años antes de nuestra era, es la que aparece en el Antiguo Testamento que forma parte de la Biblia. En ella se divide a los animales en: animales terrestres, animales acuáticos y animales volantes (López-Ochoterena, 1984).

Es indudable que la cultura helénica representa la primera sistematización de la ciencia y de la filosofía. Con Aristóteles se inicia la Zoología como ciencia y a pesar de que este autor no realizó una clasificación formal de los animales, el análisis que hizo del reino animal, fue de tal manera valioso que permaneció casi veinte siglos.

C. Linnaeus fue el primero en proponer una clasificación racional del mundo vivo (en realidad su clasificación englobó el mundo vivo y el mundo mineral).

La décima edición (1758) de su obra *Systema Naturae* es el fundamento de la zoología sistemática. La clasificación de Linnaeus comprendía siete rangos o niveles. El rango superior estaba constituido por los tres reinos (animal, vegetal, mineral). En orden descendente seguían el phylum, la clase, el orden, la familia y el género. Por último estaba la especie, que constituía los taxones elementales e indivisibles (organismos individuales) y que es la unidad de partida.

Por otra parte, se pueden considerar tres grandes períodos dentro de la historia de la taxonomía animal: a) el estudio de las faunas locales, b) la aceptación de la evolución y c) el estudio de las poblaciones (Mayr *et al.*, 1953).

El primer período: estudio de las faunas locales, alcanzó su mayor expresión con las aportaciones de Linnaeus quien aceptó y sostuvo la doctrina del fijismo de las especies. Su concepto tipológico de especie fue el siguiente: "conjunto de seres que se parecen más entre sí que a los demás y que transmiten sus caracteres a sus

descendientes". Era la especie no dimensional del naturalista local. Los conceptos de esa época eran conceptos estáticos; se desarrolló la taxonomía tipológica clásica.

El naturalista sueco dividió al reino animal en seis clases: Mammalia, Aves, Amphibia, Pisces, Insecta y Vermes. La clase Vermes la dividió en Intestina, Mollusca, Testacea, Litophyta y Zoophyta. Además se utilizó un alto nivel taxonómico: Imperio (*Imperium Naturae*).

Posteriormente, se han utilizado como artificios taxonómicos, (usando prefijos como super, sub, infra y términos como cohorte y tribu) hasta 34 niveles taxonómicos; con toda seguridad más de los que son necesarios en la práctica, aun en los grupos abundantes en especies como los coleópteros o los foraminíferos (Simpson, 1961).

El segundo período: aceptación de la evolución, es una época eminentemente filogenética. Trata de aclarar las relaciones de parentesco entre los organismos. Se ha afirmado que la filogenia puede verse como la continuación de la ontogenia en el curso de la evolución.

E. Haeckel en 1866 introdujo el método para representar a la filogenia o historia evolutiva de un grupo de organismos, por medio de árboles filogenéticos o dendrogramas. Árbol filogenético: diagrama utilizado para registrar los ancestros supuestos de un taxón, generalmente basado en una clasificación previa del grupo (Haeckel, 1873).

Destaca también su proposición del reino Protista que junto con los otros tres reinos eucarióticos: Animalia, Plantae y Fungi abarcaban a los seres vivos (López-Ochoterena, 1990).

Un árbol filogenético provee al taxónomo de un medio gráfico para expresar las supuestas relaciones filogenéticas, de acuerdo con el simbolismo del dendrograma (Sokal y Sneath, 1963).

A partir de la aceptación de la teoría de la evolución, los sistemas de clasificación trataron de reflejar "el parentesco" de los diversos grupos zoológicos. Esto dominó en la biología durante la segunda mitad del siglo XIX, destacando la búsqueda de eslabones perdidos o de ancestros primitivos.

El tercer período: estudio de las poblaciones, se caracteriza por el estudio de la evolución dentro de la especie. El concepto tipológico de especie fue reemplazado por un concepto politípico, dinámico. Destaca el conocimiento de las variaciones dentro de una población, así como el reconocer las diferencias entre poblaciones adyacentes o cercanas, las cuales son analizadas cuantitativamente (Mayr, 1963).

Las especies ya no fueron consideradas como algo fijo y uniforme, sino al contrario consisten de muchas subespecies o faunas locales, difiriendo unas de otras y mostrando una variabilidad considerable dentro de ellas mismas. Las diferencias entre las subespecies estaban formadas por numerosas diferencias pequeñas, consideradas como variaciones geográficas relacionadas con el medio ambiente.

Durante este período, el concepto de población (especie politípica) reemplaza al concepto tipo (especie tipológica).

Para Mayr en 1940, el concepto biológico de especie es el siguiente: "Conjunto de poblaciones naturales, de hecho o potencialmente fértiles y que están reproductivamente aisladas de otros grupos semejantes" (Mayr, 1963).

Puede considerarse que el estudio taxonómico de un grupo zoológico dado, pasa a través de varias fases, las cuales se refieren a los tres niveles taxonómicos: alfa, beta y gama (Mayr *et al.*, 1953).

La fase alfa o descriptiva, corresponde al nivel en el cual las especies son caracterizadas y nombradas. La fase beta o sintética, es el arreglo de esas especies en un sistema natural de categorías de diverso nivel, destacando sus relaciones filogenéticas. La fase gama o dinámica evolutiva, enfoca su atención a investigaciones refinadas de variación intraespecífica experimental, a nivel de poblaciones y tome en consideración estudios evolutivos (Corliss, 1962b).

En la práctica es muy difícil delimitar claramente los tres niveles, ya que se entremezclan y tienen puntos de contacto muy cercanos. Algunos autores consideran que se corresponden vagamente con los tres períodos históricos de la taxonomía antes mencionados.

Gran interés por la clasificación zoológica hubo durante los siglos XVIII y XIX. En ese tiempo la biología consistía casi totalmente en estudios taxonómicos. A principios del siglo XX, el biólogo se dedicaba solamente a identificar y etiquetar especímenes.

A partir de la realización del simposio sobre la "Nueva Sistemática" promovido por J. Huxley en 1940, los conceptos fundamentales volvieron a tener gran aceptación. La nueva sistemática es una síntesis de nuevos puntos de vista tanto geográficos, como ecológicos, citológicos, fisiológicos y de genética de poblaciones, aplicados a la especie. Huxley (1940) consideró que lo importante de la sistemática es que puede detectar a la evolución trabajando.

La sistemática moderna muestra gran interés en la formulación de generalizaciones, por lo cual, la tarea de descubrir y nombrar nuevas especies es solamente el primer paso.

Recientemente se ha desarrollado la taxonomía numérica (Sokal y Sneath, 1963). Así también se puede hablar de tres conceptos modernos sobre el tema: Taxonomía evolutiva y Taxonomía fenética (Genermont, 1980) y Taxonomía cladística (Llorente, 1989).

NOMENCLATURA

Debe mencionarse que la nomenclatura zoológica (sistema de nombres) es el lenguaje de la zoología y las reglas son su gramática. Las características básicas de la nomenclatura deben ser su universalidad y estabilidad.

El Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (1961) publicado en inglés y posteriormente en castellano (1962) es el sistema de reglas y recomendaciones adoptadas por los Congresos Internacionales de Zoología y aplicados por la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (Alvarado *et al.*, 1976).

El sistema en uso, también llamado Sistema Lineano (ideado por Linnaeus) o sistema binominal, consta de dos palabras (binomio) para referirse a la especie. La primera corresponde al nombre genérico (género) la segunda palabra es el nombre específico (especie). El nombre del autor no forma parte del nombre del taxón y su cita es optativa. El latín se utiliza como idioma.

PROTOZOARIOS

Los protozoarios, único grupo de organismos animales unicelulares entraron en el conocimiento humano, hace un poco más de tres siglos. El fundador de la Protozoología fue Antony van Leeuwenhoek, pañero de Delft, Holanda. Su carta número 18 de fecha 9 de octubre de 1676 dirigida a la Royal Society de Londres es el "Acta de Nacimiento de la Protozoología" (López-Ochoterena, 1979). En ese documento su autor hace una detallada descripción de *Vorticella*, el primer protozoario ciliado conocido por el hombre.

Beltrán (1974) considera que en la carta número 6 del 7 de septiembre de 1674 se encuentra la primera referencia a los protozoarios. Probablemente *Euglena viridis*, de acuerdo con lo expresado por Dobell (1960).

Corliss (1975) hace también referencia a la carta número seis de Leeuwenhoek -numeradas por Dobell (1960)- como la primera en que consignó sus observaciones hechas sobre los protistas (*sensu lato*) y otras pequeñas formas animales y vegetales (animalculos?).

Por su parte, Beltrán (1974) hace referencia sobre el primer tratado de protozoología (L. Joblot, 1718. *Descriptios et images de plusieurs nouveaux Microscopes tant simples que compozes*. Paris.174 pp) señalando que autores como Dobell y Woodruff así lo admiten.

PRIMERAS CLASIFICACIONES

Otto Federico Müller, el gran zoólogo danés fue el autor en 1773, 1776 y 1786 de las primeras monografías taxonómicas sobre los protozoarios, escritas en latín y con excelentes ilustraciones. Su publicación póstuma *Animalcula Infusoria Fluvialia et Marina* (1786) se considera aun como un tratado invaluable sobre el tema. Se trata según Beltrán (1974), de un libro de 367 páginas con 860 figuras y en el que se describe 378 especies (la mayoría de protozoarios). Considera también algunos otros animales microscópicos como nemátodos y rotíferos, además de bacterias y diatomeas.

Su clasificación estaba basada en la posesión o no de organoides locomotores (*Organis Externis* y *Organis*

Externis Nullis).

Tal característica sigue siendo válida hoy en día para separar los grandes grupos de protozoarios (Margulis, 1989).

Madrazo-Garibay y López-Ochoterena (1985) consignan algunos hechos históricos importantes registrados en el campo de la Protozoología, desde el siglo XVII hasta finales del siglo XIX.

Por otra parte, autores como Ehrenberg (1838) con su obra *Los infusorios como organismos completos*, contribuyó con la descripción de 350 especies nuevas para la ciencia y con su teoría poligástrica sobre los "estómagos múltiples" de algunos protozoarios ciliados. Hizo además, las primeras aportaciones al conocimiento de la microfauna mexicana en dos de sus obras (López Ochoterena y Madrazo-Garibay, 1979).

Dujardin (1841) en su obra *Historia natural de los zoofitos infusorios*, fue el primer investigador en utilizar el término "sarcoda", asimismo acuñó el nombre "rizópoda", ambos aplicados a los protozoarios con pseudópodos.

Stein publicó en 1854, 1859 y 1867 (Corliss, 1961a) varias monografías en las que introdujo sus ideas sobre la clasificación de los protozoarios ciliados, basadas en la diversificación estructural y la distribución topográfica de los organoides ciliares externos. Reconoció únicamente cuatro grupos básicos de ciliados: Holotricha, Heterotricha, Hypotricha y Peritricha.

Bütschli (1880-1889) con sus aportaciones a la clasificación de los protozoarios, fue considerado de acuerdo con Dobell (1951) como el "arquitecto de la Protozoología". Su esquema taxonómico para todos los grupos mayores de protozoarios tuvo pocas modificaciones durante más de cinco décadas. Consideró cuatro clases: Mastigophora, Sarkodina, Sporozoa e Infusoria, que abarcaban a los grandes grupos, aun actualmente reconocidos con esos nombres.

Los protozoarios como grupo zoológico presentan un número grande de obstáculos que impiden trazar con claridad las relaciones evolutivas entre su taxa mayor.

Para Kerkut (1960) los protozoarios no parecen ser un grupo de animales cercanamente relacionados. El grupo debe de ser polifilético y el nombre "Protozoa" indicar un grado de organización o condición, más que un grupo taxonómico natural. Esto se asemeja a los grupos "Vermes" o "Pisces" ya que ellos muestran un nivel de organización y no una relación evolutiva.

Un buen número de protozoólogos, actualmente consideran que lo mejor que puede decirse del término "Protozoa" es que está firmemente enraizado en la literatura zoológica.

El reconocer a los Protozoarios como un grupo de organismos animales es más un hecho de conveniencia práctica, dictada por la costumbre, que una reflexión de las probables relaciones naturales de los diversos organismos considerados.

La tremenda diversidad que presentan los protozoarios en cualquiera de los enfoques que se quiera considerar, se traduce en problemas aun pendientes de resolver, entre los que destacan aspectos taxonómicos y filogenéticos propios del grupo.

BASES DE LA CLASIFICACIÓN

La morfología comparada, ha sido siempre (y continuará siendo) la fuente principal de datos utilizables, para reconocer las relaciones a todos los niveles en la jerarquía taxonómica de las diversas formas de protozoarios. Por otro lado se utilizan también características no anatómicas, como son las fisiológicas, ecológicas y genéticas (Corliss, 1962c).

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

1) Esqueletos externos (productos no vivos del organismo): como testas, conchas, lórigas, placas tecales, membranas de quistes o esporas y esqueletos internos. 2) Organoides de locomoción: pseudópodos, flagelos, cilios y sus modificaciones, o su ausencia. 3) Tamaño y forma del cuerpo: Aunque su significado es dudoso, pueden ser

de aplicación muy general en la separación de grupos mayores. El tamaño puede variar desde menos de 1 micra hasta 10^6 micras, (flagelados y esporozoarios y plasmodios amiboides de micetozoarios). La forma abarca con bizarría la de todos los cuerpos geométricos conocidos.

4) Organoides de adherencia al sustrato: Pedúnculos, tallos, ciliatura tigmotáctica, lorigas cementadas, filamentos, ventosas, ganchos y espinas, constituyen las estructuras desarrolladas por diferentes especies tanto de vida libre como asociadas, para mantenerse en un nicho ecológico dado, de acuerdo con sus necesidades vitales.

5) Organización colonial: Distribuidas irregularmente entre los grupos mayores de protozoarios, existen especies cuya forma normal de vida, es formando parte de un grupo o conjunto de organismos. El término "colonia" no se aplica con el sentido biológico que tiene en otros grupos. Las "formas coloniales" conocidas son discoidales, arborescentes, esferoidales, catenoides o de conformación irregular.

6) Diferenciación pelicular o superficial: Se refiere a las esculturas de tecas, surcos de esporas, espinas de películas duras, diversidad estructural y modelos topográficos de distribución de la ciliatura en muchos grupos. 7) Cuerpos subpeliculares y sistemas fibrilares: Gránulos basales, fibras cinetodesmales, raicillas ciliares, sistemas de mionemas, en ciliados y flagelados. 8) Organoides de alimentación: Presencia o ausencia de citostoma o de un aparato oral y posesión de estructuras como pseudópodos, organoides ciliares, tentáculos, relacionados con la fagotrofia.

9) Diferenciación interna e inclusiones citoplásmicas: Aunque de utilización limitada, se refiere a la presencia de organoides tales como mitocondrias, aparato de Golgi, vacuolas contráctiles e inclusiones cristalinas de varios tipos. Presencia o ausencia de cromatóforos (cloroplastos, plástidos). Elementos que forman el sistema mastigonte o cariomastigonte. 10) Características nucleares: Tipos de núcleo, monomorfismo (en la mayoría de las especies) dimorfismo (ciliados y foraminíferos). Con diferencia morfológica y fisiológica.

Además, hay que considerar los datos aportados por la microscopía electrónica (de transmisión y de barrido) y el uso de métodos para manejar los datos comparativamente, aplicando sistemas estadísticos de análisis, para reconocer las diferencias entre estructuras y organoides homólogos y análogos; aumentar el conocimiento de las relaciones entre los factores fisiológicos y ecológicos y la diferenciación morfológica; así como realizar el estudio del organismo a través de todo su ciclo de vida para conocer en muchos casos su polimorfismo y su importancia en la taxonomía y la filogenia del grupo en cuestión.

CARACTERÍSTICAS NO MORFOLÓGICAS

Los caracteres más importantes son los siguientes: 1) Consideraciones ecológicas de las formas de vida libre: A pesar de la naturaleza ubicua de muchas especies, investigaciones cuidadosas de nichos ecológicos y de factores limitantes para ocupar los hábitats dados, han revelado mucha información utilizada en taxonomía. La "ecología" se ha utilizado para separar a las formas marinas de las de aguas dulces, para "definir" a las especies polisapróbicas, oligosapróbicas; macrófagas, micrófagas, aeróbicas, anaeróbicas; sedentarias, móviles y así sucesivamente.

2) Relaciones huésped-parásito: Se ha dado mucho peso específico en taxonomía al factor "especificidad parasitaria" sin que esto signifique que un "parásito en un nuevo hospedero, sea una nueva especie". La ecología de las formas parásitas ha aportado datos de gran valor a los sistemas para clasificar a los organismos implicados.

3) Características fisiológicas generales: Incluyen reacciones a varios estímulos; tipos de locomoción; modos de nutrición y modelos específicos de comportamiento, entre otras características con un valor taxonómico potencial.

4) Características bioquímicas y serológicas: A pesar del vasto estudio que sobre el metabolismo de los protozoarios se efectúa, no ha sido aun aplicado directamente a tratar de resolver problemas taxonómicos. Semejanzas bioquímicas aparecen entre formas de taxa ampliamente separadas. Los métodos serológicos para medir las similitudes antigénicas parecen ser técnicas promisorias. 5) Pigmentos, coloración y características del material de reserva: En general la coloración del cuerpo es de uso restringido en protozoología, sin embargo la clase de pigmentos presentes en los cromatóforos de los fitoflagelados tienen un valor sistemático a nivel suprafamiliar. Las sustancias de reserva tienen también utilidad taxonómica entre los grupos de fitoflagelados más que en otras clases de protozoarios.

6) Características morfogenéticas y ontogénicas. Ciclos de vida: El estudio más profundo de la ontogenia en el grupo de los protozoarios, deberá ser de gran utilidad taxonómica, al igual que en los metazoarios. El conocer mejor la historia vital tanto de formas de vida libre como asociadas, que comprenda el conocimiento completo desde las

formas larvales, así como la ocurrencia del polimorfismo, incluyendo la fisión binaria o múltiple, la estomatogénesis, la regeneración y los fenómenos de enquistamiento y exquistamiento, proporcionará una mejor aproximación a los problemas de clasificación aun pendientes de solución.

7) Factores genéticos: La elusividad de fenómenos sexuales en muchos protozoarios, permanece aun como una barrera para refinar aspectos taxonómico-genéticos a niveles específicos y subespecíficos. Debe considerarse que estos organismos -los protozoarios- deben tener una sexualidad de algún tipo y no por el contrario, por su "primitivismo" presentar una carencia de fenómenos sexuales.

FILOGENIA

Las dificultades existentes para llevar al cabo estudios de filogenia o de relaciones evolutivas, evitan la postulación de ideas apropiadas sobre las relaciones ancestrales de los protozoarios.

Los principales problemas son: a) Amplia carencia de fósiles en la mayor parte de los grupos de protozoarios -con la excepción de los foraminíferos y radiolarios-. b) Tamaño típicamente microscópico, con pocas excepciones (señaladas anteriormente). c) Organización celular (ya mencionada con detalle). d) Ubicuidad, la presencia de especies en prácticamente cualquier sitio, aumenta la dificultad para trazar posibles relaciones evolutivas. e) La ausencia frecuente de sexualidad, o cuando menos no descubierta en muchos grupos. f) El hecho de que los protozoarios no pueden ser definidos a satisfacción general de todos los estudiosos dedicados a ellos.

Por lo tanto, su naturaleza es compleja, su diversidad en forma, estructura, tamaño y hábitat es grande y sus ancestros oscuros (Corliss, 1959).

Fenómenos de polifilia, convergencia y evolución paralela, deben de tomarse en cuenta, así como asumir que ciertas formas extintas representan grupos con pocos cambios durante grandes periodos de tiempo. Además en la evolución de los protozoarios pueden considerarse tres tendencias: Una evolución citológica, ya que tienden a una complicación estructural de su única célula. Una polimerización, ya que sus organoides (algunos muy diferenciados) se multiplican en número. Una tendencia hacia estadios pluricelulares por la polimerización de sus dotaciones genéticas (Fernández-Galiano, 1971).

ARBOLES FILOGENÉTICOS

Han sido publicados escasos intentos sobre árboles filogenéticos de todo el grupo de protozoarios. La proposición de Kent (1880-1882) quien le dio una posición central y basal a los "ameobina" con el "grupo Protamoeba" colocado en primer término, tiene la característica de estar dibujado en círculos concéntricos, por lo que en cierta forma las posibles relaciones filogenéticas que se quieren representar, aparecen como múltiples. Kent utilizó nombres para designar a los diferentes grupos, que en la mayoría de los casos están actualmente fuera de uso.

Por su parte Bütschli (1880-1882) propuso un árbol filogenético en el cual la postura central corresponde a los Mastigophora, grupo con relación directa con las otras tres clases: Sarkodina, Sporozoa e Infusoria. Hizo además referencia a los grupos Rhizomastigophora (Rhizomastigoda) y Phytomastigophora (Phytomastigoda).

Todo lo anterior hizo que por mucho tiempo se consideraran como grupos más relacionados a los flagelados y a los rizopoda. Bütschli en 1883 (Kerkut, 1960) sugirió que era posible que esas dos clases se hubieran derivado de formas intermedias como *Mastigamoeba*.

Grassé (1952) agrupó a los Flagellata y a los Rhizopoda en un subphylum: Rhizoflagellata. Por su parte Kudo (1954) comentó: "Algunas veces es muy difícil distinguir a los Sarcodina y a los Mastigophora".

Doflein (1916) unió al grupo de los esporozoarios (Sporozoa) con los Mastigophora y los Sarcodina para crear el subphylum Plasmodroma. El segundo subphylum propuesto fue el subphylum Ciliophora con la clase Ciliata.

Este esquema taxonómico de los protozoarios fue adoptado y popularizado -con ligeras variantes- por Kudo (1966) en las cinco ediciones de su libro *Protozoology*.

Un tercer árbol filogenético propuesto (Corliss, 1959) considera que un grupo de fitoflagelados primitivos, presumiblemente fueron los primeros Protozoarios; siendo los ancestros directos de las dos líneas de flagelados -Phytomastigophora y Zoomastigophora- consideradas hoy en día. A través de la línea de los fitomastigóforos, vía ciertas algas se llegaría al origen de las plantas.

Tempranamente en el desarrollo de la línea de los zooflagelados se supone que se ramificó el grupo de formas amiboideas para formar sus propias líneas filogenéticas. El grupo de los esporozoarios tuvo también un ancestro primitivo flagelado. De los ciliados, se piensa generalmente, que tuvieron su origen de la línea zooflagelada a un nivel alto de desarrollo. El origen de los metazoarios pudo haber ocurrido a partir de una línea derivada de los fitoflagelados a partir de un tipo primitivo de ciliado.

Por otra parte Corliss (1959, 1961a, 1962c) propuso un árbol genealógico ilustrado de los protozoarios ciliados, en el cual los esquemas representan un intento para mostrar las principales líneas evolutivas dentro de la filogenia de los órdenes y subórdenes, considerados entonces dentro del subphylum Ciliophora.

El mismo autor, Corliss (1979) afinando sus ideas y conclusiones, dio a conocer tres árboles filogenéticos para las Clases: Kinetofragminophora, Oligohymenophora y Polyhymenophora. Además un nuevo árbol filogenético completo también ilustrado, para todos los subgrupos comprendidos dentro del Phylum Ciliophora.

Considerando el conjunto de protozoarios ciliados desde tres puntos de vista: la fuerte probabilidad de la existencia de un ancestro flagelado; la homogeneidad del grupo dentro de sí mismo y la suposición de que los Ciliophora representan la cúspide del desarrollo evolutivo dentro de los protozoarios, ha hecho que sea el grupo sobre el que más se ha especulado en relación con sus posibles relaciones filogenéticas (Corliss, 1956).

SISTEMÁTICA PROTOZOOLÓGICA RECIENTE

Las 70,000 especies de protozoarios consideradas a la fecha, de las cuales la mitad son fósiles, veinticuatro mil son de vida libre y el resto parásitas (López-Ochoterena y Serrano-Limón, 1991), han sido consideradas en las últimas 4 décadas, con una gran velocidad de cambio taxonómico y un aumento notable en el número de los taxa necesarios para su arreglo.

Un análisis comparativo de los cuatro esquemas de clasificación más conocidos y utilizados recientemente, permite conocer los principales cambios y la complejidad creciente de la taxonomía protozoológica contemporánea.

1) Kudo (1954)

Phylum 1 (Protozoa)

Subphyla 2 (Plasmodroma, Ciliophora)

Clases 5 (Mastigophora, Sarcodina, Sporozoa, Ciliata, Suctoria)

Órdenes 31

2) Honigberg *et al.* (1964)

Phylum 1 (Protozoa)

Subphyla 4 (Sarcomastigophora, Sporozoa, Cnidospora, Ciliophora)

Clases 11

Órdenes 66

3) Levine *et al.* (1980)

Phyla 7 (Sarcomastigophora, Labyrinthomorpha, Apicomplexa, Microspora, Acetozoa, Myxozoa, Ciliophora)

Clases 27

Órdenes 99

4) Lee *et al.* (1985)

Phyla 6 (Sarcomastigophora, Labyrinthomorpha, Apicomplexa, Microspora, Myxozoa, Ciliophora)

Clases 27

Órdenes 126

Por ser éste, el último esquema taxonómico propuesto, debe de ser el más utilizado para considerar sistemáticamente al grupo de los protozoarios. A continuación se presenta un resumen del mismo.

SUBREINO PROTOZOA Goldfuss, 1818 *Emend.* Von Siebold, 1846

Phylum Sarcomastigophora Honigberg y Balamult, 1963

Subphylum Mastigophora Diesing

Clase Phytomastigophorea Calkins

Clase Zoomastigophorea Calkins

Subphylum Opalinata Wenyon

Clase Opalinatea Wenyon

Subphylum Sarcodina Schmarda

Clase Lobosea Carpenter

Clase Acarpomyxea Page

Clase Mycetozoea De Barry

Clase Filosea Leidy

Clase Granuloreticulosea De Saedeleer

Clase Acantharea Haeckel

Clase Polycystinea Ehrenberg *Emend.* Riedel

Clase Phaeodarea Haeckel

Clase Heliozoa Haeckel

Phylum Labyrinthomorpha Page, 1980

Clase Labyrinthulea Levine y Corliss

Phylum Apicomplexa Levine, 1970

Clase Perkinsadida Levine

Clase Sporozoasida Leuckart

Phylum Microspora Sprague, 1969

Clase Metchnikovellidea Weiser

Clase Microsporididea Corliss y Levine

Phylum Myxozoa Grassé, 1970

Clase Myxosporea Bütschli

Clase Actinosporea Noble

Phylum Ciliophora Doflein, 1901

Subphylum Postciliodesmatophora Gerassimova y Seravin

Clase Karyorelictea Corliss

Clase Spirotrichea Bütschli

Subphylum Rhabdophora Small

Clase Prostomatea Schewiakoff

Clase Litostomatea Small y Lynn

Subphylum Cyrtophora Small

Clase Phyllopharyngea de Puytorac *et al.*

Clase Nassophorea Small y Lynn

Clase Oligohymenophorea de Puytorac *et al.*

Clase Colpodea de Puytorac *et al.*

Por otra parte, una versión completa y adaptada, con los 126 órdenes considerados y con ejemplos genéricos para cada uno, se encuentra en López-Ochoterena y Serrano Limón (1991).

PROTISTAS

El renacimiento del concepto de "Protista" hace algunos años, ha influido en la aparición de la "Nueva Protistología" o "Protistología Neo-Haeckeliana", que ha tenido un efecto heurístico sobre el interés en los "eucariotes inferiores" o protistas (Corliss, 1986).

En relación con la Protistología (o "Protoctistología") como la editora Margulis prefiere, según Corliss (1989); se presentan dos tipos de problemas importantes: taxonómicos y nomenclaturales.

Entre otras razones, los problemas existen debido a la asignación taxonómica de algunos protistas en ambos reinos (Animal y Vegetal).

Actualmente con el reconocimiento de múltiples reinos de organismos eucariotes, el asunto se ha hecho más complicado. Los aspectos nomenclaturales problemáticos están relacionados con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (última edición, 1983) y el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (última edición, 1985) a los que recurren los biólogos que consideran que están trabajando con "mini-plantas" o "mini-animales" y no con "eucariotes inferiores" o Protistas (Corliss, 1989).

Margulis (1989) define negativamente al Reino Protoctista, como el grupo de organismos no plantas, no animales, no hongos, representativos del linaje de los descendientes primitivos de los eucariotes. Es uno de los cinco reinos de la vida (los otros cuatro son: Monera -procariotes-, Fungi, Animalia y Plantae).

Considera que desafortunadamente una definición pura o elegante no abarcaría a toda la diversidad de protoctistas, excepto una definición por exclusión. El término Protoctista fue inventado por el biólogo escocés John Hogg en 1861 para organismos ni plantas, ni animales. Aunque el nombre no es eufónico, es adecuado.

Por otra parte la autora, restringe el término "protista" a un uso informal, lo refiere a los miembros (protoctistas) del microcosmos que requiere el uso de los microscopios para su visualización, mientras que el término "protoctista" incluye a todos los miembros del Reino. El término Protista lo refiere solamente a los organismos más pequeños, generalmente compuestos de una sola o de pocas células.

Considera también que no existen plantas o animales unicelulares y que es obsoleto imponer un punto de vista de dos reinos para acomodar a los Protoctistas. Está de acuerdo con Corliss en que estamos en el centro de una revolución protoctistológica.

El Reino Protoctista está constituido por treinta y seis phyla distribuidos en cuatro grandes grupos de acuerdo con la ausencia o presencia de "undulipodia" (flagelos-cilios) y de ciclos sexuales complejos (Margulis, 1989).

Por lo tanto los protozoarios como grupo no existe más, las varias clases constituyentes, están repartidas en los diferentes phyla considerados.

PROTISTOLOGÍA VERSUS PROTOZOOLOGÍA

El concepto de Protozoología ha sido predominante hasta hoy frente al de Protistología, aunque éste nunca fue abandonado del todo. Haeckel en 1866 propuso la creación de un nuevo reino "neuro", el Reino Protista, el cual popularizó Schaudinn, quien en 1902 fundó la revista (aun se publica) *Archiv für Protistenkunde*. Otra publicación, *Protistológica* se publicó de 1965 a 1986 y su continuación *European Journal of Protistology* inició su aparición en 1987, con el número 23 que correspondía a su antecesora.

El Groupement des Protistologues de Langue Française fundado en 1961 y actualmente con una membresía internacional; así como la International Society for Evolutionary Protistology, son unos cuantos ejemplos de la permanencia de la tradición protistológica frente a la protozoológica.

Fernández-Galiano (1990) publicó un documentado artículo sobre lo citado anteriormente.

CONCLUSIÓN

Como consideración final es útil recordar lo mencionado por Lee *et al.* (1985). "Es conveniente referirse a los protozoarios sin implicar nada más que su existencia. Claramente ellos existen. Sin referirse a cómo pueden ser clasificados -en el pasado, presente o futuro-; son organismos importantes en la telaraña de la vida sobre la Tierra".

REFERENCIAS

ALVARADO, R., F. D. CALONGE y J. IZCO, 1976. Nomenclatura Biológica. Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. H. Blume, ediciones. Madrid. 353 p.

- BELTRÁN, E., 1974. Notas de Historia Protozoológica. III. Leeuwenhoek y el tricentenario del descubrimiento de los protozoarios. *An. Soc. Mex. Hist. Cienc. Tecnol.*, 4: 225-258.
- BLACKWELDER, R. E., 1967. *Taxonomy. A text and a reference book* John Wiley and Sons, Inc. New York. 698 pp.
- BÜTSCHLI, O., 1880-1882. Protozoa. Abt. I. Sarcodina und Sporozoa. *In: Bronn, H. G., Klassen und Ordnung des Thiers- Reichs. Vol. I. pp.1-616.* C. F. Winter. Leipzig.
- BÜTSCHLI, O., 1887-1889. Protozoa Abt. III. Infusoria und System der Radiolaria. *In: Bronn, H. G., Klassen und Ordnung des Thiers-Reichs. Vol. I. pp. 1098-2035.* C. F. Winter. Leipzig.
- INTERNATIONAL CODE OF ZOOLOGICAL NOMENCLATURE, 1961. Adopted by the XV International Congress of Zoology. Published by The International Trust for Zoological Nomenclature. London. 176 p.
- CÓDIGO INTERNACIONAL DE NOMENCLATURA ZOOLOGICA, 1962. Adoptado por el XV Congreso Internacional de Zoología. (Trad. E. Beltrán) Ed. Sociedad Mexicana de Historia Natural. México D. F. 106 p.
- CORLISS, J. O., 1956. On the evolution and systematics of ciliated protozoa. *Syst. Zool.*, 5: 68-91, 121-140.
- CORLISS, J. O., 1959. Comments on the Systematics and Phylogeny of the Protozoa. *Syst. Zool.*, 8: 169-190.
- CORLISS, J. O., 1961a. The Ciliated protozoa; Characterization, Classification, and guide to the literature. Pergamon Press. Oxford. 310 p.
- CORLISS, J. O., 1961b. Application of phylogenetic considerations to protozoan systematics. *Progress in Protozoology. Prague.* pp. 47-56.
- CORLISS, J. O., 1962a. Taxonomic-nomenclatural practices in protozoology and the new International Code of Zoological Nomenclature. *J. Protozool.*, 9: 307-324.
- CORLISS, J. O., 1962b. Newer paths in taxonomy, *In: Moment, G. B. (Ed.) Frontiers of modern biology.* Houghton, Mifflin Co. Boston 37-45.
- CORLISS, J. O., 1962c. Taxonomic procedures in classification of Protozoa. *Symposia of The Society for General Microbiology*, 12: 37-67.
- CORLISS, J. O., 1975. Three centuries of protozoology: a brief tribute to its founding father, A van Leeuwenhoek of Delft. *J. Protozool.*, 22: 3-7.
- CORLISS, J. O., 1979. The Ciliated Protozoa. Characterization, classification and guide to the literature. Second ed. Pergamon Press. Oxford. 455 pp.
- CORLISS, J. O., 1983. Consequences of creating new kingdoms of organisms. *Bio Science*, 33: 314-318.
- CORLISS, J. O., 1986. Progress in protistology during the first decade following reemergence of the field as a respectable interdisciplinary area in modern biological research. *Progress in Protistology*, 1: 11-63.
- CORLISS, J. O., 1989. Toward a nomenclatural protist perspective. *In: Margulis, L., J. O. Corliss, M. Melkonian, D. J. Chapman (Eds.), Handbook of Protoctista.* pp. XXV-XXX. Jones and Bartlett Pubs. Boston.
- DOFLEIN, F., 1916. Lehrbuch der Protozoenkunde. Eine Darstellung der Naturgeschichte der Protozoen mit besonderer Berücksichtigung der parasitischen und pathogenen Formen. 4th. ed. G. Fischer, Jena. 1190 p.
- DOBELL, C., 1951. In Memoriam Otto Bütschli (1848-1920) "Architect of Protozoology". *Isis*, 42: 20-22.
- DOBELL, C., 1960. Antony van Leeuwenhoek and his "Little animals". Dover Pubs. Inc. New York. 435 p.
- DUJARDIN, F., 1841. Histoire Naturelle des Zoophytes. Infusoires. Paris. 678 p.
- EHRENBERG, G. C., 1838. Die infusionsthierechen als Vollkommene Organismen. Leipzig. 612 p. (Microcard ed., 1961).

- FERNANDEZ-GALIANO, D., 1971. Filogenia de los protozoos. *Actas I. Simp. Int. Zoofilog. Salamanca*. 119-130 pp.
- FERNANDEZ-GALIANO, D., 1990. Las nuevas clasificaciones de los organismos eucarióticos unicelulares. *Protistología versus Protozoología. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 85:107-125.
- GENERMONT, M., 1980. Trois conceptions modernes en Taxinomie: Taxinomie cladistique, Taxinomie Evolutive, Taxinomie Phanétique. *Ann. Biol.*, 19:19-40.
- GRASSÉ, P. P. (Ed.), 1952. *Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. Vol. I, Fasc. 1. Phylogenie. Protozoaires: Généralités, Flagellés. Masson et Cie. Paris*. 1071 p.
- HAECKEL, E., 1873. *The History of Creation. Sixth Edition. In two volumes. Kegan Paul, Trench, Trebner & Co. Ltd. London. Vol. I, 422 pp. Vol. II, 544 p.*
- HONIGBERG, B. M., W. BALAMUTH, E. C. BOVEE, J. O. CORLISS, M. GOJDICS, R. P. HALL, R. R. KUDO, N. D. LEVINE, A. R. LOEBLICH, Jr., J. WEISER, D. H. WENRICH, 1964. A revised classification of the phylum Protozoa. *J. Protozool.*, 11: 7-20.
- HUXLEY, J. S. (Ed.), 1940. *The New Systematic. Clarendon Press. Oxford*. 583 p.
- KENT, S. W., 1880-1882. *A manual of the infusoria. Vols 1-3. David Bogue. London*. 913 p.
- KERKUT, G. A., 1960. *Implications of Evolution. Pergamon Press. Oxford*. 174 p.
- KUDO, R. R., 1954. *ProtoZoology. 4th. ed. Charles C. Thomas. Springfield, Illinois*. 966 p.
- KUDO, R. R., 1966. *ProtoZoology. 5th. ed. Charles C. Thomas. Springfield, Illinois*. 1174 p.
- LEE, J. J., S. H. HUTNER & E. C. BOVEE (Eds.), 1985. *An illustrated guide to the protozoa. Society of Protozoologists. Lawrence, Kansas*. 629 p.
- LEVINE, N. D. (Chairman), J. O. CORLISS, E. F. G. COX, G. DEROUX, J. GRAIN, B. M. HONIGBERG, G. F. LEEDALE, A. R. LOEBLICH III, J. LOM, D. LYNN, E. G. MERINFELD, F. C. PAGE, C. POLJANSKY, V. SPRAGUA, J. VAVRA, and F. G. WALLACE, 1980. A newly revised classification of the protozoa. *J. Protozool.*, 27 37-58.
- LINNAEUS, C., 1758. *Systema Naturae. 10a. ed. Salvii, Holmia. (Ed. facsimilar) 823 p.*
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E., 1964. Tendencias actuales de la Taxonomía. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 25: 109-119.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E., 1979. La Décima octava carta de Leeuwenhoek (Delft en Holanda, 9, octubre, 1676). *An. Soc. Mex. Hist. Cienc. y Tecnol.*, 5: 85-90.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E., 1991. Avances en la taxonomía de los protistas. *In: Llorente, J. e I. Luna Eds. 1991. Taxonomía Biológica. Fondo de Cultura Económica, México, D. F.*
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E. y M. MADRAZO-GARIBAY, 1979. La contribución de C. G. Ehrenberg al conocimiento de los protozoarios de vida libre de México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Zoología*, 50: 739-742.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E. y M. MADRAZO-GARIBAY, 1984. Los protistas y su difícil clasificación. *Naturaleza*, 15: 268-274.
- LÓPEZ-OCHOTERENA, E. y G. SERRANO-LIMÓN, 1991. *Manual de Técnicas Protozoológicas. M. A. T. S. M.H.N. 288p. México, D.F.*
- LLORENTE BOUSQUETS, J., 1989. Algunas ideas de la Teoría Sistemática contemporánea: conceptos en cladismo. *Ciencias*, 3: 26-39.
- MADRAZO-GARIBAY, M. y E. LOPEZ-OCHOTERENA, 1985. Comentarios sobre la sistemática, filogenia y creación del phylum Ciliophora Doflein, 1901. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.*, 27: 35-43.
- MARGULIS, L., 1989. Introduction. *In: Margulis, L., J. O. Corliss, M. Melkonian, J. Chapman (Eds.)° Handbook of*

- Protoctista. pp. XI-XXIII. Jones and Bartlett Pubs. Boston.
- MAYR, E., 1963. *Animal Species and Evolution*. The Belknap Press of Harvard University. Cambridge, Mass. 797 p.
- MAYR, E., E. G. LINSLEY y R.L. USINGER, 1953. *Methods and principles of systematic zoology*. McGraw Hill, Co. New York. 328 p.
- MÜLLER, O. F., 1786. *Animalcula infusoria fluviatilia et marina*. Havniae et Lipsiae. 376 p.
- PETRUNKOVITCH, A., 1952. Principles of classification as illustrated by studies of Arachnida. *Syst. Zool.*, 1: 1-19.
- RIOJA, E., 1958. Evolución de la sistemática y algunos de sus problemas actuales. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 19: 1-49.
- SIMPSON, G.G., 1961. *Principles of Animal Taxonomy*. Columbia University Press. New York. 247 p.
- SOKAL, R.P. and P.H.A., 1963. *The Principles of Numerical Taxonomy*. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 359 p.