

Aportes a la biomedicina y la enseñanza a noventa años del desarrollo de la microscopía electrónica

The contributions of electronic microscopy to biomedicine and teaching at ninety years of its development

Manuel Enrique Cortés Cortés^{1,2*} <https://orcid.org/0000-0003-0845-7147>

Pilar Vigil Portales^{3,4} <https://orcid.org/0000-0002-0449-3880>

¹Universidad Bernardo O'Higgins, Facultad de Educación, Escuela de Historia y Geografía y Programa de Magíster en Educación. Santiago de Chile, Chile.

²Universidad Bernardo O'Higgins, Programa de Magíster en Ciencias Químico Biológicas. Santiago de Chile, Chile.

³Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría de Comunicaciones. Santiago, Chile.

⁴Reproductive Health Research Institute. Santiago de Chile, Chile.

*Autor para la correspondencia: cortesmanuel@docente.ubo.cl

Recibido: 22/12/2021

Aceptado: 28/02/2022

Señor editor:

El interesante artículo de *Matos* y otros⁽¹⁾ menciona que el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Histología a nivel de posgrado se ha caracterizado tradicionalmente por clases expositivas, en las cuales se utilizan fotografías de

microscopía óptica y electrónica, reforzadas mediante la observación, el análisis y la interpretación de preparaciones histológicas en trabajos prácticos de laboratorio. Estos autores destacan la necesidad de dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Histología mediante una participación más activa por parte del estudiantado.⁽¹⁾

Argumento similar lo expone *Carpio*,⁽²⁾ quien sostiene que los trabajos prácticos con microscopios ópticos y láminas histológicas han sido el principal enfoque de enseñanza de la Anatomía Microscópica entre los estudiantes de medicina. Además, propone que actualmente se le debe dar un lugar protagónico a los dispositivos móviles en la enseñanza en esta área, a través de los cuales cada estudiante podrá gestionar su aprendizaje e interactuar con los medios de enseñanza, el profesorado y sus pares.⁽²⁾ Estos dispositivos deben contar con diversas imágenes digitalizadas de preparaciones que representen distintos métodos de estudio y técnicas microscópicas (microscopía óptica, microscopía electrónica e inmunofluorescencia).⁽²⁾ Pero, cualquiera que sea la metodología de enseñanza usada (la expositiva frontal tradicional, aquella mediante dispositivos electrónicos o una combinación de ambas), ciertamente, el contar con la microscopía, en particular la de tipo electrónica, ha permitido un acercamiento, mediante sus impactantes imágenes, al mundo microscópico de una manera insospechada. Esto ha ofrecido una información estructural y ultraestructural detalladísima de los fenómenos biológicos en salud y en enfermedad, información clave para las actividades docentes e investigativas hoy en día.

La invención en 1590 del microscopio de luz compuesto por Zacharias Janssen, fabricante de lentes neerlandés, abrió la puerta al desconocido mundo microscópico.⁽³⁾ Con el paso de las décadas, el uso del microscopio óptico fue absolutamente fundamental para los inicios y el desarrollo de la citología (posteriormente evolucionada en biología celular), la histología y la anatomía microscópica,⁽⁴⁾ porque permitió describir los componentes conformados por células. De este modo, se ayudó a investigadores y estudiantes a consolidar sus conocimientos teóricos y familiarizarse con su uso para distinguir y caracterizar las nuevas estructuras biológicas.

Sin embargo, a principios del siglo XIX, a pesar de los adelantos técnicos introducidos, los microscopios ópticos continuaban siendo instrumentos poco confiables, pues entregaban imágenes distorsionadas de las observaciones debido a diversas aberraciones.⁽⁴⁾ Se sumaba a lo anterior que las técnicas de preparación de los delicados tejidos animales y vegetales no habían avanzado más allá de exprimirlos, rasparlos, estregarlos, cortarlos o dilacerarlos con agujas.⁽⁴⁾ Así las cosas, algo se había avanzado en el conocimiento de la Anatomía Microscópica y se habían dilucidado algunos detalles del desarrollo embrionario, pero existía un

gran desconocimiento de los órganos en su estructura más íntima.⁽⁴⁾ Incluso, a principios del siglo xx la Teoría neuronal de la individualidad celular, del sabio Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), era ampliamente criticada por los defensores de la Teoría reticular de la continuidad, ya que las técnicas microscópicas de esa época no resultaban conclusivas para algunos investigadores.

Pero todo cambió con la llegada del microscopio electrónico, que dio la razón a Ramón y Cajal.⁽⁵⁾ Precedido por la caracterización de los rayos catódicos (corrientes de partículas denominadas “electrones”) por parte de sir Joseph John Thomson (1856-1940),^(6,7) en 1931 el ingeniero electricista Max Knoll (1867-1969) junto con el físico Ernst Ruska (1906-1988) desarrollaron el primer microscopio electrónico.⁽⁶⁾ La microscopía electrónica se desarrolló originalmente como una herramienta de investigación para observar materiales inorgánicos, no biológicos, con una resolución –capacidad de poder distinguir dos objetos, ubicados cercanamente entre sí, como entidades discretas– aproximadamente 1000 veces mayor que la que se podría tener con un microscopio óptico.⁽⁸⁾ Los microscopios electrónicos modernos son capaces de discernir detalles con una resolución de hasta 0,1 nm.⁽⁹⁾ En general, el microscopio electrónico se basa en los mismos principios de un microscopio óptico, con la salvedad de que en vez de fotones (ondas de luz) utiliza electrones. Además, las lentes no están hechas de vidrio pulido sino que consisten en solenoides desde los cuales se generan campos electromagnéticos.⁽⁹⁾

Como el análisis de los sistemas biológicos está limitado por el poder de resolución de los instrumentos usados en su estudio, la microscopía electrónica generó una verdadera revolución en Biología durante el siglo xx. Gracias a su uso, muchos antiguos problemas de la Citología y de la Histología fueron resueltos; de ahí surgieron en el camino nuevas interrogantes que obligaron a repensar y renovar toda la problemática de la morfología celular.⁽⁷⁾

De hecho, la microscopía electrónica resulta una de las principales causantes del desbordante auge de la Biología Celular desde 1950 hasta la actualidad⁽⁴⁾ y esta disciplina no hubiese madurado en su enfoque multidisciplinario si no hubiese sido por la microscopía electrónica, como una de sus principales técnicas.⁽³⁾ También los descubrimientos clave de la Biología y la Genética Molecular les deben bastante a la microscopía electrónica. Por ejemplo, a principios de la década de los años sesenta dicha técnica permitió visualizar el proceso de replicación, al revelar la separación de las hebras de ADN y la formación de una horquilla de replicación y su disposición.⁽¹⁰⁾ Además, las imágenes de microscopía electrónica demostraron para adenovirus que el ADN viral monocatenario formaba bucles en ciertos segmentos para los que no existía una secuencia complementaria en el ARN mensajero.⁽¹⁰⁾

Como menciona *Vial*,⁽⁷⁾ esta técnica introdujo “en el orden de dimensiones de las grandes moléculas [...] la aspiración inmediata de expresar las estructuras en términos físico-químicos [...]. Gracias a ella, nuestros conceptos sobre estructuras celulares se han integrado más racional e íntimamente dentro del conjunto de los fenómenos biológicos”.⁽⁷⁾ Los aportes de la microscopía electrónica han sido enormes para las ciencias biológicas y las ciencias médicas; innumerables avances en el conocimiento de los procesos fisiológicos y fisiopatológicos no hubiesen sido posibles sin ella (Fig.). Por tal motivo, la enseñanza de la microscopía, en particular de los diversos tipos de microscopía electrónica, constituye un aspecto fundamental en la formación académica de los futuros profesionales de la salud, principalmente de aquellos que se dedicarán al citodiagnóstico, a la patología y a la investigación en campos tan diversos como la fisiología reproductiva, la embriología, las neurociencias y la microbiología.

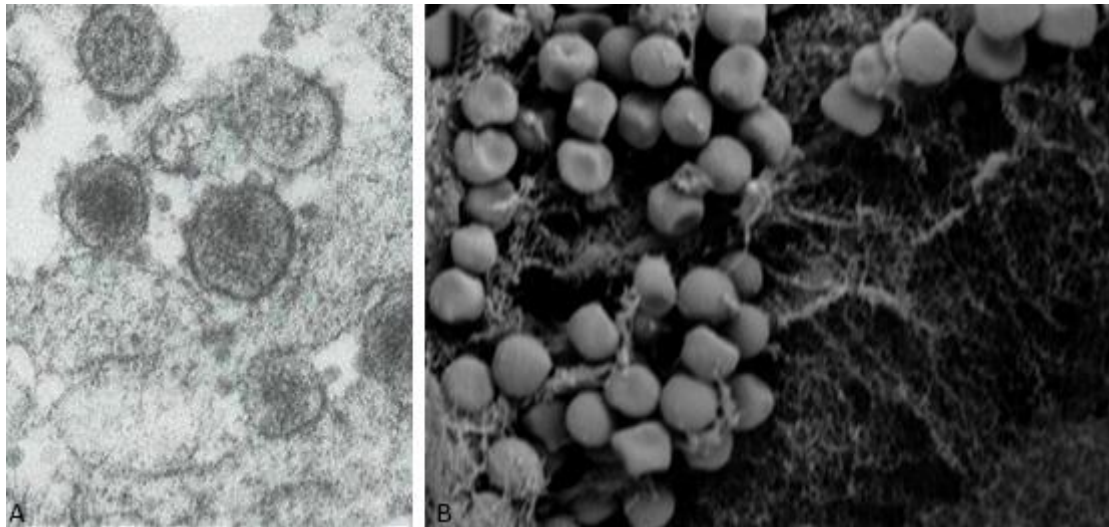


Fig. - Microfotografías electrónicas. A. Microfotografía electrónica de transmisión de ovocito de hamster sin zona pelúcida incubado *in vitro* con espermatozoides humanos infectados con *Chlamydia trachomatis* (barra = 100 nm). B. Microfotografía electrónica de barrido de una red de glicoproteínas de secreción cervical bovina donde se observan eritrocitos (barra = 20 μ m).

La microscopía electrónica ha efectuado en estos últimos noventa años aportes incommensurables a las ciencias biológicas y médicas, entre otras disciplinas. La enseñanza de la Histología y la Anatomía Microscópica debiese evolucionar, sobre todo con la inclusión del uso de dispositivos móviles y otras tecnologías;⁽²⁾ pero, siempre será necesario complementar lo anterior con el componente experiencial

del uso de los distintos tipos de microscopios, lo cual consolida los aprendizajes y entrega un valioso entrenamiento para los futuros investigadores.

Referencias bibliográficas

1. Matos Rodríguez A, Concepción Obregón T, Fernández Lorenzo A, Fernández Concepción RR, Arias Piedmag DE. Fundamentos pedagógicos y didácticos de la enseñanza de las técnicas histológicas básicas en la formación de posgrado. *Educ Médica Super.* 2018 [acceso 20/12/2021];32(1):185-95. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412018000100018&lng=es&tlng=es
2. Carpio Muñoz E. La enseñanza de la anatomía microscópica sin microscopios. *Educ Médica Super.* 2020 [acceso 20/12/2021];34(2):1-15. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412020000200021&lang=es
3. Bozzola JJ, Russell LD. *Electron Microscopy*. Boston: Jones & Bartlett Publishers; 1992.
4. Vial Correa JD. *Historia de la Célula: La Teoría Celular en los Orígenes de la Biología Moderna*. 1 ed. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. Colección Orientaciones en Ciencia, Tecnología y Cultura; 1999.
5. Cervós-Navarro J. Cajal en Europa. *Rev Española Patol.* 2002 [acceso 20/12/2021];35(4):481-6. Disponible en: <http://www.patologia.es/volumen35/vol35-num4/pdf%20patologia%2035-4/35-4-17.pdf>
6. Haguenau F, Hawkes PWW, Hutchison JLL, Jeunemaître BS, Simon GTT, Siatat-Jeunemaître B, *et al.* Key Events in the History of Electron Microscopy. *Microsc Microanal.* 2003;9(2):96-138. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1431927603030113>
7. Vial JD. Electron microscopy and the study of biological problems. *Rev Méd Chil.* 1962;90:441-3. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13925697>
8. Gordon RE. *Electron Microscopy: A Brief History and Review of Current Clinical Application*. In: *Methods in Molecular Biology*. New York: Humana Press; 2014 [acceso 21/12/2021]. p. 119-35. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4939-1050-2_7
9. Valpuesta Moralejo JM. *A la Búsqueda del Secreto de la Vida: Una Breve Historia*

de la Biología Molecular. Madrid: Editorial Hélice; 2012 [acceso 12/12/2021]. p. 67-8. Disponible en:

<https://books.google.cl/books?id=NGOGPgAACAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

10. Ronsin C. L'Histoire de la Biologie Moléculaire: Pionniers & Héros. 1 éd. Bruxelles: De Boeck Université; 2005 [acceso 12/12/2021]. Available from:

<https://books.google.cl/books?id=SYA6Vszb85QC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.