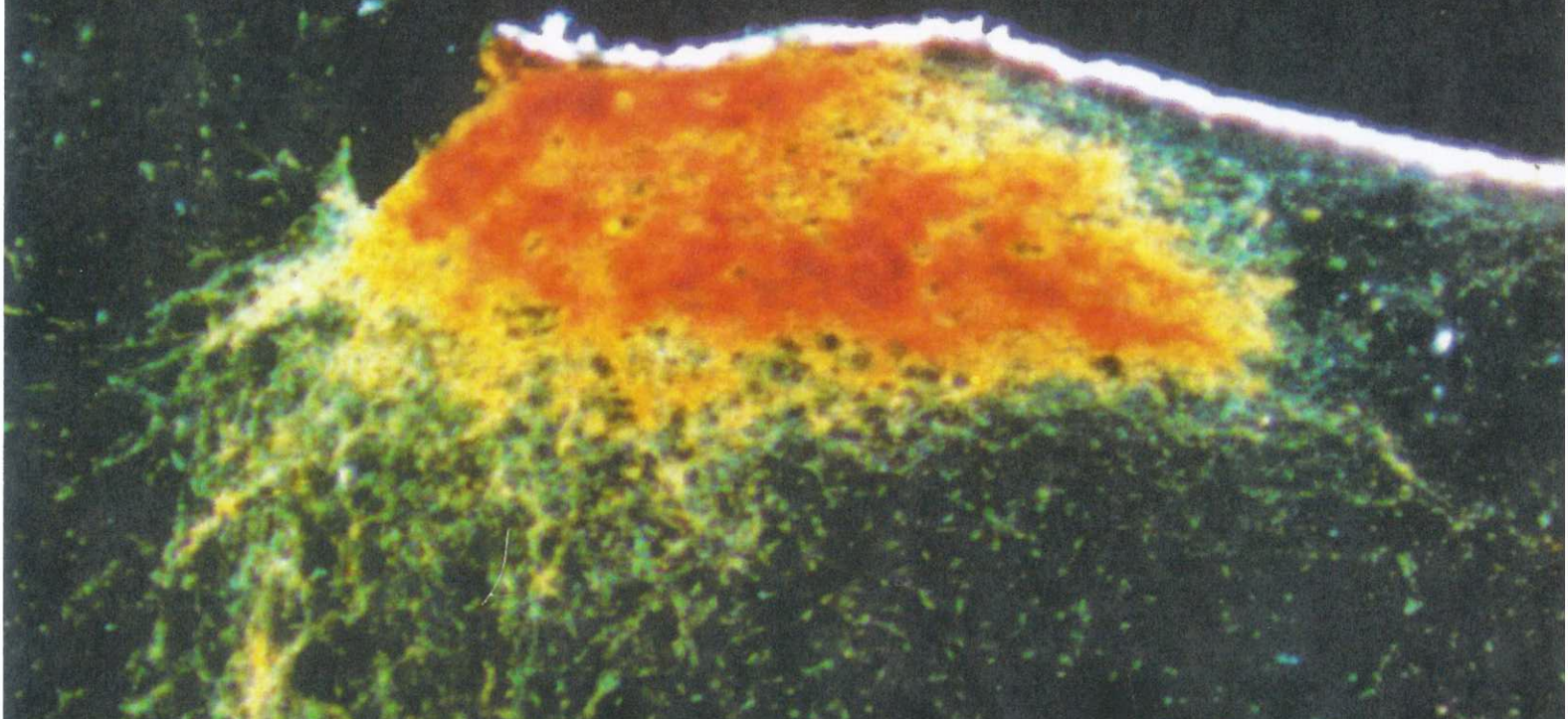
Marzo/Abril de 1994 • Volumen XX • Número 115 • Nueva Época

Número de ANIVERSARIO

Reportaje exclusivo desde Moscú

CIENCIA y DESARROLLO



CONACYT

ISSN 0185-0008

México (PECE) N$ 10.00
Extranjero US$ 6.00

En la búsqueda del tiempo:
sobre los mecanismos que regulan el orden temporal en los mamíferos

Salud y Tratado de Libre Comercio

Microscopía electrónica en México

La ingeniería sísmica en la UAM

La tumba zapoteca de Huijazoo

Científicos mexicanos del siglo XVIII

El inicio de la microscopía electrónica en México

Parte I: La biología

Horacio Merchant
de la Universidad Iberoamericana

El presente ensayo tiene como principal objetivo el rescate de algunos datos que en el futuro podrían ser de utilidad para los historiadores de la ciencia en México. Desde luego, como se trata de un testimonio personal, el estilo anecdótico en que se expresan algunos acontecimientos hacen que esta narración resulte muy subjetiva. Sin embargo, considero que la historia en el caso de la ciencia queda avalada esencialmente por lo que los científicos hicieron y, muy en segundo término, por la forma que eligieron para expresarse. Así, la relevancia efímera o perdurable de su trabajo queda expuesta en sus publicaciones. Material susceptible de evaluación desde varios puntos de vista: científico, político y, como en el caso presente, histórico. De manera que aquí hice hincapié en dar a conocer las primeras publicaciones de microscopía electrónica realizadas en México por los protagonistas del periodo histórico considerado. Aunque los primeros microscopios electrónicos que llegaron a México se instalaron en laboratorios ligados a la investigación en el área de la biología, existe una historia paralela ligada al área de la física. Al respecto, el doctor Miguel José Yacamán es uno de los principales protagonistas, de manera que en la Parte II él será el encargado de la narración.

Horacio Merchant.

Los iniciadores europeos

Dos descubrimientos sentaron las bases teóricas para la construcción del microscopio electrónico: la naturaleza ondulatoria de los electrones[1] y la analogía entre el efecto de un campo magnético sobre un haz de electrones y el de una lente convexa sobre un haz de luz.[2] De manera que en 1931, Max Knoll y Ernst Ruska[3] muestran al público el primer microscopio electrónico construido por ellos en el Laboratorio de Alta Tensión del Instituto Tecnológico de Berlín. En 1933 Ruska describió las lentes magnéticas con piezas polares intercambiables y construyó el primer "supermicroscopio", con el que logra una amplificación de 12,000 y supera la resolución del microscopio óptico. Considerando la invención del microscopio electrónico "uno de los inventos más importantes de este siglo", Ernest Ruska recibió el premio Nobel de Física en 1986.

En 1939, la compañía Siemens und Halske pone a la venta el primer microscopio electrónico comercial, diseñado por Ruska y Von Borries. A partir de entonces varias compañías transnacionales iniciaron la construcción de microscopios electrónicos en Europa, Estados Unidos y Japón.

Los primeros dos microscopios electrónicos en México

La compañía estadounidense RCA Victor saca a la venta su primer microscopio electrónico en 1942 y sólo cuatro años después, en 1946, se adquiere uno en el Laboratorio de Fisicoquímica del Centro de Investigación Científica de la Escuela de Ciencias Biológicas en el antiguo Casco de Santo Tomás. Fue adquirido bajo los auspicios del doctor Rodolfo Hernández Corso, con fondos de la Secretaría de Educación Pública. Se trató de un microscopio electrónico de transmisión *RCA Victor EMC-1* que trabajaba con 30 kilovoltios (KV) y lograba una resolución de 5 nanómetros (nm) (un nanómetro = 0.001 mm). Su costo fue de $48,000 pesos de aquel entonces.

Utilizando este primer aparato, los doctores Antonio González Ochoa y Gerardo Varela realizan algunos estudios morfológicos de agentes microbianos de interés histopatológico. Desgraciadamente no pude encontrar ninguna publicación de estos dos prolíficos investigadores en la que hicieran uso del primer microscopio electrónico. Sin embargo, existió una tesis con la que se recibió de QBP en 1949 la señorita Perla García Herrera, titulada "Estudio morfológico de algunas especies de *Actinomycetes* patógenos en el microscopio electrónico",[5] trabajo realizado en el Laboratorio de Fisicoquímica, probablemente bajo la dirección de los doctores González Ochoa y/o Gerardo Varela.

En ese mismo laboratorio, Nicolás Aguilera Herrera, entonces alumno de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, inició su entrenamiento como microscopista electrónico. De manera que también en 1949 se recibe como Químico, Biólogo, Parasitólogo (QBP) con la tesis "Estudio de arcillas y algunos suelos de México en el microscopio electrónico".[6] De manera que estas dos tesis de licenciatura pueden considerarse las primeras investigaciones publicadas realizadas en nuestro país con el *RCA Victor EMC-1*, primer microscopio electrónico que llegó a México.

En 1951 llega a la Escuela Nacional de Agricultura "Chapingo" el segundo microscopio electrónico instalado en México. Fue también de la compañía RCA Victor y se trató del modelo *Universal, 2A*, más avanzado que el primero ya que trabajando con 50 KV lograba una resolución de 2,5 nm. Para complementar este equipo, se adquirió el primer sombreador, complemento muy importante para proteger las muestras durante su observación con el equipo de aquella época. Las lentes condensadoras instaladas en los primeros microscopios electrónicos eran todavía rudimentarias, de manera que el excesivo calentamiento de las muestras en observación hacía difícil obtener imágenes con buena nitidez.

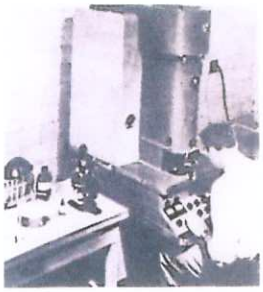


Figura 1. Microscopio electrónico RCA Universal, *como el que fue instalado en la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo en 1951.*

El entusiasmo mostrado por el QBP Nicolás Aguilera lo llevó a hacerse cargo de aquellos dos primeros microscopios electrónicos, quedando como el pionero en emplear esta tecnología en nuestro país. Las investigaciones realizadas por el maestro Nicolás Aguilera fueron en el área de la edafología, materia de la cual fue profesor tanto en Chapingo como en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Después de su tesis profesional, sus primeras publicaciones sobre arcillas del valle de México ven la luz en 1951.[7,8]

ARCILLAS DEL VALLE DE MEXICO

Estudio Morfológico

en el

Microscopio Electrónico*

por los Q. B. P.

Nicolás Aguilera Herrera y Rodolfo Hernández Corzo

Sobretiro de la Revista Chapingo No. 62

(*) Trabajo presentado al Congreso Científico Mexicano, Sección de Física aplicada, México, D. F., septiembre de 1951

Figura 2. Portada de la revista Chapingo, *en la que se publicó uno de los primeros trabajos del maestro Aguilera.*

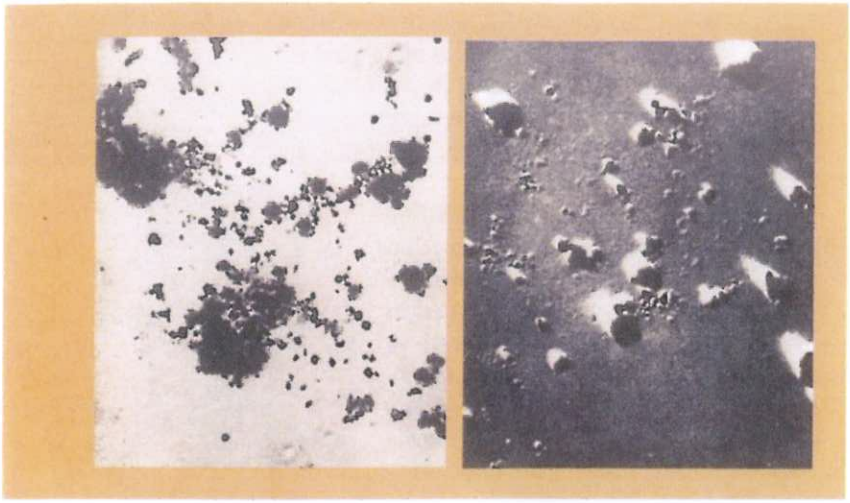
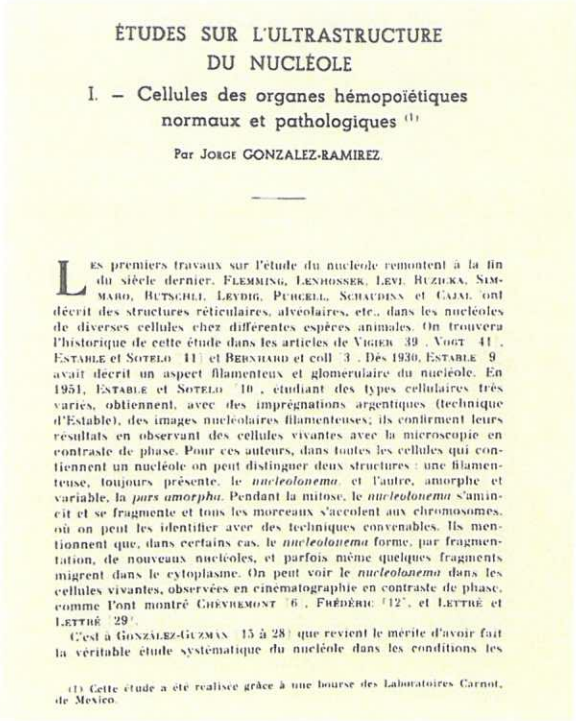


Figura 3. Micrografías electrónicas de arcillas tomadas por el maestro Aguilera con el RCA Universal de Chapingo.

Figura 4. El maestro Nicolás Aguilera Herrera en el Laboratorio de Edafología de Chapingo, donde fue el pionero de la microscopía electrónica en México.



ÉTUDES SUR L'ULTRASTRUCTURE DU NUCLÉOLE

I. – Cellules des organes hémopoïétiques normaux et pathologiques [1]

Par Jorge GONZALEZ-RAMIREZ.

Les premiers travaux sur l'étude du nucleole remontent à la fin du siècle dernier. Flemming, Lenhosser, Levi, Ruzicka, Simmaro, Butschli, Leydig, Purcell, Schaudinn et Cajal ont décrit des structures réticulaires, alvéolaires, etc., dans les nucléoles de diverses cellules chez différentes espèces animales. On trouvera l'historique de cette étude dans les articles de Vigier [39], Vogt [41], Estable et Sotelo [11] et Bernhard et coll. [3]. Dès 1930, Estable [9] avait décrit un aspect filamenteux et glomerulaire du nucléole. En 1951, Estable et Sotelo [10], étudiant des types cellulaires très varies, obtiennent, avec des imprégnations argentiques (technique d'Estable), des images nucléolaires filamenteuses; ils confirment leurs résultats en observant des cellules vivantes avec la microscopie en contraste de phase. Pour ces auteurs, dans toutes les cellules qui contiennent un nucléole on peut distinguer deux structures : une filamenteuse, toujours présente, le *nucleolonema*, et l'autre, amorphe et variable, la *pars amorpha*. Pendant la mitose, le *nucleolonema* s'amincit et se fragmente et tous les morceaux s'accolent aux chromosomes, où on peut les identifier avec des techniques convenables. Ils mentionnent que, dans certains cas, le *nucleolonema* forme, par fragmentation, de nouveaux nucléoles, et parfois même quelques fragments migrent dans le cytoplasme. On peut voir le *nucleolonema* dans les cellules vivantes, observées en cinématographie en contraste de phase, comme l'ont montré Chèvremont [6], Frédéric [12], et Letthé et Letthé [29].

C'est à Gonzalez-Guzman [15 à 28] que revient le mérite d'avoir fait la véritable étude systématique du nucléole dans les conditions les

(1) Cette étude a été realisée grâce à une bourse des Laboratoires Carnot, de Mexico.

Figura 8. Éste es el primer trabajo de carácter internacional realizado en México en el que se empleó la técnica de preservación y corte ultrafino de células animales. Apareció publicado en 1959.

Figura 5. Microscopio electrónico Philips 100, tercero que llegó a México, fue instalado en el Instituto de Estudios Médicos y Biológicos de la UNAM a fines de los años 50.

Figura 9. Micrografías electrónicas tomadas por el doctor Jorge González Ramírez con el microscopio Philips 100. Corresponden al estudio sobre la ultraestructura de los nucleolos del trabajo que se muestra en la figura 8.

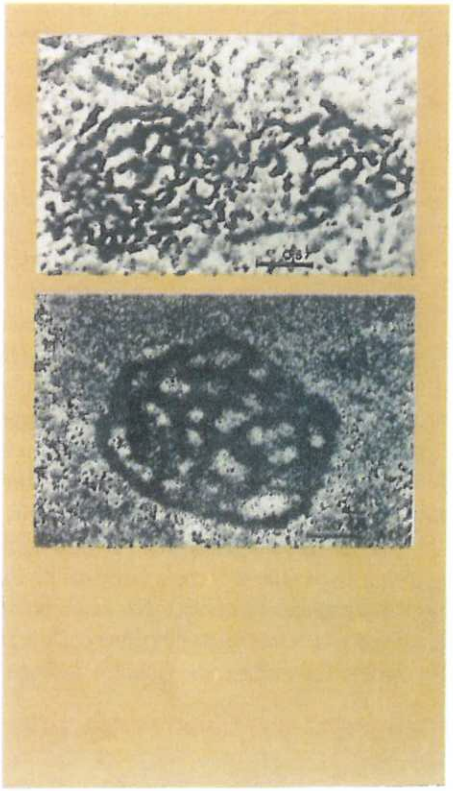


Figura 6. Ultramicrotomo Philips instalado en el Laboratorio de Citología y Hematología del IIB. Probablemente sea el primero que llegó a México a principios de los años sesenta.

Figura 7. Evaporadora que acompañó al microscopio Philips 100 y al ultramicrotomo de la figura 6.

En 1952, el maestro Aguilera logra una beca de la Fundación Rockefeller para ir a la Universidad de Wisconsin, donde obtiene la maestría en 1953 con la tesis "Mineralogical depth function of Molakai and Whiawara families of low humic latosol".[9] En el mismo año, el maestro Aguilera publica su primer trabajo internacional junto con M. L. Jackson,[10] quien fuera su asesor de tesis. Desde luego, este trabajo fue realizado con equipo instalado en Estados Unidos.

De nuevo en México, el maestro Nicolás Aguilera continúa sus estudios de microscopía electrónica sobre suelos de diversas regiones del interior del país. El 11 de junio de 1956, en el restaurant *Margo*, esquina de Nazas y Tigris, en la Ciudad de México, participa en la fundación de la Sociedad Cerámica Mexicana, bajo cuyos auspicios se inició la publicación de la revista *Publicaciones Cerámicas*. El primer número ve la luz en septiembre de 1958 con siete contribuciones de distinguidos ingenieros ceramistas y personajes que han dejado huella en la historia cultural de México, como Gerardo Murillo (el Dr. Atl), quien en su controvertido estilo termina su artículo sobre la importancia de la cerámica diciendo: "los problemas plásticos y técnicos no se resuelven con discusiones, se resuelven trabajando con las manos". En consistencia con este llamado, el maestro Aguilera publica en el mismo número inicial de la mencionada revista el artículo "Arcillas en algunos sedimentos de Campeche", en el cual aparece una micrografía electrónica mostrando cristales de la arcilla montmorillonita y romboedros de calcita.[11]

A principios de los años 60, el maestro Aguilera dirige varias tesis de licenciatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM, entre las que destaca la de la bióloga Graciela Quintana: "Estudio de diatomeas fósiles de México en el microscopio electrónico y en el espectrómetro de rayos X". Asimismo, el maestro Nicolás Aguilera impartía el curso de Análisis Químico Inorgánico en la misma Facultad, materia que se ofrecía como "optativa" a los estudiantes de biología de aquel entonces. Todos recordamos con cariño y respeto la ejemplar dedicación del maestro, quien convivió con nosotros aquellas tardes en el laboratorio, en nuestro afán por identificar elusivos cationes y aniones. Todavía hoy uno puede asomarse al Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias y encontrar a un entusiasta grupo de estudiantes trabajando activamente bajo la dirección del incansable maestro. Éste sigue siendo sin duda el mejor homenaje que un investigador y profesor honesto, como él, puede recibir cotidianamente.

Los primeros laboratorios de microscopía electrónica de citología e histopatología en México

El tercer microscopio electrónico llegó a México en 1959 al Instituto de Estudios Médicos y Biológicos de la UNAM (hoy Instituto de Investigaciones Biomédicas). Fue instalado en el Laboratorio de Citología y Hematología, a cargo del doctor Jorge González Ramírez. Se trató de un *Philips 100C* de tipo consola (figura 5). En este caso se contaba con un ultramicrotomo y un sombreador (figuras 6 y 7), además de un buen laboratorio de cultivo de tejidos y equipo avanzado de microscopía óptica y microcinematografía. Sin duda se trató del primer laboratorio de microscopía electrónica con capacidad para estudiar células y tejidos animales.

En el laboratorio del doctor Jorge González Ramírez se estudiaban diversos aspectos de la citología, en especial sobre la fisiología del nucleolo. Se trabajaba con células mantenidas en cultivo, lo cual en aquel tiempo era una innovación en México. En 1959 aparece la primera publicación en la que se empleó el microscopio electrónico *Philips 100*, en la revista francesa *Revue d'Hematologie*[12] (figura 8). El artículo contiene varias micrografías electrónicas, en las que se hace una descripción detallada de la ultraestructura del nucleolo (figura 9). Es importante señalar que este trabajo cobra ahora singular importancia, ya que se trata de las primeras micrografías electrónicas tomadas en México de cortes finos de células fijadas e incluidas en plástico, además de ser el primer trabajo mexicano de microscopía electrónica publicado en una revista internacional.

En los trabajos previos, las micrografías electrónicas tomadas en los dos primeros laboratorios de microscopía electrónica mexicanos fueron de muestras "duras" (arcillas y microorganismos) que no requerían el tratamiento de fijación, deshidratación e inclusión, para ser observadas al microscopio electrónico. Aunque en aquel tiempo estaban ya bien establecidas las técnicas de procesamiento de los tejidos para el microscopio de luz, la preservación de los mismos para su observación al microscopio electrónico estaba apenas en desarrollo.

El siguiente trabajo empleando la técnica de microscopía electrónica hecho en el laboratorio del doctor González Ramírez, fue publicado en el *Boletín del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos* en 1960.[13] Fue parte de una serie de artículos sobre la fisiología del nucleolo de las células HeLa, en los que se puso de manifiesto el empleo de diversos métodos citológicos. En 1965, el doctor González Ramírez y colaboradores publicaron un estudio sobre el aparato de Golgi de las células HeLa,[14] al cual desgraciadamente no seguiría ningún otro trabajo de microscopía electrónica por parte de este investigador pionero.

Entre los colaboradores del doctor González Ramírez estaba la maestra Angelina Núñez, quien impartía el curso de histología en la Facultad de Ciencias, donde la conocí. En aquel entonces los cursos en la Facultad eran anuales, con evaluaciones parciales, para los cuales se asignaban temas que había que desarrollar por escrito en presencia del profesor. Así, en vista de la lentitud y extensión de mi respuesta, la maestra Núñez me llevó a su laboratorio para terminar el primer examen semestral a mediados de 1960. Es difícil describir el impacto que causó en mí ese laboratorio donde se estudiaban células vivas y se contaba con el equipo más sofisticado de aquella época. Tal vez una manera de

hacerlo sea el hecho que desde entonces he permanecido en el mismo lugar.

En 1963 llegan otros tres microscopios electrónicos a México, dos *Hitachi HU11* (figura 10) y un *Philips 200* (figura 11). De los dos primeros, uno se instaló en el Instituto Nacional del Petróleo (IMP) y el segundo en el laboratorio del doctor Ruy Pérez Tamayo, en el Departamento de Patología del Hospital General de la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). El *Hitachi* instalado en el IMP se encuentra todavía en uso, dedicándose fundamentalmente al análisis de muestras en las perforaciones que se realizan en busca de yacimientos petroleros. Respecto al recibido por el doctor Pérez Tamayo, daré algunos detalles más adelante.

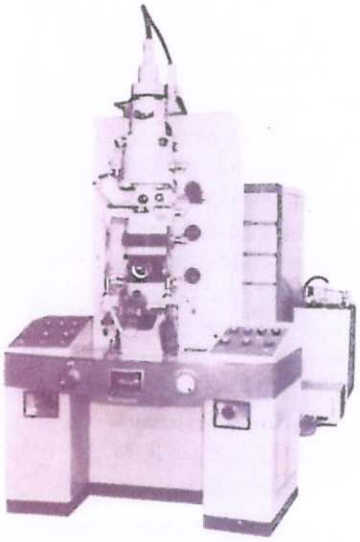


Figura 10. Microscopio Hitachi modelo HU11, como el que estuvo en el Departamento del doctor Ruy Pérez Tamayo en el Hospital General de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

El *Phillips 200* se instaló en el Laboratorio de Patología del Hospital General del entonces flamante Centro Médico del IMSS, en la avenida Cuauhtémoc. El mantenimiento del equipo estuvo a cargo del físico Andrés Palacios y la asesoría del laboratorio fue inicialmente encomendada al doctor Jorge González Ramírez. Tres estudiantes que realizábamos la tesis de licenciatura en su laboratorio del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos, Elena Yabur, Bertha Zavala y el que esto escribe, nos vimos favorecidos con una plaza de técnico de medio tiempo en el IMSS. Como en aquel tiempo no había becas para hacer tesis, nos consideramos afortunados con el apoyo que recibimos.

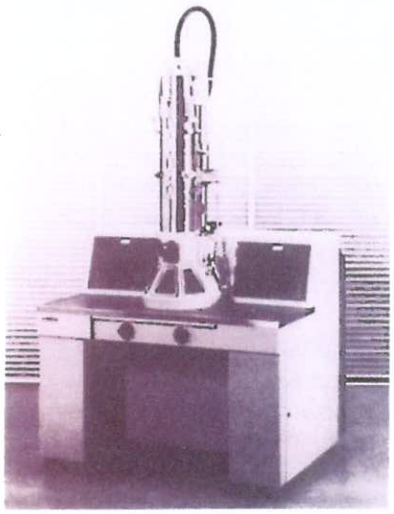


Figura 11. Microscopio electrónico Philips 200 instalado en el Departamento de Patología del Hospital General del Centro Médico del IMSS en 1963.

En 1963 regresa a México el doctor Amador González Angulo, después de haber recibido entrenamiento en mi-croscopía electrónica en el Departamento de Patología de la Universidad de Baylor en Houston, Texas. Ese mismo año, el doctor González Angulo se hace cargo del Laboratorio de Patología del IMSS y pronto se hace evidente la buena preparación y gran capacidad de trabajo de nuestro nuevo jefe. Sólo tres meses después de su llegada, aparece la primera publicación en la revista del IMSS sobre "Algunos aspectos ultraestructurales de la mucosa intestinal normal y patológica".[15] Asimismo, el doctor González Angulo publicó en 1964 el primer trabajo de divulgación en el que da a conocer a la comunidad médica mexicana las ventajas y limitaciones de la microscopía electrónica en la patología.[16] En los dos años siguientes se publicaron cuatro trabajos más sobre diversos aspectos ultraestructurales.[17-20]

Al fundarse el Departamento de Investigación Científica del IMSS en 1967, el doctor González Angulo recibió un *Philips 300* de transmisión y un microscopio de barrido *Philips 501*. Así, en ese año quedó instalado el laboratorio de microscopía electrónica aplicado a la patología mejor equipado de aquella época. En él estuvieron varios investigadores colaborando activamente con el doctor González Angulo en diversos aspectos de la anatomía normal y patológica. Entre los más destacados, por haber continuado el uso de la microscopía electrónica como herramienta fundamental en su trabajo de investigación, se encuentra el doctor Alfredo Feria Velasco.[20]

El doctor Amador González Angulo fue sin duda pionero en México, al introducir la microscopía electrónica como elemento importante en el laboratorio de patología. Publicó más de 100 trabajos de carácter nacional e internacional, entre los cuales algunos han recibido gran reconocimiento. Su carácter afable y modestia sobre su innegable capacidad, lo rodearon de un buen número de amigos y colaboradores que siempre tuvimos algo que aprender de él. Su temprana pérdida dejó un vacío en la comunidad académica de México y en particular entre los microscopistas electrónicos.

Continuando con la presente narración, regresemos al año 1964. Estando en las mañanas en el IMSS y en las tardes en Estudios Médicos y Biológicos, el que esto escribe tenía acceso a los dos microscopios *Philips*, el *200* y el *100*, respectivamente. De manera que terminé mi tesis de licenciatura sobre "Los poros de la envoltura nuclear en las células de las glándulas salivales de *Drosophila melanogaster*",[21] con la cual me recibí de biólogo en junio de 1964. En aquel tiempo todavía no estaban bien establecidas las técnicas de fijación e inclusión de material biológico, por lo menos en México. De manera que en aquellos primeros estudios, la mayor parte del esfuerzo consistía en probar diferentes soluciones fijadoras y resinas con reactivos nacionales y algunos importados. Además, tanto en el Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos como en el del IMSS, se habían adquirido "ultramicrotomos" *Philips* (figura 6), que carecían de microscopio estereoscópico y su sistema de avance térmico era muy deficiente, de manera que lograr un corte fino observable al M.E. se convertía en motivo de celebración.

Terminada mi licenciatura y después de haber trabajado tres meses con el doctor González Angulo en el IMSS, me fui a París con una beca del gobierno francés y mi simbólico sueldo de "auxiliar de investigador", que amablemente me sostuvo el maestro Ignacio González Guzmán, director fundador del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos. Como muchos estudiantes mexicanos en París, vivía en la "Maison du Mexique" de la ciudad universitaria. A principios de 1965 me visitó el doctor Adolfo Martínez Palomo, a quien había

conocido en el laboratorio del IMSS y estaba en camino hacia Oberkochen, pueblo alemán donde se encuentra la compañía Zeiss. Al enterarse de mi frustración por lo poco que aprendía en el laboratorio en que estaba, me sugirió que intentara ir con el doctor Wilhem Bernhard del Institut de Recherches sur le Cancer en Villejuif, quien tenía uno de los mejores laboratorios de microscopía electrónica en el área biomédica.

Me pareció una gran oportunidad y aunque al principio fui rechazado (me veía muy verde), con una carta del doctor González Guzmán dirigida al doctor P. Leplus, amigo del doctor Bernhard, fui admitido en su laboratorio. Años más tarde, en este mismo lugar trabajarían dos prominentes miembros de la comunidad de microscopistas electrónicos de México, primero el doctor Adolfo Martínez Palomo y, posteriormente, el doctor Gerardo H. Vázquez Nin. Cabe mencionar que Adolfo tuvo algunos problemas por mi culpa, ya que al haberme casado con Marie Thérese Nancy, la mejor técnica colaboradora del doctor Bernhard, se le pidió que tenía que acreditar su estado civil de casado. ¡No quería otro mexicano soltero!

A mi regreso a México, a fines de 1965, encontré que estaban ocurriendo varios cambios importantes en diversos laboratorios interesados en la microscopía electrónica. En la UNAM, el microscopio *Philips 100* (el tercero que llegó a México), del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos (IEMB), había pasado al Departamento de Física de la Facultad de Ciencias. A cambio, en el IEMB se había adquirido un microscopio *Akashi TRS-80* (figura 12), el cual sería el séptimo microscopio electrónico instalado en nuestro país.

Entre 1965 y 1966 se inicia la época de la compáñía Zeiss en México. Así, llegaron a la Ciudad de México tres microscopios electrónicos *Zeiss EM9* (figura 13). Uno destinado al doctor Jorge González Ramírez, del IEMB; otro al doctor Villasana, jefe del Departamento de Histología de la Facultad de Medicina de la UNAM, y el tercero al Instituto de Cardiología. Al año siguiente, en 1967, se fundan varios laboratorios de microscopía electrónica en varias dependencias de la UNAM. Las facultades de Ciencias, Veterinaria y Odontología adquieren también un *Zeiss EM9* cada una.

Al reintegrarme al Laboratorio de Citología del doctor González Ramírez, inicié una colaboración con el doctor J. Berke, odontólogo estadounidense que investigaba el papel de las células de la cresta neural en el desarrollo del diente. Desgraciadamente el trabajo se vio interrumpido en su etapa preliminar[22] por la muerte del doctor Berke; sin embargo, quedé gratamente impresionado con el estudio del desarrollo embrionario, utilizando la enorme potencialidad de la microscopía electrónica. Así, perfundiendo el oviducto de conejas para obtener embriones antes de la implantación, encontré un tipo ambiguo de célula ciliada y secretora que no había sido descrita antes, hallazgo con el que logré en 1967 mi primera comunicación internacional en la revista *Experimental Cell Research*.[23] Tres años más tarde se publicó también a nivel internacional la parte ultraestructural de mi tesis doctoral.[24]

Después de su estancia en Villejuif, el doctor Adolfo Martínez Palomo se hace cargo, en 1968, del Laboratorio de Microscopía Electrónica en el Instituto de Cardiología, entonces ubicado en la colonia de Los Doctores. El uso de compuestos químicos específicos para "teñir" glicoconjugados de la cubierta celular, le permitió al doctor Martínez Palomo estar entre los pioneros a nivel internacional en la investigación sobre la ultraestructura de la superficie celular en la célula normal y patológica. En 1970 publica en el *In-ternational Review of Cyto-logy* el artículo de revisión "The surface coats of animal cells",[25] considerado un *citation classic* por el Ins-titute for Scientific Infor-mation de Filadelfia. Todavía en Cardiología, aparecen tres trabajos del doctor Martínez Palomo en revistas de prestigio internacional sobre la ultraestructura del músculo cardiaco.[26-28] En 1972 fundó la Sección de Ultraestructura Celular en el CINVESTAV, donde inicia el establecimiento del laboratorio de microscopía electrónica más avanzado de México y probablemente de Latinoamé-rica. Introduce la técnica de criofractura y hace uso intensivo de la microscopía de barrido. En su laboratorio se han formado varios micros-copistas electrónicos destacados; entre ellos encontramos a los doctores Carlos Argüello y Víctor Tsutsumi. Sus propios trabajos y aquellos en colaboración con algunos destacados investigadores mexicanos, le han valido al doctor Martínez Palomo múltiples premios y reconocimientos. Se trata sin duda del investigador mexicano que empleando la técnica de microscopía electrónica ha logrado el mayor "impacto" a nivel internacional.

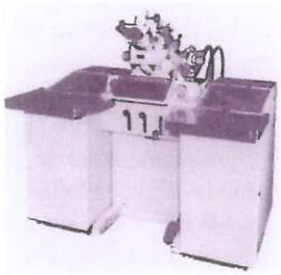


Figura 12. Microscopio electrónico Akashi TRS-80, segundo que llegó al laboratorio de Citología y Hematología del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos de la UNAM en 1964.

Figura 13. En 1965 se instaló este microscopio Zeiss EM9 en el IEMB-UNAM en sustitución del Phillips 100 y Akashi TRS-80. Este microscopio continúa en actividad hasta la fecha en el mismo lugar.

Al mudarse al CINVESTAV, el doctor Martínez Palomo dejó en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Cardiología al doctor Gerardo H. Vázquez Nin, destacado investigador de origen uruguayo, a quien conocimos en Francia. Pronto, el doctor Vázquez Nin establece una provechosa colaboración con destacados fisiólogos mexicanos y, trabajando sobre la ultraestructura de la médula espinal de la rana, publican dos trabajos internacionales.[29,30] Asi-

mismo, continúa la colaboración iniciada por Adolfo con diversos grupos del Instituto de Cardiología.[30] Además, siguiendo con la tradición del laboratorio del doctor W. Bernhard, Vázquez Nin hace contribuciones relevantes en el campo de la ultraestructura del núcleo interfásico, iniciando en 1973[32] una serie de publicaciones que le han dado prestigio internacional.

El doctor Vázquez Nin impulsó el equipamiento de dos laboratorios de microscopía electrónica de la UNAM, en las Facultades de Medicina y Ciencias. En ambos, contó con la valiosa colaboración de la doctora Olga Echevarría. En la Facultad de Ciencias, donde ambos laboran actualmente, crearon la Especialidad en Microscopía Electrónica en 1988, contribuyendo así a la formación de varios jóvenes microscopistas mexicanos, entre los que hay que destacar al doctor Luis Felipe Jiménez.

El doctor Ruy Pérez Tamayo, reconocido maestro de varios investigadores sobresalientes en el área de la biomedicina en México, se mudó del Hospital General de la SSA al Instituto de Investigaciones Biomédicas (originalmente Instituto de Estudios Médicos y Biológicos) en 1966. Aquí fundó el Departamento de Patología Experimental, donde instaló el *Hitachi H11*, con el que trabajaba en su anterior laboratorio. Sus investigaciones sobre la reabsorción de la colágena en un modelo experimental, publicados en 1970 y 72,[33,34] pueden considerarse entre los pioneros en el campo de la patología experimental en México.

Los primeros microscopios electrónicos en el interior del país

El primer microscopio electrónico instalado fuera del Distrito Federal llegó a la Facultad de Ciencias Biológicas en la ciudad de Monterrey, N. L., en 1972. Se obtuvo por iniciativa del doctor Eduardo Aguirre Pequeño y el apoyo del doctor Raúl Garza Chapa. El primero donó el monto del premio "Luis Elizondo" que le fue otorgado en 1970 y con el apoyo del segundo consiguieron, con la aportación del patronato de la Universidad Autónoma de Nuevo León y un precio especial ofrecido por la casa Carl Zeiss de México, adquirir un microscopio electrónico de transmisión *Zeiss EM9*.

El segundo microscopio electrónico instalado en el interior del país llegó a la ciudad de Guadalajara, Jal., al recién inaugurado Centro Médico del IMSS. Aquí se establece un laboratorio de microscopía electrónica con un *Zeiss EM10* en el Servicio de Anatomía Patológica, a cargo del

REFERENCIAS

1. De Broglie, L., *Thesis*, Université de Paris, 1924.
2. Bush, H., *Ann. Physik*, 1926, 81: 974.
3. Ruska, E. y M. Knoll, *Z. Tech. Phys.*, 1931, 12: 389.
4. Freundlich, M. M., "Origin of the electron microscope", *Science*, 1963, 142: 185-188.
5. García, H. P., "Estudio morfológico de algunas especies de Actinomycetes patógenos en el microscopio electrónico", tesis profesional, Biblioteca de la ENCB del IPN, 1949.
6. Aguilera, H. N., "Estudio de arcillas y algunos suelos de México en el microscopio electrónico", tesis profesional, Biblioteca de la ENCB del IPN, 1949.
7. Aguilera, H. N. y E. Fuentes, "Estudio fisicoquímico y electromicroscópico de la fracción arcilla de dos micrones de algunos suelos de Xochimilco", *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 1951, XII: 101-113.
8. Aguilera, H. N. y R. Hernández, "Arcillas del valle de México: estudio morfológico en el microscopio electrónico", *Revista Chapingo*, 1951, 62: 2-12.
9. Aguilera, H. N., "Mineralogical depth function of Molakai and Wahiawara families of low humic latosol", *Thesis*, Library of the University of Wisconsin, 1953.
10. Aguilera, H. N., y M. L. Jackson, "Iron oxide removal from soils and clays", *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 1953, 17: 359-364.
11. Aguilera, H. N., "Arcillas de algunos sedimentos calcáreos de Campeche", *Publicaciones Cerámicas*, 1958, I: 31-34.
12. González-Ramírez, J., "Etudes sur l'ultrastructure du nucléole", *Rev. d'Hematologie*, París, 1959, 14: 333-343.
13. González-Ramírez, J., Wong-Chia, C. y Núñez-Galván, A., "Nucleolar physiology II. Electron microscopy of nucleolar materials in HeLa cells", *Bol. Inst. Estud. Méd. Biol.*, México, 1960, 18: 153-151.
14. González-Ramírez, J. y Núñez-Galván, A., "Cytological studies. II. Golgi apparatus in HeLa cells. Observations with de electron microscope", *Bol. Inst. Estud. Méd. Biol.*, México, 1965, 23: 67-73.
15. González, A. A.,Yabur, E., E. Palacios, A., Merchant, L. H., Sepúlveda, B. y Landa, H., "Algunos aspectos ultraestructurales de la mucosa intestinal normal y patológica", *Revista Médica del IMSS*, 1964, 3: 60-69.
16. González, A. A., "Utilidad y limitaciones de la microscopía electrónica", *Rev. Méd. del Hosp. General*, 1964, 27: 87-98.
17. González, A. A., Smetana, K. y Martin, S. A., "Estudio con microscopio electrónico de un caso de sarcoma neurógeno", *Bol. Est. Méd. Biol.*, México, 1964, 22: 429-441.
18. González, A. A., Reyes, H. A. y Navarrete-Reyna, A., "The ultrastructure of ganglioneuroblastoma: Observations on neoplastic ganglion cells", *Neurology*, 1965, 15: 242-252.
19. González, A. A., Márquez, M. H., Zavala, B. J., Yabur, E. E. y Salazar, H., "Electron microscopy observations in hydatidiform mole", *Obst. and Gynec.*, 1966, 27: 455-467.
20. Feria-Velasco, A., González-Angulo, A. y Zavala, B. J., "The ultrastructure of the normal carotid body. I. The chemoreceptor unit", *Bol. Inst. Est. Méd. Biol.*, México, 1966, 24: 133-146.
21. Merchant, L. H., "Estudio hecho con el microscopio electrónico en células de las glándulas salivales de *Drosophila melanogaster*", tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, 1964.

doctor Alfredo Feria Velasco. Además de sus contribuciones en varios aspectos de la ultraestructura de la célula normal y patológica,[35-37] el doctor Alfredo Feria ha impulsado a su vez la formación de varios jóvenes investigadores en las universidades de Guadalajara, Aguascalientes y Colima.

Consideraciones finales

A partir de 1975 se inicia una gran expansión de la microscopía electrónica en el área biológica en México. Aunque los primeros microscopios fueron RCA, seguidos por Phillips, Hitachi, Siemens y Akashi, dos compañías que llegaron después han dominado el mercado mexicano, Jeol y Zeiss. La primera ha colocado en diversas instituciones alrededor de 80 microscopios de barrido o transmisión, de los cuales 30 se han instalado en centros educativos de educación superior u hospitales donde se realiza investigación biológica o biomédica, respectivamente. La compañía Zeiss, por su parte, tiene instalados hasta este año 42 microscopios electrónicos; a diferencia de Jeol, casi todos se emplean en el área biológica.

Existen varias unidades de microscopía electrónica en México; posiblemente una de las más completas se encuentra en el CINVESTAV de Zacatenco, D. F., a cargo inicialmente del doctor Eugenio Frixione y luego del doctor Ciro Falcony. Cuenta con facilidades de microscopía de transmisión, de barrido, microanálisis por pérdida de energía de electrones, etc. Además, ofrece un servicio de entrenamiento para técnicos de microscopía electrónica y capacidad para realizar estudios requeridos por interesados de dentro y fuera de la institución.

Con todo este equipo instalado en el país (alrededor de 140 microscopios electrónicos), puede decirse que actualmente en México, como en el resto del mundo, la microscopía electrónica es una metodología usada cotidianamente en la investigación y en el diagnóstico médico. La época heroica, en la que había que inventar una técnica para cada tipo de estudio, ha quedado atrás. Sin embargo, vale la pena recordar que el avance espectacular de la biología moderna se realiza en forma bivalente. Por un lado el diseño y realización de equipo sofisticado, llevados a cabo por ingenieros en las grandes compañías. Por el otro, el ingenio requerido por los biólogos para preservar y/o purificar el material biológico para su estudio. Las dos vertientes se dirigen hacia la misma meta: dilucidar los grandes enigmas de la biología que, básicamente, siguen todavía planteados.

22. Berke, J. D. y Merchant-Larios, H., "Ultraestructura del ectodermo, tubo y cresta neural del embrión de conejo de 8 a 16 somitas. Estudio con diferentes métodos", *Bol. Est. Méd. Biol.*, México, 1966, 23: 109-132.

23. Merchant-Larios, H., "Secretory granules in ciliated cell of the rabbit oviduct", *Exptl. Cell Res.*, 1967, 56: 171-172.

24. Merchant-Larios, H., "Ultrastructural changes in preimplantation rabbit embryos", *Cytologia*, 1970, 35: 319-334.

25. Martínez-Palomo, A., "The surface coat of animal cells", *Int. Rev. Cytol.*, 1970, 29: 29-75.

26. Martínez-Palomo, A., Alaniz, J. y Benítez, D., "Transitorial cardiac cells of the conductive system of the dog heart. Distinguishing morphological and electrophysiological features", *J. Cell Biol.*, 1970, 47: 1-17.

27. Martínez-Palomo, A. y Méndez, R., "Presence of gap junctions between cardiac cells in the heart of non mammalian species", *J. Ultrastruct. Res.*, 1971, 37: 592-600.

28. Martínez-Palomo, A., Benítez, D. y Alaniz, J., "Selective deposition of lanthanum in mammalian cardiac cell membranes. Ultrastructural and electrophysiological evidence", *J. Cell Biol.*, 1973, 58: 1-10.

29. Glusman, S., Vázquez Nin, G. H. y Rudomín, P., "Possible correlation between primary afferent depolarization (PAD) and ultrastructure in the frog spinal cord", *The Phisiologyst*, 1971, 15: 147-148.

30. Glusman, S., Vázquez Nin, G. H. y Rudomín, P., "Ultrastructural observations in the frog spinal cord in relation to the generation of primary afferent depolarization", *Neuroscience Letters*, 1976, 2: 137-145.

31. Marín-Huerta, E., Malpartida, F., Medrano, C., Cesarma., Policardo, J., Contreras, R., Vázquez Nin y Soberón, J., "Miocardiopatía hipertrófica no obstructiva en todos los miembros de una familia", *Arch. Inst. Nal. Cardiol.*, México, 1973, 43: 515-534.

32. Vázquez Nin, G. H., Chávez, B. y Tomas Martin, C., "A preferential staining method for chromatin in electron microscopy", *J. Microscopie*, 1973, 16: 243-246.

33. Pérez-Tamayo, R., "Collagen resorption in carrageenin granuloms. II. Ultrastructure of collagen resorption", *Lab. Invest.*, 1970, 22: 142-159.

34. Pérez-Tamayo, R., "The occurrence and significance of SLS crystallites in vivo", *Connective Tissue Res.*, 1972, 1: 55-60.

35. Valdez, F., Muñoz, D., Feria-Velasco, A.y Orrego, F., "Subcellular distribution of rat brain cortex high affinity sodium-dependent glysin transport sites", *Brain Research*, 1977, 122: 95-112.

36. Feria-Velasco, A. y Tapia-Arizmendi, G., "Cualitative X-ray spectrometric study of *E. histolytica* trophozoite nuclei", *Arch. Invest. Méd.*, México, 1977, 8: 199-208.

37. Feria-Velasco, A. y Arauz-Contreras, J., "Ruthenium red as a ligand of osmium for examining uncoated biologicalas for examining uncoated biological material in the scanning electron microscope", *Ann. Proc. Electron Microsc. Soc. Amer.*, 1977, 35: 554-555.