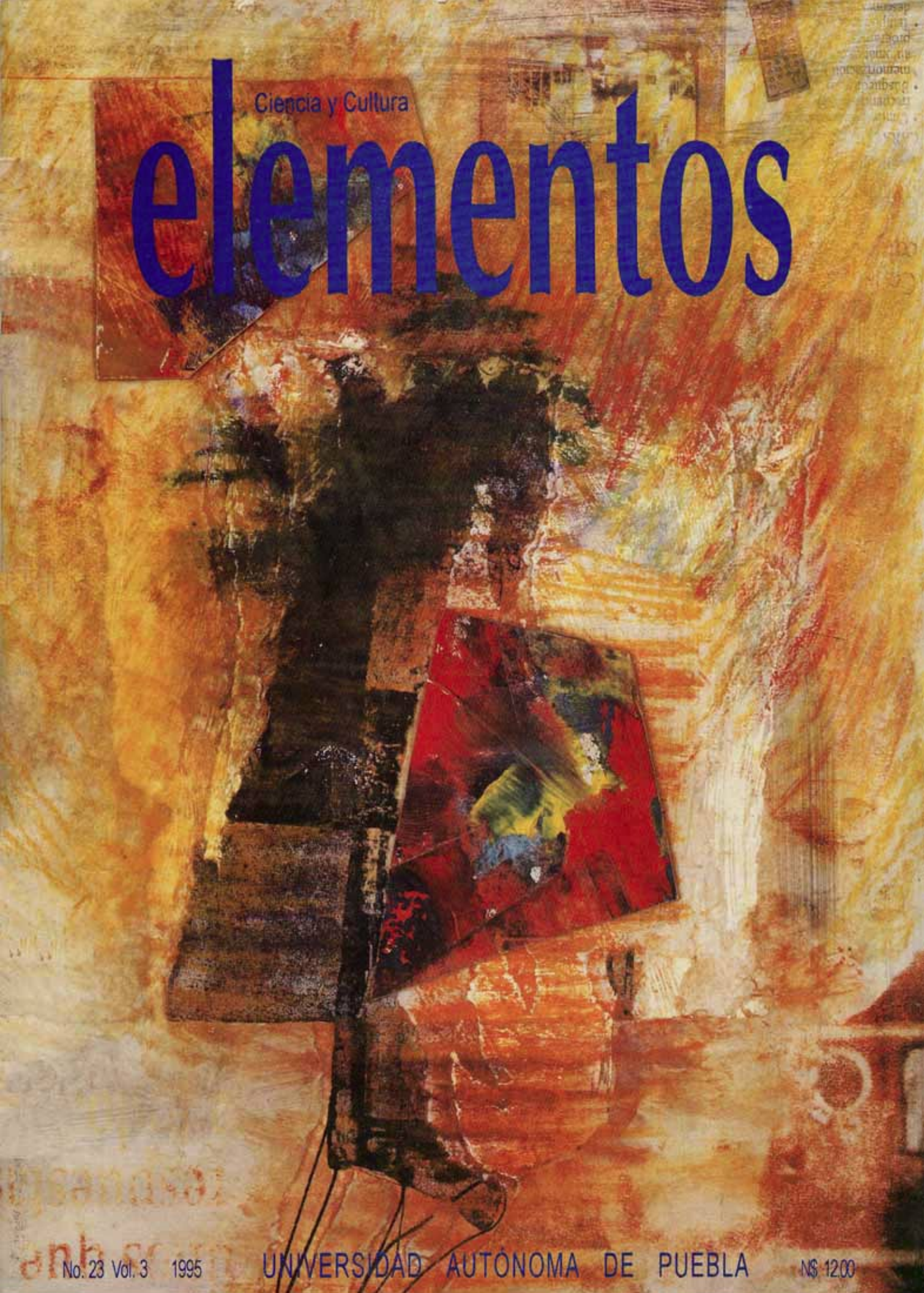
Ciencia y Cultura

elementos

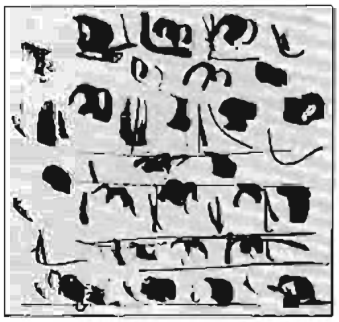


No. 23 Vol. 3 1995

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

N$ 12.00

S·U·M·A·R·I·O



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Rector
José Doger Corte

Secretario General
Víctor Espíndola Cabrera

Vicerrector de Investigación y Estudios de Postgrado
Enrique Doger Guerrero

ELEMENTOS
Revista trimestral de Ciencia y Cultura. No. 23, Vol 3, 1995.

Director
Enrique Soto Eguibar

Consejo Editorial
Beatriz Eugenia Baca
Ma. de la Paz Elizalde González
Marcelo Gauchat
Enrique González Vergara
Francisco Pellicer Graham
Leticia Quintero Cortés
José Emilio Saleeda Ruanova
Raúl Serrano Lizaola
Cristóbal Tabares Muñoz
Gerardo Torres del Castillo

Edición y Diseño
Marcelo Gauchat

Formación
José Emilio Saleeda Ruanova

Corrección
Silvia Kiczkovsky

Portada e interiores
Marcelo Gauchat

Redacción: 14 Sur 6301, C.U. Puebla, Pue., C.P. 72570

Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770.

3
DE LA CIENCIA, LOS GATOS SABIOS Y OTRAS PASIONES
Una conversación con Pablo Rudomín
Enrique Soto, Emilio Salceda y Aida Ortega

16
REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA
Alfredo G. Torres Tejeda y Beatriz E. Baca

23
LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS EN EL FERMILAB
Arturo Fernández Téllez

29
DEREK BARTON, UN GENIO EN LA CREACIÓN QUÍMICA
Jesús Sandoval Ramírez

33
EL RETRASO MENTAL FAMILIAR MÁS COMÚN: SÍNDROME X-FRÁGIL
Estela Morales Peralta

37
ALFRED RUSSELL WALLACE
Hugo Diego Blanco

45
VOCABULARIO, MÁQUINAS Y SABER HACER OBRERO EN LA INDUSTRIA TEXTIL MEXICANA
Rosalina Estrada Urroz

51
UN FILÓSOFO EN ÉPOCA DE CAMBIOS
El pensamiento de David Hume
Marcos Winocur

55
LA CIENCIA HOY

55
Pero la ciencia, esa palabra

57
La encefalitis de Rasmussen

59
Aspirina para las plantas

60
La miel y la cicuta

61
Modelos neuropsicológicos en afasiología

62
Paleontología: ¿ciencia ficción?

De la ciencia, los gatos sabios y otras pasiones
Una conversación con Pablo Rudomín

Enrique Soto, Emilio Salceda y Aida Ortega
Instituto de Fisiología
Universidad Autónoma de Puebla

Pablo Rudomín es por su actividad científica y por su actitud política uno de los personajes más interesantes de la ciencia en México. Profesor–investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN durante más de treinta años, vocal ejecutivo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) entre 1974 y 1982, presidente de la Academia de la Investigación Científica en 1984, Premio Nacional de Ciencias en 1979 y Premio Príncipe de Asturias en 1987, miembro del Consejo Consultivo de Ciencia y Tecnología de la Presidencia de la República.

• • •

Dr. Rudomín, platíquenos sobre sus primeros años y cómo llegó a interesarse por la ciencia. Cuéntenos sobre su familia, la escuela, su barrio.

–Realmente es muy difícil definir cuándo empezó mi interés por la ciencia. Nací en un barrio muy pobre, el barrio de Tepito en la ciudad de México. Mi padre inmigró a México en los años veinte, si acaso, estudió la escuela primaria. Aun así siempre mostró respeto por los estudios; una de sus obsesiones era que yo estudiara. Mi madre, casi veinte años más joven que mi padre, tenía una gran pasión por la lectura. Creo que a lo largo de los años esto fue muy importante para mi desarrollo. Pero hay una cosa muy curiosa. En el edificio donde vivíamos había otras tres familias de las cuales salieron investigadores muy distinguidos. Uno de ellos es Marcos Rosenbaun, actualmente director del Instituto de Estudios Nucleares de la UNAM. Los otros son Samuel y Carlos Gitler: uno es profesor en Rochester y el otro en el Instituto Weizmann, el centro de investigación científica más importante en Israel. Curiosamente, si vemos las probabilidades de que en el barrio de Tepito, de un mismo edificio, surjan cuatro científicos, son bajísimas. ¿Por qué en ese contexto se desarrolló nuestro interés por la investigación científica? Es algo que no me ha quedado claro.

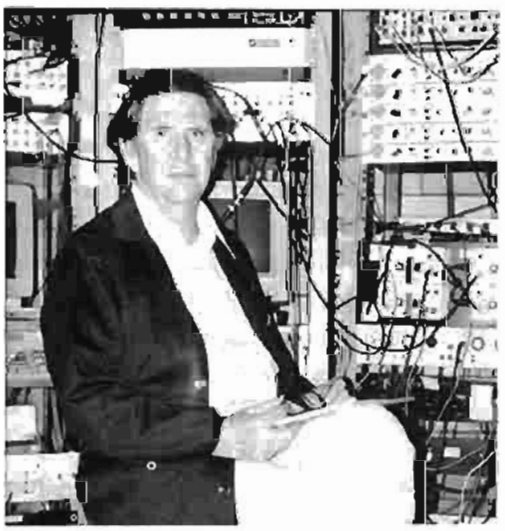
–Los cuatro son de familias de inmigrantes.

–Sí, claro; de hecho mi padre fue socio del padre de Marcos Rosenbaun. Tuvieron negocios juntos. Uno de ellos era precisamente un depósito de fierros viejos en la calle de Matamoros. Creo que ese depósito fue lo primero que exaltó nuestra imaginación porque Marcos y yo nos íbamos a jugar ahí, armábamos cosas; era como un gran mecano. Me acuerdo que imaginábamos construir un submarino. Todo esto antes de la televisión y de esos juegos ya prefabricados. Tanto Marcos como yo fuimos muy inquietos. Hablo de Marcos y de mí porque

poco tiempo después se separaron las familias y el desarrollo de Samuel y Carlos Gitler fue independiente. Recuerdo que siempre planeábamos juegos; por ejemplo, cuando leímos de los topos y teníamos la oportunidad de que nos llevaran al jardín, hacíamos agujeros para buscarlos, obviamente no encontrábamos nada. También leímos que el tesoro de Cuauhtémoc se hallaba enterrado por ahí; entonces decidimos ir al jardín de Tlatelolco y hacer agujeros para ver si lo encontrábamos.

En la secundaria estuve en el Colegio Hebreo Tarbut. En esta etapa lo interesante fue el curso de química; nos hablaban de la pólvora como ejemplo de una mezcla y nos decían qué tanto tenía de carbón, de azufre y de clorato de potasio. En esa época se podían comprar libremente todos los ingredientes, así que conseguimos como un kilo de cada cosa. Los mezclamos, poco a poquito y nos fuimos por los llanos; esa sí fue una buena explosión.

Luego, cuando llegó la época de ir a la preparatoria me fui a la Universidad, en San Ildefonso, Marcos y yo nos separamos. Yo quería estudiar ciencias químicas. Creo que durante la preparatoria se definió un poco más mi vocación. Me interesaba también lo que tuviera que ver con la biología. Eran sentimientos muy ambivalentes. Por esos años, estoy hablando de 1949, más o menos, había un maestro que nos daba clases y también trabajaba en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Él me invitó a ir a Ciencias Biológicas. Habiendo empezado en la Universidad sentía angustia de ir al Politécnico: ¡Anatema! Sin embargo fui y vi laboratorios de biología y gente mirando al microscopio. Creo que en esa época visité el laboratorio de Álvarez Buylla. Todos esos *racks* llenos de equipo electrónico me impresionaron mucho, me hicieron recordar al submarino de mis juegos. Me convencí de que allí había algo que me atraía. Mi decisión ya estaba tomada.



–Pero había empezado en Ciencias Químicas.

–Empecé en la Universidad el bachillerato en Ciencias Químicas y después me fui a Ciencias Biológicas. Para los del Politécnico yo era un universitario popis, y para los de la Universidad, era un renegado. Primero empecé como químico bacteriólogo. La clase de física la impartía Juan Oyarzábal quien al mismo tiempo trabajaba en la Facultad de Ciencias. Me emocionó su curso de física de partículas elementales. Estaba yo a punto de irme a la Facultad de Ciencias a hacer física. ¿Por qué no lo hice? Tal vez sólo fueron aspectos circunstanciales.

Pienso que para los jóvenes que están buscando, que no tienen una vocación definida, su primer contacto con un científico es fundamental. Es importante que alguien los atienda, hable con ellos y les explique lo que es la investigación. Los jóvenes son gente muy susceptible y no deben ser tratados como un número o un expediente más, como pasó conmigo en la universidad. Cuando fui por primera vez a Ciencias, nadie me podía explicar nada, era un caos.

Uno de los grandes acontecimientos en Ciencias Biológicas fue encontrar gente que venía de otros países, especialmente inmigrantes españoles. Yo había permanecido ajeno a todas las cuestiones políticas; el encuentro con personas que habían dejado sus países por un ideal, que eran científicos y tenían ideas republicanas, influyó fuertemente en mí. La mayor parte de los maestros que tuve fueron españoles republicanos. Entré a trabajar en el laboratorio del maestro Ramón Álvarez Buylla; la forma en que llegué a su laboratorio fue curiosa: por mi amistad con Mauricio Russek, quien iba un año más adelante. En ese tiempo yo todavía era quí-

mico bacteriólogo, me sentía identificado con las ideas socialistas y pensaba que tenía que hacer algo que fuera de utilidad para el país: se me había ocurrido que si estudiaba biología podía irme al campo, trabajar con la gente. En fin, ideas románticas que tiene uno, ¿no? En esa época conocí a Mauricio Russek y lo iba a buscar al laboratorio. Allí veía al propio Álvarez Buylla haciendo experimentos; registraba la actividad aferente del seno carotídeo. Me llamaba la atención

lo que hacía. Parecía como de ciencia ficción. "Algún día yo también manejaré esos aparatos", pensé. Pero él siempre estaba trabajando y no había forma de hablarle. Así pasé el primer año de la carrera; me fue muy bien en calificaciones; tenía fama de buen estudiante. Ello valió para que Álvarez Buylla me invitara a su laboratorio. Recuerdo que la primera vez que hablé con él hizo todo un discurso acerca de la imposibilidad de vivir con los ingresos de un científico. Siempre iba a tener una vida limitada en lo económico, pero sería compensada por todo el placer que se obtiene al hacer investigación. Ese aspecto romántico me impresionó mucho. Luego llegué a mi casa y platiqué a mi familia todo lo ocurrido. No lo vieron con mucho agrado. La idea de mi padre era verme como un ingeniero mecánico electricista; que me ganara la vida en algo relacionado con la cuestión de los fierros. Sin embargo insistí y fueron lo suficientemente comprensivos como para dejarme hacer lo que quería.

Con Ramón Álvarez Buylla estuve cuatro años. Trabajé sobre el condicionamiento de los efectos de la adrenalina. Creo que Álvarez Buylla tuvo unas ideas muy buenas en esa época. Pretendía usar los reflejos condicionados como un medio para detectar cuáles acciones de las distintas hormonas eran reflejas y cuáles eran directas sobre los efectores; por ejemplo, a Mauricio Russek le encomendó estudiar los efectos del cianuro, a mí los de la adrenalina y a Carrasco Zanini los de la insulina. En lo que respecta a la adrenalina, si se inyecta y mide la presión sanguínea, ésta sube y, como consecuencia, origina una bradicardia refleja. En la sangre y orina aumenta la glucosa. En esa época se aceptaba que la aparición de la glucosa en la orina se debía a que la glucosa sanguínea sobrepasaba lo que se llamaba el umbral renal y era excretada. Pero para nuestra sorpresa, al asociar la inyección de adrenalina con el sonido de un timbre de manera repetida y después sonar el timbre únicamente, aumentaba la glucosa en la orina sin que hubiera cambios de su nivel en sangre. Eso

indicaba que se trataba de un reflejo. Había que estudiar dónde estaban los aferentes y los efectores. Hubo que exteriorizar los uréteres: eran operaciones muy complicadas que implicaban un cuidado intensivo de los animales.

Hay muchas anécdotas relacionadas con este periodo. Algunas tienen que ver con la necesidad de buscar perras "vírgenes" para hacer esos experimentos. Esto porque las perras que habían parido tenían las glándulas mamarias muy desarrolladas y no había dónde exteriorizar los uréteres. Encontrar los animales adecuados se volvió una obsesión. Flora –mi esposa– todavía se queja, pues en una ocasión cuando iba con ella al cine en-

contré una perra. la agarré con el cinturón y la llevé a mi casa; en fin, toda una serie de anécdotas sobre las perras vírgenes.

En el laboratorio, Carrasco Zanini trabajó con el control de la secreción de insulina; encontró que también al sonar el timbre se obtenía una hipoglucemia condicionada que resultó estar mediada por aferentes vagales y que también dependía de la integridad de la hipófisis; al quitarla desaparecía la hipoglucemia condicionada.

Hay toda una historia que tal vez en otro ambiente habría conducido a don Ramón a un Premio Nobel; fue un descubrimiento fundamental que causó controversia. Cuando Álvarez Buylla ponía la glándula salival en lugar de la hipófisis, en animales previamente hipofisectomizados, se recuperaban las funciones endocrinas normales. Sin embargo, al presentar estos resultados a la Sociedad de Fisiología, hubo gente que lo cuestionó. Carlos Beyer y otros decían: "No, a lo mejor lo que pasa es que usted dejó pedazos de hipófisis y luego creció otra vez". Entonces él se sentía ofendido y decía: "No, no, no, la saqué muy bien".

–¿Por qué se le ocurrió usar la glándula salival?

–Su hipótesis era que al sacar la hipófisis y dejar la glándula salival, de alguna manera esa glándula realizaba el papel de la hipófisis, porque la consideraba como una especie de depósito de secreciones que venían del hipotálamo.

Cuando ponía músculo en lugar de glándula salival no se recuperaba la función. Pero si hubiera adoptado la posición opuesta –y no sé por qué no lo hizo en su momento– resulta que la glándula salival es uno de los órganos más ricos en factor de crecimiento. En la misma época andaban Rita Levi Montalcini y Stanley Cohen con esos mismos problemas. De haber aceptado la hipótesis opuesta, es decir, "bueno, a lo mejor estoy poniendo glándula salival y eso promueve el crecimiento de los remanentes hipofisiarios", habría encontrado el factor de crecimiento. Por eso son muy curiosos estos accidentes: por tener una hipótesis uno se va por cierto camino. A pesar de ello siento que sigue siendo una contribución fundamental y desde luego el sentido fisiológico de Álvarez Buylla era y sigue siendo bastante profundo. Como lo he dicho en mis escritos, él, en otro contexto, o en otro país, en interacción con bioquímicos, recibiendo información adecuada, podría haber tenido acceso a lo que se estaba haciendo en otros campos. Pero, ¿quién iba a leer lo que pasaba en biología celular cuando se trabajaba en fisiología integrativa? Había falta de información, la gente pensaba que con estar al tanto de su pequeño universo ya era suficiente.

Luego Álvarez Buylla tuvo un accidente; le cayó un árbol sobre la cabeza. En su casa estaban cortando unas ramas, vio que una le iba a caer a su esposa Elena y la empujó. El resultado fue que le cayó a él. Tuvo una fractura en la base del cráneo que lo dejó inconsciente. En esa época quedé a cargo del laboratorio. Después, en Ciencias Biológicas, no me daban un nombramiento y llegué a la fase en que necesitaba mostrar en mi casa que tenía ingresos propios. Si quería yo salir con alguien ¡pues poder invitarlo!... Todavía no existía el CONACYT, no había becas. Solicité un puesto en Ciencias Biológicas. Veía que compañeros míos con mucho menor promedio, con mucho menor capacidad los tenían. Obviamente muchos de ellos eran líderes de los estudiantes y algunos llegaron a puestos muy altos, entonces me quedó muy claro que Ciencias Biológicas no era el camino para mí.

Me acuerdo (aún vivía mi padre) que discutimos este asunto y me decía: "Mira, por mí no hay problema en que estudies ingeniería mecánica". Entonces hicimos un pacto: yo iba a buscar trabajo como fisiólogo durante un año y si en ese año no lo encontraba, dejaría la fisiología y estudiaría ingeniería mecánica.

–¿Ya había terminado biología?

–No, me encontraba a punto de terminar. Aquí pasó una cosa curiosa. Estaba trabajando con los reflejos y pensé que era importante recibirme cuanto antes; ya había acabado los experimentos y decidí escribir mi tesis de licenciatura; cuando la tuve lista fui a ver a Álvarez Buylla. Se convenció que el material era suficiente y me recibí.

Esa meta que me puso mi padre se cumplió antes y conseguí trabajo con García Ramos; trabajé con él en el Instituto de Neumología; después él se fue a la Universidad y entonces surgió la posibilidad de ir al Instituto de Cardiología con Rosenblueth, o quedarme en la Facultad de Medicina. Desde luego, elegí ir con Rosenblueth; ya había asistido a varios de los cursos que él impartía en el Colegio Nacional. En fin, para mi era lo máximo. Paradójicamente, el día que entré a trabajar ahí, murió mi padre. Yo tenía veintidós años. El negocio de fierros viejos no era lugar para mi madre, entonces se planteó la necesidad de que yo me hiciera cargo del negocio. Hubo bastante presión familiar para que me dedicara al negocio de los fierros, pero tomé una posición muy clara y dije que no.

–¿Es hijo único?

–Tengo dos hermanas. Era el único hombre en la familia y el mayor. Una de mis hermanas ya estaba casada y vivía en Israel. La otra tenía quince años. Además estaban mi madre, mis dos abuelos maternos, ya viejos, y un tío. Era toda la familia.

Cuando me otorgaron el Premio Nacional de Ciencias en 1979 e invité a mi madre a que viniera de Israel a la premiación, con emotividad me dijo: "Qué bueno que no me hiciste caso". A lo largo del tiempo se dio cuenta de que ésa fue mi vocación. Sin embargo, realmente, a nivel familiar, fui considerado como loco o irresponsable. Me casé y he tenido mucho apoyo. Ustedes saben bien que la vida del científico es muy demandante, sobre todo en estas áreas, pero afortunadamente tuve siempre comprensión. Hubo muchos momentos en que las cosas no iban como quería y el apoyo que recibí de mi esposa fue fundamental. Después, en Cardiología, fue más sencillo; ya formaba parte de una institución. Me pusieron a trabajar con Ernesto Deutsch en algunos problemas de conducción cardiaca, efectos de la asfixia y anoxia sobre la conducción aurículo–ventricular.

–¿Cómo llegó a interesarse por el sistema nervioso y la médula espinal?

–Es un camino largo. Inicialmente me interesaba el sistema vegetativo. Fue la época en que empezaban a aparecer los microelectrodos, a fines de la década de los cincuenta. Nadie en México registraba con microelectrodos. Rosenblueth había regresado de Estados Unidos en 1945 y le pasó lo mismo que a Lloyd: tuvo una gran resistencia a aceptar la información que venía de los microelectrodos. Además eran experimentos complicados. Yo quería hacer eso; pensé que era conveniente irme con una beca y la solicité a la fundación Rockefeller.

De hecho tenía familia en Nueva York y poco antes de casarme había visitado esos

Flora Goldberg en su estudio.

lugares y entre ellos el entonces Instituto Rockefeller, en donde conocí a Vernon Brooks quien me atendió muy bien. Me enseñó su laboratorio e hizo lo que muchos en México no hicieron: tener paciencia con un muchacho estudiante que llegaba. Eso fue seductor, así que decidí ir a trabajar con él. Hubo problemas, porque a Flora no le dieron la visa y no pudo entrar a Estados Unidos; yo me fui con la idea de que esos problemas se resolverían rápidamente, pero duraron todo un año. Decidí no seguir en Estados Unidos y nos fuimos a Italia, siguiendo los consejos de Raúl Hernández Peón. Así que nos fuimos a Siena y estuvimos un año. Desde el punto de vista artístico y de la experiencia de vida fue maravilloso estar en Italia, con toda su riqueza cultural e histórica. Una cosa que no les dije es por qué me fui con Brooks; la verdad, a mí me interesaba el sistema nervioso. Que el apéndice del sistema nervioso fuera el corazón o los músculos me tenía absolutamente sin cuidado. Entonces no había en México una institución de neurología. Rosenblueth era neurofisiólogo y también era fisiólogo cardiaco. Si uno ve toda su producción era un poco de esto, un poco de lo otro. En esa época se podían hacer contribuciones muy importantes en campos diferentes. Ahora cualquier tema requiere una fuerte especialización.

–Pero, ¿cómo decidió que no quería hacer fisiología cardiovascular y sí neurofisiología?

–Fue circunstancial. Me llamaba la atención el sistema nervioso por todas sus potencialidades, porque es en él donde se generan nuestros pensamientos, nuestras imágenes, nuestros sueños. No fue una decisión repentina. Creo que me interesó desde que estuve con Álvarez Buylla. De hecho, cuando trabajé en Cardiología, estudié los reflejos vagales y circulatorios.

Cuando estuve en el Rockefeller conocí a Granit, quien sería Premio Nobel en 1967, y él me convenció para que fuera a Estocolmo a trabajar en su laboratorio. Esto fue en 1960, pero no fui porque encontré a unos amigos suecos en esa época y me dijeron: "Estás loco, ¿cómo vas a ir?, hace un frío espantoso". Hernández Peón estaba ahí, y fue entonces cuando me sugirió que fuera a trabajar a Siena, con Zanchetti. Además a Flora, mi mujer, como artista le interesaba especialmente vivir en Italia. Pero siempre me quedó el gusanito de Suecia y creo que eso explica por qué después, en 1976, fui de sabático a Suecia. Siempre fue un país que me llamó mucho la atención.

Regresando a México, ya en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), seguí trabajando en el sistema vegetativo. Esto fue en 1962, justo cuando Eccles demostró la existencia de la inhibición presináptica. Encontré que la estimulación de aferentes vagales inhibía en forma prolongada los reflejos laríngeos y pensé que era inhibición presináptica. En el verano de 1960 había trabajado en Woods Hole con Kuffler en la sinapsis periférica del langostino en una preparación que me permitía hacer registros crónicos. Encontré fenómenos muy curiosos; parecía que al iniciar el movimiento predominaban fenómenos inhibitorios en el músculo y luego se desencadenaba la excitación. De eso aún tengo material que nunca publiqué y que considero interesante.

Kuno vino a México, trabajamos un año juntos tratando de repetir el experimento de Loewi, sólo que en la médula espinal. Queríamos mostrar que el trasmisor que se liberaba por la activación antidrómica de las raíces ventrales era la acetilcolina. Estimulábamos las raíces ventrales y colectábamos el líquido de perfusión; se publicó en *Journal of Physiology*. Con Kuno aprendí la pre-

paración para el estudio de la médula espinal.

–¿Éstos fueron experimentos en gatos?

–Sí. Cuando se fue Kuno, terminé mis experimentos sobre la inhibición presináptica de los reflejos laríngeos, estamos hablando ya de 1964–65 y me dediqué a la médula espinal; de ahí vienen los trabajos con Dutton que se publicaron en 1967 o 1968.

–Pero antes de eso usted trabajó con los reflejos laríngeos.

–Sí, sí, justamente ahí. Con esos reflejos laríngeos encontré esa depresión prolongada que pensaba era debida a inhibición presináptica y estaba asociada a despolarización de aferentes primarios. Lo interesante fue la reacción de Rosenblueth cuando propuse que podía haber inhibición presináptica: no le gustaba la idea, sobre todo porque Eccles la proponía.

–¿De su trabajo en la médula espinal, realizado esencialmente en gatos, ¿puede usted inferir aspectos generales del funcionamiento del sistema nervioso?, ¿cuáles son estos aspectos? Por decirlo de otra manera, Dr. Rudomín, ¿qué le han enseñado los gatos?

–Esta pregunta me recuerda el aforismo de Arturo Rosenblueth: "El gato siempre tiene la razón". Es decir, existe una realidad fisiológica externa que está allí, independientemente de los modelos que nosotros hagamos para explicarla, y ésta debe ser el patrón de referencia para cotejar nuestras ideas e interpretaciones, si queremos realmente aproximarnos al entendimiento de las diversas funciones del sistema nervioso (o de otros sistemas).

Mis preguntas científicas han variado a lo largo de los años. Durante mi época con Álvarez Buylla fueron los reflejos condicionados y los quimio y barorreceptores. Después, con García Ramos fue la circulación pulmonar. Al ingresar en 1957 al departamento que dirigía Rosenblueth en el Instituto de Cardiología, me interesé por el control reflejo de algunas funciones cardiacas y circulatorias. Después fui a los Estados Unidos a trabajar en corteza cerebral con Vernon Brooks, en el entonces Instituto Rockefeller. Posteriormente estuve en Siena, Italia, con Zanchetti. Allí surgió cierto interés por el hipotálamo. Regresé a México, en 1961, al recién fundado CINVESTAV, y traté de continuar con mis antiguos intereses por el control de los reflejos circulatorios, los cuales me condujeron, desde 1964 a la fecha, a estudiar el control central de la información trasmitida por fibras sensoriales.

La existencia de inhibición presináptica fue demostrada en 1957 por Frank y Fuortes en la médula espinal. Pero no fue sino hasta 1962 cuando Eccles y colaboradores analizaron este mecanismo con detalle. Estos investigadores encontraron que la eficacia sináptica de aferentes cutáneos y musculares estaba sujeta a un control presináptico. A mí me interesaba saber si los aferentes viscerales, como los quimiorreceptores y los barorreceptores vagales, que llevan información vital para la sobrevivencia del organismo, también estaban sujetos a un control presináptico. La respuesta fue negativa. Éste fue un hallazgo inesperado, que tiene sentido desde un punto de vista homeostático. En la actualidad sabemos que la inhibición presináptica está mediada por interneuronas GABAérgicas que hacen contactos axo–axónicos con las terminales de las fibras sensoriales. La activación de estas neuronas altera la información que es trasmitida por las fibras sensoriales. Si bien esto parece ser impor-

Flora Goldberg, *Éxodo*, grafito sobre papel.

tante para el control del movimiento y la discriminación sensorial, me imagino que sería fatal para el ajuste de la presión arterial y de la cantidad de oxígeno en la sangre, ya que se eliminaría la información respecto a la variable por controlar.

Con el objeto de entender más a fondo la forma de operar de la inhibición presináptica, en 1964 Dutton y yo estudiamos las fluctuaciones de los reflejos espinales monosinápticos durante distintos tipos de inhibición. Encontramos que la inhibición presináptica reducía estas fluctuaciones y, en un estudio posterior, Madrid y yo demostramos que la inhibición presináptica también alteraba las relaciones funcionales entre motoneuronas individuales, cambiando así la información por ellas trasmitida. Desde entonces hasta la fecha, nos hemos dedicado, con bastante ahínco, a analizar la organización funcional del sistema de control presináptico. Entre nuestros hallazgos más importantes está la evidencia que sugiere que la información que proviene de los husos musculares y de los receptores tendinosos es modulada por interneuronas GABAérgicas diferentes, lo que permite un control independiente de la información sobre longitud y tensión muscular. También está la demostración reciente acerca de la selectividad del control cortical sobre la eficacia sináptica en pares de colaterales intraespinales de la misma fibra aferente. Otro de nuestros hallazgos ha sido la demostración de que la eficacia sináptica de fibras reticulo–espinales, rubro–espinales y cortico–espinales no está sujeta a este control presináptico. Ello nos permite suponer que los comandos descendentes que actúan sobre las motoneuronas e interneuronas tienen una jerarquía más elevada que las señales que provienen de los aferentes cutáneos y musculares, en el sentido que, una vez iniciados, éstos no pueden ser modificados.

Vista retrospectivamente, nuestra contribución más importante ha sido ubicar los sistemas de control presináptico de los receptores musculares en el campo de batalla, proporcionando argumentos convincentes sobre la alta especificidad y la relevancia fisiológica de estos mecanismos. Queda, desde luego, mucho por hacer. Es necesario entender cómo funciona este sistema durante la realización de distintos actos motores y durante los procesos de discriminación sensorial.

–De sus trabajos ¿cuál diría que es su aportación individual más relevante?

–Todavía no la hago.... Bueno, de la primera fase creo que es el trabajo con Rafael Rubio; la demostración de la existencia de quimiorreceptores en el pulmón. Creo que inclusive en mi tesis de licenciatura hay varios aspectos que Álvarez Buylla ha retomado; por ejemplo, el control neural de la reabsorción tubular de la glucosa. Esto fue publicado en *Acta Fisiológica Latinoamericana* ¡en español! –imagínese– y no creo que haya tenido repercusión; pero sigue siendo un problema de actualidad. Lo que Álvarez Buylla está haciendo ahora es estimular el nervio vago en una preparación aguda y observar la reabsorción de glucosa. Acaba de sacar un trabajo sobre eso y se confirma este control nervioso. Es algo importante que no ha sido apreciado en toda su magnitud. Posteriormente, como ya mencioné, el entender la inhibición presináptica ha ocupado toda mi atención.

Desde luego, quedan otros aspectos de mi actividad científica relacionados con el desarrollo de la ciencia, ya que también siento que es una contribución importante en nuestro medio, si bien no es ciencia propiamente.

–¿Se refiere al desarrollo de CONACYT, del Sistema Nacional de Investigadores, (SNI), de su participación en la política científica?

–Bueno, todo eso como parte de, llamémosle, la contribución social al desarrollo de la ciencia, la cual me ha dado una visión y posibilidades de influir en algunas cosas que considero positivas y espero que sigan siendo positivas, aunque estoy consciente, como lo hemos discutido, de las numerosas dificultades y limitaciones del quehacer científico nacional.

–¿Quiénes son sus descendientes académicos, los investigadores que usted ha formado?

–Hay muchos; desgraciadamente algunos se han ido, otros han dejado la ciencia, esto sin hablar de los presentes en este momento, en los que obviamente tengo depositadas todas mis esperanzas. Hubo una persona realmente excepcional, Marcos Solodkin, quien desgraciadamente murió; Silvio Glusmann, que también tenía una gran imaginación –la sigue teniendo–, capacidad y buenas ideas, pero se fue a Estados Unidos y ahora se dedica a la anestesiología. Hay otra gente con la que he interaccionado, pero es difícil saber cuál fue mi influencia directa en ella.

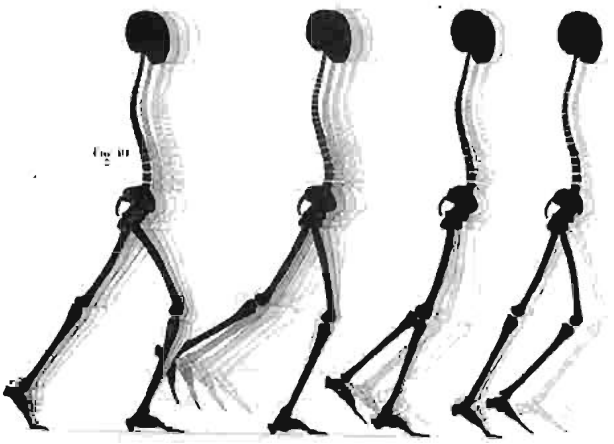
–Marcos y Silvio, ¿dos?

–Con Dutton tuve una colaboración muy intensa. Ramón Núñez que era muy capaz, no sé por dónde anda; se fue a Estados Unidos; creo que dejó la investigación. Está Ismael Jiménez, aunque no quiero considerar ahora la generación actual; José Galindo, con muchas capacidades, pero que se fue a un ambiente que no lo estimuló mucho; no sé dónde esté en este momento. Ha habido mucha gente que pasó por el laboratorio, pero la posibilidad de formar a un científico que se ubique, que despegue, es muy difícil, muy complicado. Siempre he insistido sobre esto en los sistemas de evaluación. No se trata de una máquina de hacer estudiantes, como una fábrica de zapatos, números nada más. Existe una gran dificultad para reclutar estudiantes, tienen que estar convencidos de que la actividad científica es una buena opción. Ha habido épocas en que parecía ser así; ahora no tanto.

En fisiología tenemos una baja capacidad de captación de estudiantes por el tipo de cosas que hacemos nosotros. No podemos tener, como los químicos o bioquímicos, toda una batería de estudiantes. Además, hay que tener en cuenta las posibilidades que les ofrece el sistema. Hay muchos que se van a Estados Unidos, otros no quieren irse del país y se dedican a otras cosas. De los que salieron con maestría, que han sido bastantes, diez o quince, pocos siguieron en la investigación. Me parece que realmente la maestría es una buena licenciatura, tomémoslo así, porque gran parte del esfuerzo que se hace es llenar los huecos que dejó la licenciatura: entonces, cuando empiezan a hacer investigación, es en el doctorado.

–¿Cuáles son en su opinión los aspectos más promisorios en la investigación en neurociencias?

–Ésta es una pregunta interesante. En 1952 se hizo el primer registro intracelular



de motoneuronas. Ello promovió lo que en cierta forma podríamos considerar una visión reduccionista del sistema nervioso, que ha llegado a su expresión máxima con la posibilidad de analizar cambios de conductancia en canales individuales. Esto, junto con la biología molecular, ha permitido vislumbrar la complejidad extraordinaria de la membrana neuronal y la forma en que ésta responde a cambios de voltaje y a neurotrasmisores. También nos ha permitido entender los mecanismos de acción de muchas drogas que afectan la función del sistema nervioso. Es razonable suponer que esta tendencia persistirá y que en los próximos años seremos testigos –y espero partícipes– de contribuciones espectaculares en relación a enfermedades degenerativas del sistema nervioso y en la acción de drogas psicotrópicas. Creo que también habrá contribuciones importantes en el área de la regeneración neuronal y recuperación de funciones subsecuentes a lesiones en el sistema nervioso.

Sin embargo, debo señalar que la moda reduccionista está generando a su vez un sentido de insatisfacción en relación a la explicación de la función motora, de la discriminación sensorial, y de otras funciones integrativas del sistema nervioso; en los próximos años también habrá un florecimiento de estas áreas. En ello jugará un papel importante el desarrollo de sistemas computacionales que permitan la simulación de redes neuronales de alta complejidad, así como el perfeccionamiento de técnicas no invasivas como la tomografía por emisión de positrones y la electromagnetografía, que permitirán el análisis de las interrelaciones funcionales de grupos neuronales discretos, durante la ejecución de movimientos, discriminación sensorial y procesos mentales.

–¿Y sus gustos en el arte, la literatura, la pintura, la música? ¿Qué hace cuando no está en el laboratorio?

–Inicialmente pintaba; me gustaba mucho la pintura y de hecho, antes de casarnos, Flora y yo salíamos al campo a pintar. Inclusive tenía un estudio de pintura cuando era soltero, en la azotea de mi casa ; no era del todo malo. Pero eso es ya una leyenda que le contaba a mis hijos. Un día tuve que tomar la decisión: qué era más fácil, ser buen científico o buen artista. Decidí que era mas fácil ser buen científico y con ese mito me las arreglé por muchos años, hasta que una vez empezaron a escombrar papeles y pinturas en la casa; mis hijos encontraron uno de los cuadros que había pintado y llegaron riéndose a carcajadas, diciendo: "Ya sabemos, la decisión fue muy fácil".

–Esperamos que nos dé una copia o fotografía para ilustrar esta entrevista, para que la gente juzgue. Bueno, eso hacía antes, pero ahora, ¿qué hace en sus ratos libres?

–Después de mucho tiempo me dediqué a escribir poesía, que no la he mostrado ni la voy a mostrar. Escribo, además, sobre distintos temas; no todo lo publico. Tengo bastantes cosas inéditas acerca de la ciencia, las personas y situaciones. Escribo porque siento necesidad de escribir.

–¿Ése sería su pasatiempo predilecto?

–No tengo un pasatiempo. Mi pasatiempo es la ciencia misma. Cuando estoy en la casa leo, escribo. Si en algún momento ya no pudiera seguir haciendo ciencia no sé qué haría, probablemente escribiría, o me dedicaría a fastidiarle la existencia a alguien. Sería mi otro pasatiempo.

–¿Me decía que fue padrino de bodas del doctor Rodolfo Llinás?

–Sí, sí. Rodolfo y yo iniciamos una buena relación cuando yo estaba en Woods Hole;

eso fue en el año 1960 cuando él estaba como estudiante en el Massachusetts General Hospital; todavía no empezaba con Terzuolo. Teníamos muchas discusiones filosóficas, nos caímos bien y desarrollamos una buena amistad. Ya en esa época había algunos puntos de diferencia; él insistía en quedarse en Estados Unidos, estaba convencido de que no se podía hacer ciencia en Latinoamérica. Inclusive leí en la entrevista que ustedes le hicieron (*Elementos*, 1994, vol. 21, pp. 3–15), que él piensa que puede ayudar mejor a la ciencia latinoamericana desde Estados Unidos. Difiero radicalmente de esa posición, porque siento que el construir ciencia no es solamente conseguir dinero para que otros hagan ciencia, creo que es vivir y sentir el país en todas sus dimensiones, con todos sus problemas, con todas sus frustraciones, interaccionar con estudiantes, con gente y tratar de cambiar toda una conciencia, una manera de pensar. En México existen canales de acceso, formas de influir y al menos yo, estoy convencido –no sé si es *wishful thinking*– de que pude influir positivamente para la creación del SNI. Eso no habría sucedido si hubiera vivido en Estados Unidos, porque no habría tenido sobre mí esa angustia de un sueldo limitado que no alcanzaba para mi familia. Pienso que se pertenece a un país o no se pertenece. Y no es nada más uno: son los hijos, dónde se educan los hijos, qué quieren ser los hijos. Para mí, siendo primera generación de inmigrantes, la necesidad de identidad es muy fuerte. Creo que eso le sucede a todos los hijos de inmigrantes que quieren ser aceptados por el país y tener un sitio permanente; esta idea de andar brincando de un lado a otro no es una cosa muy atractiva, uno quiere echar raíces.

Ahora, respecto a la boda, Rodolfo se había ido a Australia. Un día yo estaba en casa de unos amigos. Me acuerdo muy bien, era el 22 o 23 de diciembre. De repente aparece Rodolfo; había llegado a México y para mí fue una sorpresa. Su novia llegaba al día siguiente de Australia y querían casarse en México, porque en Colombia era requisito que la boda fuese religiosa. Al día siguiente llegó Jill y, con la promesa del "regalo de Navidad adecuado", accedieron a casarlos en el Registro Civil. Después resultó que nada de ese matrimonio era válido, porque para casarse dos extranjeros en México necesitan autorización de sus embajadas y, además, autorización de la Secretaría de Gobernación.

–¿Piensa que algunos problemas en neurociencias son recomendables o más interesantes para ser abordados por investigadores en el mundo subdesarrollado?

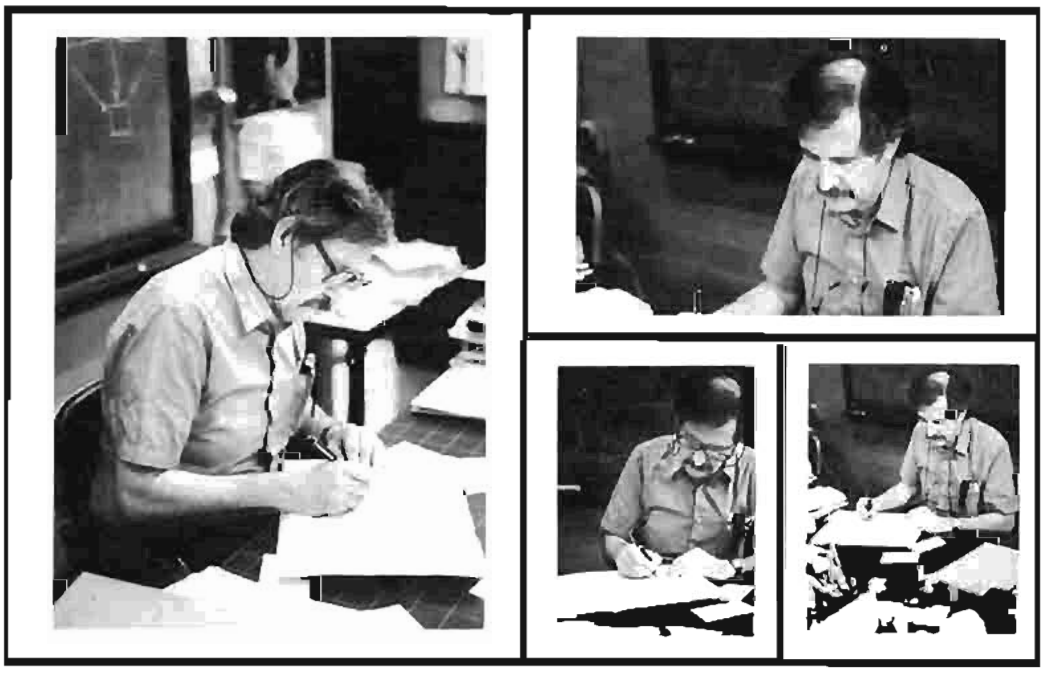
Catedral de Siena.

–Quisiera responder a esta pregunta señalando, en primer lugar, que el subdesarrollo es un proceso global. No es que la ciencia de investigadores individuales sea subdesarrollada. En México tenemos investigadores muy buenos, que compiten satisfactoriamente con investigadores del mundo desarrollado. Lo que pasa es que son muy pocos. El problema principal es que carecen de una infraestructura adecuada, lo que hace que ellos mismos tengan que dedicarse a una multitud de menesteres para poder llevar a cabo su investigación. Esto es particularmente nocivo para aquellos que se dedican a las ciencias experimentales, porque, además, tienen que afrontar numerosos problemas asociados con la importación de equipo y la disponibilidad adecuada de reactivos y refacciones.

A ello, y ésta es a mi juicio la principal limitación, hay que agregar que el número de investigadores expertos en un cierto campo es bastante reducido, lo que impide integrar programas más ambiciosos que se aboquen a la solución de un problema específico. Ciertamente son pocos los países en el mundo que se pueden dar ese lujo, pero aquí la situación se hace mucho más difícil por la dificultad de poder interaccionar, en forma cotidiana, con los colegas nacionales. Los contactos más fructíferos son, en cierta forma, con colegas de países desarrollados, con todo lo que ello significa desde el punto de vista de la integración de una ciencia nacional.

La ciencia que hacemos debe contemplar estas limitaciones. En este sentido pienso que, si bien en principio no hay áreas de la investigación en neurociencias que no deban estar representadas en nuestro país, es necesario concentrar esfuerzos, por un lado en aquellas áreas o problemas en los que ya hay una tradición. Ello permitiría consolidar los grupos existentes, tanto en la ciudad de México como en los estados de la República. Sin embargo hay que estar muy conscientes de que la investigación en las neurociencias está evolucionando rápidamente y que se hace cada vez más multidisciplinaria, por lo que es importante generar las posibilidades para que esta interacción multidisciplinaria ocurra realmente, más allá de nuestras buenas intenciones. Esto puede hacerse de muchas maneras y no es mi propósito discutirlas en este momento. Lo que sí debe quedar claro es que para ello es necesario adecuar muchos de nuestros conceptos acerca de cómo hacemos ciencia y cómo la financiamos.

Considerando lo limitado de los recursos que se asignan en la actualidad a la investigación científica, me parece que sería poco afortunado generar proyectos que requieran de equipo extremadamente costoso, como



podría serlo la tomografía por emisión de positrones, aunque no descartaría este tipo de inversiones, ya que de otra forma nos estaríamos quedando cada vez más y más rezagados. Pienso que aun con el equipo convencional se puede hacer mucho, y en ese sentido diría que lo importante es encontrar aquellas áreas de investigación que no son extremadamente competitivas, en las que todavía es posible realizar contribuciones significativas. Lo que sí creo que debe quedar claro es que, el tener recursos limitados para hacer investigación no implica, de manera alguna, que ésta sea de baja calidad. Pienso que es mejor tener poca ciencia de excelencia a mucha ciencia mediocre.

Otro aspecto de la investigación científica es la preparación de personal altamente calificado. Si partimos de la hipótesis de que al menos parte de estos profesionistas tendrán otras actividades aparte de la propia investigación básica, entonces se vuelve importante brindar a los estudiantes la posibilidad de tener una preparación más sólida, lo que a su vez implica cubrir muchas más áreas de las que se cultivan actualmente en los laboratorios de investigación, por lo que no es posible desentenderse de una política racional y sistemática para preparar investigadores en áreas emergentes o poco desarrolladas.

Finalmente, tenemos el problema de centro *versus* provincia. Se habla mucho de la descentralización y ciertamente hay intentos en esa dirección. Si es difícil hacer investigación en las instituciones capitalinas, hacerla en provincia es bastante más complicado por factores conocidos por todos ustedes. Allí ha faltado decisión y apoyo sistemático, aunque existen ejemplos de que sí se pueden hacer las cosas.

–Una última pregunta, Dr. Rudomín, ¿cuál es la situación de la ciencia mexicana en el contexto internacional? ¿Qué perspectivas le ve usted a corto o mediano plazo? No digo a largo porque eso es muy difícil, con los vaivenes políticos, pero sí en un periodo corto, unos diez años. Esto retomando lo que usted ha dicho hace algunos días acerca del repunte de la ciencia española. ¿Hay alguna perspectiva para México o algún país de Latinoamérica de repuntar, o tenemos que pasar a través del proceso de hacernos países democráticos y luego transformarnos en lo económico para que podamos desarrollar una comunidad científica de dimensión y productividad significativas?

–Si yo no tuviera un cierto grado de optimismo, de compromiso, de idealismo, no estaría aquí. Siento que el derecho de hacer ciencia, la necesidad de hacer ciencia, es consecuencia de la estructura de nuestro propio sistema nervioso. Tenemos una máquina o un órgano, para no decir máquina, cuya función es pensar y cuestionar; eso es parte de nuestra manera de ser. El problema es la ciencia institucionalizada. Si hablamos de eso, entonces tenemos que decir que obviamente ha habido bajas y altas. Siento que todavía no existe la convicción política en los altos niveles de considerar a la ciencia como una prioridad nacional, y eso lo he dicho y lo sigo diciendo en todos mis artículos y escritos. ¿Qué significa eso? Sencillamente que la ciencia es tan esencial para la sociedad como puede serlo el desarrollo económico, la educación, etcétera. Eso no quiere decir que nuestros gobernantes no se percaten de ello. Creo que ellos, al menos los que conozco, son gente muy inteligente, pero es cuestión de prioridades sociales. Cuando cambia el horizonte y uno ve dentro del contexto nacional, obviamente existen problemas urgentes. En una ocasión, en el Consejo Consultivo le hablamos al Presidente sobre la necesidad de aumentar el dinero para el apoyo a la ciencia. Él nos dijo: "Bueno, miren, aquí tengo esta bolsa. Pónganle quince mil millones. Tengo el problema de los maestros de primaria (nos dio cifras), ¿qué opinan ustedes, los científicos?" Qué podemos opinar como mexicanos, como ciudadanos que entendemos las cuestiones en su momento, cuando sabemos que los maestros de primaria están recibiendo unos sueldos miserables. Opiné que había que apoyarlos. Esto quiere decir que mientras más se asciende a niveles de responsabilidad y se participa en ellos, se adquiere conciencia de que las decisiones no son tan sencillas y que no sólo conciernen a la ciencia.

Reacción en cadena de la polimerasa

Alfredo G. Torres Tejeda y Beatriz Eugenia Baca
Centro de Investigaciones Microbiológicas
Instituto de Ciencias
Universidad Autónoma de Puebla

La reacción en cadena de la polimerasa (RCP) fue desarrollada por Kary Mullis en los años ochenta. Al igual que la técnica de secuenciación del ácido desoxirribonucleico (DNA), la RCP ha revolucionado la genética molecular, haciendo posible el estudio y análisis de una amplia gama de genes, que incluso pueden obtenerse a partir de un genoma complejo, como es el de los mamíferos donde pueden existir alrededor de cien mil genes.

Muchas de las técnicas en genética molecular son muy costosas y laboriosas. La mayoría de ellas tiene que ver con la clonación y los métodos que están diseñados para detectar secuencias específicas de DNA. En cambio, la técnica de RCP permite producir un enorme número de copias de una secuencia de DNA específica (amplificarla), sin recurrir a la clonación (véase figura 1).

La reacción en cadena de la polimerasa

El método se basa en las características de la estructura química del DNA y su replicación semiconservativa. Es decir, de acuerdo con el modelo de Watson y Crick, el DNA es un polímero formado por dos cadenas complementarias (cadenas antiparalelas), constituido por unidades de desoxirribonucleótidos de cuatro bases nitrogenadas adenina, guanina, citocina y timina unidas al azúcar desoxirribosa. La parte que no varía en la molécula del DNA consiste en desoxirribosas unidas por grupos fosfato. Específicamente el hidroxilo 3' del azúcar de un desoxirribonucleótido se une al hidroxilo 5' del siguiente azúcar a través del puente fosfodiester (véase figura 2). Para duplicarse, el DNA se separa en sus dos cadenas complementarias; así, cada una de ellas sirve de molde o plantilla. Al final del proceso se obtendrán dos moléculas de DNA, cada una de ellas formada por una cadena original y una cadena complementaria que ha sido sintetizada "*de novo*." La enzima que realiza este proceso se denomina DNA polimerasa. Esta enzima añade los nucleótidos en el hidroxilo 3' terminal de la cadena de DNA paterna. En otras palabras, se requiere una cadena con un grupo 3' OH disponible, el cual es el iniciador, para formar el enlace covalente fosfodiester 3'-5'. La reacción de alargamiento, catalizada por la DNA polimerasa, consiste en un ataque nucleofílico del átomo de fósforo del desoxirribonucleótido (dNTP) al 3' OH del iniciador, para formar la unión covalente fosfodiester (véase figura 2).

El aspecto más importante de la doble hélice de DNA es la especificidad de apareamiento de las bases del modelo de Watson y Crick, quienes dedujeron que la adenina debe aparearse con la timina, y la guanina con la citocina, debido a las uniones hidrógeno que se establecen entre las bases y a la restricción estérica que se produce.

Las dos cadenas de DNA se separan fácilmente cuando las uniones hidrógeno de las bases se rompen. Esto se realiza cuando una solución de DNA es calentada entre 77 y 100°C. Las bases complementarias se reasocian espontáneamente para formar la doble hélice cuando la temperatura desciende. Este proceso de renaturalización se denomina alineamiento. La facilidad con la cual la doble hélice puede separarse y reasociarse es crucial para las funciones biológicas del DNA.

El método RCP emplea ciclos repetidos

de síntesis *in vitro* del DNA dirigida por un oligonucleótido iniciador. Las secuencias de los oligonucleótidos iniciadores se determinan en base a una parte conocida de la secuencia del DNA molde, ya que deben ser complementarias a cada una de las cadenas del DNA, dejando libres los lados opuestos para poder ser amplificados. Dichos oligonucleótidos sirven como iniciadores para la síntesis *in vitro* del DNA, la cual es catalizada por la enzima DNA polimerasa, y ellos también determinan los extremos del fragmento del DNA final que se obtiene. El principio de la técnica de RCP está ilustrado en las figuras 3 y 4.

La distancia entre los oligonucleótidos iniciadores es determinada empíricamente y depende de muchos factores. La longitud entre los oligonucleótidos iniciadores para ensayos de diagnóstico puede ser entre 50 y 1,500 bases de nucleótidos.

Básicamente, cada ciclo de RPC consiste de tres etapas (figuras 3 y 4).

I) En la primera etapa, el DNA molde es incubado a alta temperatura (92-98°C, de 30-90 segundos), para separar las cadenas complementarias, desnaturalización del DNA y así hacerlas accesibles al apareamiento con el iniciador específico.

II) La etapa de alineamiento, en la cual la mezcla de reacción es enfriada para permitir que los oligonucleótidos iniciadores se alineen o hibriden las secuencias complementarias del DNA blanco.

III) La reacción de extensión, generalmente llevada a cabo a una temperatura intermedia, en la cual la DNA polimerasa copia el DNA entre las secuencias correspondientes a los oligonucleótidos iniciadores.

Estas tres etapas de la reacción constituyen un ciclo térmico. Un protocolo típico de la RPC incluye de 30 a 50 ciclos. Cuando cada ciclo térmico se completa, los fragmentos recientemente sintetizados sirven como DNA blanco, y en unos pocos ciclos más, el producto predominante será una única clase de fragmento de DNA cuya longitud corresponde a la distancia entre los oligonucleótidos iniciadores. Así, la repetición del ciclo origina una acumulación geométrica de las secuencias amplificadas.

Los componentes de la reacción

1) La DNA polimerasa. Inicialmente se empleó la DNA polimerasa de *Escherichia coli*, como enzima polimerizadora, pero debido a su inestabilidad térmica era necesario agregarla en cada ciclo, haciendo muy costosa la prueba. Tomando en cuenta la serie de problemas técnicos que se presentaban al usar enzimas que perdían su actividad por las altas temperaturas, se purificó una enzima termoestable a partir de bacterias *Thermus aquaticus*, que actualmente se conoce como Taq DNA polimerasa. Esta enzima tiene un peso molecular cercano a los 93,910 Da y su temperatura óptima, en que se observa su actividad máxima, es entre 75 y 80°C; su tasa de incorporación de nucleótidos, Kcat, es de unos 150 nucleótidos/seg./enzima.

2) El DNA molde. La concentración de

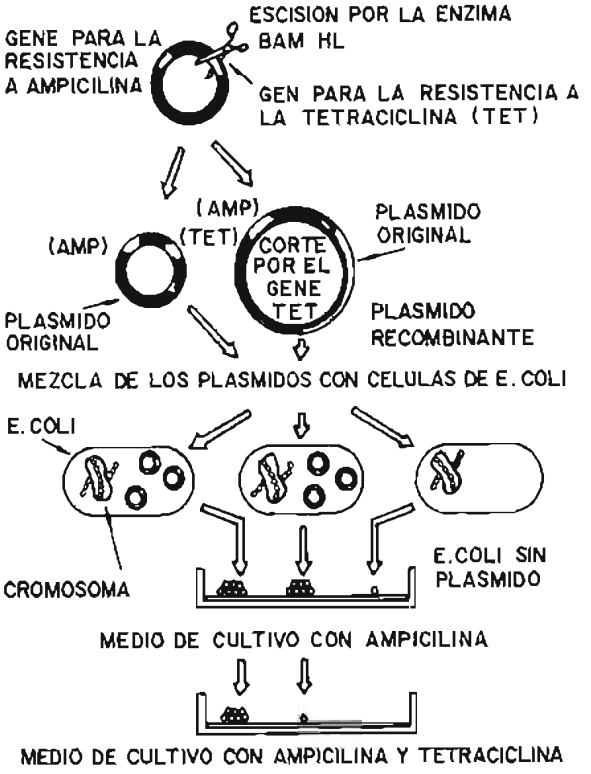


Figura 1. Clonación del DNA. Las etapas en la clonación de genes implican: el corte del DNA que se va a clonar con enzimas de restricción (endonucleasas), la incorporación del genoma en un vector (plásmido), el cual fue cortado con la misma enzima de restricción. La mezcla se liga dando lugar al plásmido recombinante. Los plásmidos son introducidos a una bacteria: usualmente *Escherichia coli*. Una manera sencilla de detectarlos posteriormente en el laboratorio, es haciendo crecer las bacterias en un medio de cultivo con un antibiótico, que permite la selección de las bacterias portando plásmidos recombinantes.

DNA molde en la reacción depende de la fuente utilizada, e idealmente se requieren aproximadamente de 300 nanogramos a 1 microgramo de DNA genómico. En el caso de usarse genes clonados en plásmidos, de 25 a 100 nanogramos de su DNA son más que suficientes.

3) Los oligonucleótidos sintéticos iniciadores. Se deben seleccionar dos oligonucleótidos, que hibriden con regiones del DNA molde y que estén localizados en los extremos de la región de interés. La longitud de los oligonucleótidos es de 15 a 30 nucleótidos y su secuencia debe presentar la mayor similitud posible con la secuencia del DNA blanco, ya que de ello depende el éxito y la especificidad de la amplificación. Se recomienda que la complementariedad entre el oligonucleótido y la secuencia molde sea cercana al 100%, en las últimas 5 a 6 bases del extremo 3' del oligonucleótido, para asegurar la amplificación. Se debe evitar la complementariedad entre los dos oligonucleótidos, para que no se formen dímeros o concatenámeros, además de evitar oligonucleótidos que favorezcan la formación de estructuras secundarias que interfieren con el alineamiento correcto. Idealmente, en cada 100 µl de reacción, la concentración aceptable de cada oligonucleótido oscila entre 0.05 y 1.0 µM.

4) Los desoxirribonucleótidos de trifosfato, dNTPs. Las concentraciones mínimas de dNTPs disminuyen el índice de incorporación errónea de los nucleótidos, mientras que concentraciones muy altas disminuyen la especificidad de la reacción, por lo que la concentración debe optimizarse.

Concentraciones entre 20 y 200 µM proporcionan resultados óptimos, debiéndose igualar la concentración de cada uno de los cuatro dNTPs en concentraciones equimolares.

Contaminación de las reacciones de RCP

Debido a que el RCP puede generar trillones de copias del DNA de la secuencia molde, la contaminación de las reacciones de amplificación con productos de una reacción previa, ya sea con DNA exógeno o con otro material celular, puede crear problemas tanto en la investigación como en la aplicación diagnóstica.

En general, la atención debe ser muy cuidadosa en el procedimiento del laboratorio; tan es así, que la zona de preparación de la reacción debe estar separada del área de análisis del producto de la reacción y, de esta forma, se minimiza el riesgo de contaminación. Además, se debe tener a la mano un sinnúmero de controles negativos para monitorear y revelar los contaminantes. Se debe prevenir la formación de aerosoles e incluir también un testigo positivo, particularmente en el caso de reacciones con fines diagnósticos.

Análisis del producto de una RCP

Después de la amplificación, al finalizar la reacción, el DNA de interés puede ser colocado en un gel de agarosa (menos de la décima parte del volumen obtenido), realizar el corrimiento electroforético, teñirlo y observar en luz ultravioleta el producto de la RCP.

El análisis fino y la caracterización se realizan empleando metodologías adecuadas para cada caso en particular, como es el análisis electroforético en geles de poliacrilamida, digestiones con enzimas de restricción, hibridación con detectores específicos (genes clonados) o secuenciación nucleotídica, por mencionar sólo algunas.

Aplicaciones de la RCP

• Clonación. En el campo de la biología molecular, el RCP se utiliza para la clonación molecular de genes y su secuenciación nucleotídica. El RCP favorece la clonación si se incorporan regiones de restricción (sitios específicos donde las enzimas endonucleasas de restricción, cortan específicamente el DNA), en los extremos 5', cuando se sintetizan los oligonucleótidos, de tal manera que es posible clonar los fragmentos que se amplifiquen al aprovechar estos sitios de restricción del vector (véase figura 1).

• Análisis y cuantificación de la expresión genética, basado en el estudio de la

cantidad de RNA mensajero (RNAm). En estos casos se requiere de la síntesis de un DNA copia (DNAc), a partir del RNA muestra, por medio de la enzima transcriptasa reversa (enzima replicasa viral que sintetiza DNA a partir del RNAm). Este DNAc se utiliza como molde para amplificar las secuencias de interés al utilizar los oligonucleótidos adecuados.

• Diagnóstico clínico. En este campo, la RCP se usa en la genética médica para el diagnóstico de enfermedades hereditarias y de algunas cromosomopatías comunes; en el campo de la inmunología se emplea para determinar asociaciones entre el complejo mayor de histocompatibilidad y la predisposición genética para el desarrollo de enfermedades autoinmunes; en el campo de la oncología, para probar mutaciones activadoras de oncogenes o supresoras de antioncogenes, para detectar arreglos cromosómicos presentes en procesos neoplásicos y para la detección de virus y de las secuencias oncogénicas.

Entre las enfermedades genéticas en las que la técnica de RCP se ha empleado con éxito, y como apoyo al diagnóstico, debemos mencionar: la fenilcetonuria, debida a mutaciones autosómicas recesivas del gen de la fenilalanina hidrolasa; la fibrosis quística que se presenta como resultado de mutaciones que afectan la función de un canal de cloro; y la distrofia muscular, que resulta de mutaciones en el gen de la distrofina, que se hereda como un rasgo ligado al cromosoma X.

En la microbiología, la RCP se ha utilizado en el diagnóstico rápido y preciso de infecciones producidas por bacterias, hongos y virus, particularmente de aquellos microorganismos difíciles de detectar por análisis microbiológico directo y cultivo. Por ejemplo, en el caso del género *Mycobacteria*, que consiste en un grupo de bacilos ácido-resistentes, los cuales incluyen a patógenos humanos y animales, existen tres especies conocidas como patógenas humanas: *Mycobacterium tuberculosis*, *M bovis*, y *M. leprae*. Sin embargo, en las últimas décadas se describieron un número importante de otras especies patógenas oportunistas (*M. avium*, *M. intracellulare*, *M. kansaii* y *M. simiae*), las cuales pueden causar enfermedad severa cuando las defensas celulares normales están deprimidas temporalmente. El ejemplo más sorprendente es, probablemente, la prevalencia de la infección diseminada por *M. avium* en pacientes con SIDA. El establecimiento del diagnóstico definitivo de infección por micobacterias radica en el aislamiento, cultivo e identificación del microorganismo. Debido a su largo periodo de generación, las técnicas de cultivo requieren de tres-ocho semanas. El diseño y empleo del método de amplificación del DNA ribosomal (DNAr) (secuencias del DNA que codifican para el RNA ribosomal de la subunidad 30S) por la técnica de RCP, proporciona una identificación exacta del microorganismo, por el hecho de que este DNA está muy conservado en las diferentes especies, y es específico del microorganismo a nivel de especie. Así, la identificación puede ser obtenida en sólo dos días.

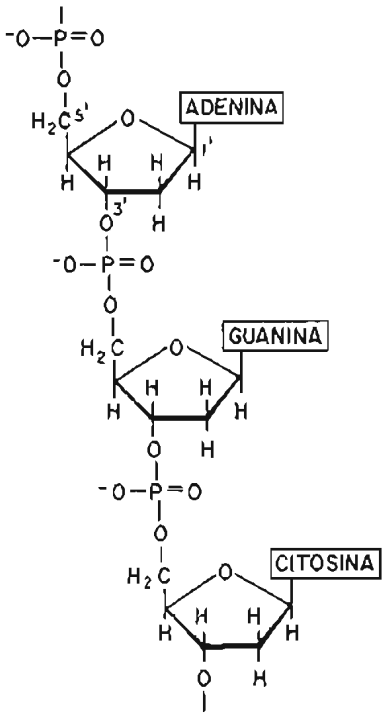


Figura 2. Estructura de la cadena de DNA.

Actualmente se han diseñado marcadores o detectores que permiten la identificación de parásitos como *Plasmodium* sp, responsable del paludismo: *Leishmania* sp, responsable de la enfermedad de Chagas; y *Tripanosoma* sp, responsable de la tripanosomiasis.

También se ha empleado la técnica de RCP para detectar aquellos microorganismos que son resistentes a los antibióticos y, por ende, los genes responsables de esa resistencia. Ello se ha podido realizar en pus y en otros líquidos corporales, sin que sea necesario aislar y caracterizar al microorganismo. Esta práctica puede ser de gran utilidad en el manejo adecuado de antibióticos a nivel hospitalario.

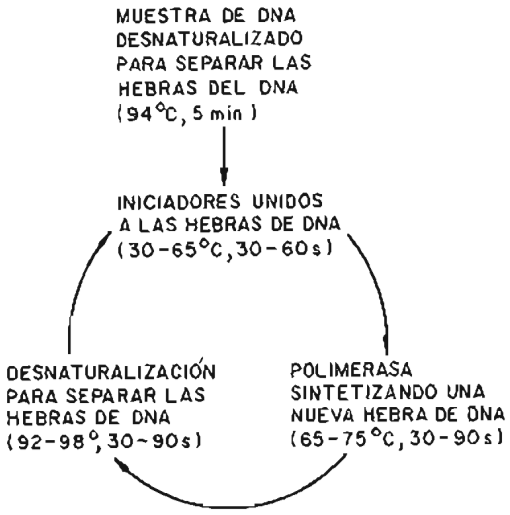


Figura 3. El ciclo de la RCP. La muestra de DNA es calentada para separar las hebras de DNA (desnaturalización inicial), y entonces la mezcla de reacción realiza ciclos repetitivos que incluyen el alineamiento con los iniciadores, síntesis del DNA.

Uno de los campos principales de aplicación de RCP en la detección de agentes patógenos es el desarrollo de métodos rápidos y sensibles para detectar el virus HIV-1, que causa el SIDA. Gracias a que se conoce la secuencia completa del genoma del HIV-1, se utilizan pares de oligonucleótidos para amplificar los fragmentos conservados de las regiones *env* y *gag* de este virus, las cuales codifican para la síntesis de las proteínas que forman las envolturas del virus y que se localizan en los linfocitos humanos. Otro campo de aplicación del RCP es la detección del papiloma-virus del humano, HPV, el cual se asocia con ciertos tipos de cáncer cérvico-uterino.

• La amplificación por RCP también permite la detección de DNA de poco menos de 100 células por 100 gramos de muestra, y es usado en la ingeniería genética de microorganismos y el monitoreo de poblaciones indicadoras y patógenas en suelo, agua y sedimentos. El producto de la RCP puede ser cuantificado, permitiendo la estimación de microorganismos y de ARNm específico en muestras del medio ambiente. Otro uso es la medición de la expresión genética de los microorganismos viables. La RCP es usada para clonar genes, permitiendo la secuenciación de los mismos, aun de aquellos microorganismos ambientales importantes que todavía no han podido ser cultivados.

• Una de las características de la evolución, es la capacidad de cambio en las especies, las que aunque estén cercanas filogenéticamente, pueden tener una variabilidad genética enorme. La RCP contribuye al conocimiento de la variabilidad de grupos de organismos, ya que al diseñar oligonucleótidos adecuados, ésta será evidente en el análisis del resultado de la amplificación. Es posible detectar diferencias tan sólo en una posición y en la secuencia del DNA donde haya ocurrido una sustitución o una deleción de bases.

• En el proceso de evolución, la RCP se ha aplicado a estudios de secuencias conservadas del DNA, acelerando la reconstrucción de árboles filogenéticos y se ha convertido en el instrumento más accesible para el análisis de especies en vías de extinción.

La arqueología también ha encontrado una herramienta poderosa en el análisis genético de las muestras biológicas antiguas como, por ejemplo, las provenientes de momias y fósiles en donde se lograron amplificar algunos fragmentos de secuencias del DNA mitocondrial. En este sentido, ha resultado de mucho interés la amplificación de estos fragmentos del DNA a partir de muestras de tejido del mamut siberiano, cuya preservación fue por congelación.

• Uno de los campos más ampliamente estudiados en los últimos años es el que concierne al proyecto "genoma humano", en el cual se ha recurrido al método de RCP para identificar nuevos genes, sus secuencias y mutaciones. A largo plazo este esfuerzo permitirá entender las bases moleculares de muchas enfermedades.

• Aspectos legales. Una de las áreas que más se ha visto enriquecida con la implementación de la RCP, es la medicina legal, donde actualmente se realiza un análisis más veraz de las pruebas de paternidad y de la identificación de individuos a través de la tipificación de regiones cromosómicas con secuencias de DNA altamente variables o polimórficas. El principio de esta aplicación se basa en la variabilidad genética que existe

entre los individuos, además de la gran sensibilidad del método, ya que por medio de él, se amplifican fragmentos a partir de cantidades pequeñas de DNA que se obtienen de los restos del tejido epitelial, sangre seca, semen o cabello. Comparando los patrones que específicamente se obtienen de cada individuo, se puede determinar a quién pertenece esa muestra de DNA. Debido a que este proceso se ha comercializado, su práctica en criminalística es común en diversos países, entre ellos México.

Aspectos éticos

La habilidad para amplificar un segmento específico de DNA en una simple reacción automatizada ha tenido un gran impacto en muchas áreas, como se ha descrito en los párrafos anteriores. Sin embargo, esta metodología ha permitido un acceso incrementado al análisis del DNA, el cual ha sido definido como la "democratización de la secuencia de DNA" o, en otras palabras, como "la práctica de la biología molecular sin un permiso". Esto hace referencia a lo señalado por Chargaff sobre la biología molecular cuando afirma que ésta es por sí misma "la práctica de la bioquímica sin una licencia", lo que sin lugar a dudas plantea un problema ético legal, al que la humanidad en su conjunto se enfrenta.

En los Estados Unidos de Norteamérica, en la Comunidad Económica Europea y, recientemente, en nuestro país, se ha iniciado un debate sobre el uso de esta metodología, sus aplicaciones y sus consecuencias sobre la integridad biológica del ser humano.

Desgraciadamente este debate parece que se desarrolla a un ritmo muy inferior con respecto al acelerado avance en el desarrollo de los reactivos, instrumentos y protocolos de investigación relacionados con la RCP. Aunque, por otra parte, no podemos soslayar que la técnica está permitiendo, tanto a investigadores como a aquellos dedicados a la clínica, hacer más accesible la información codificada en las secuencias nucleotídicas y aplicar la reacción en cadena de la polimerasa a la solución de una muy amplia gama de problemas.

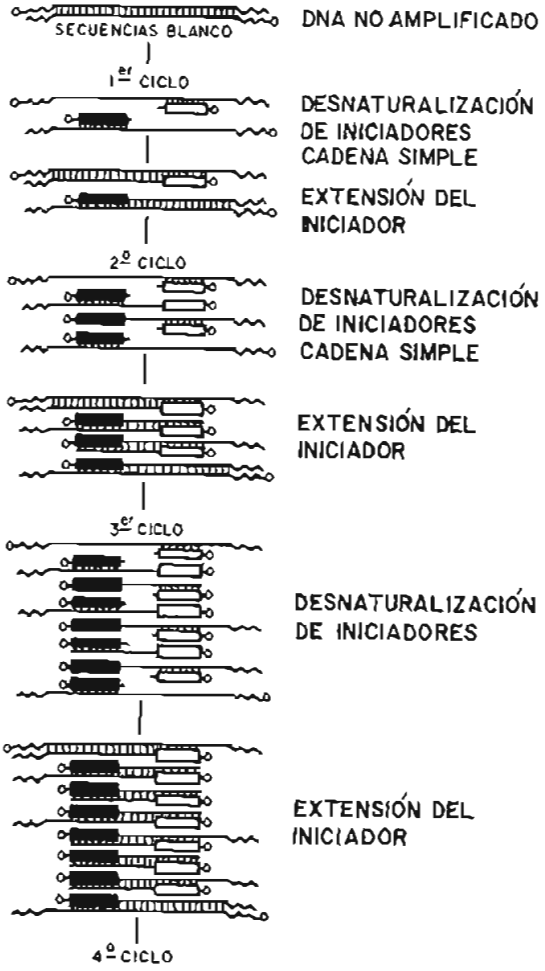


Figura 4. Reacción en cadena de la polimerasa. En la figura se muestran los pasos de la RCP, así como la amplificación resultante de las copias de DNA de la región blanco.

Lecturas recomendadas

Barrera, H.A., Ortíz, R., Rojas, A., y Resendez, D., "Reacción en cadena de la polimerasa. Una nueva época dorada en la biología molecular", *Ciencia y Desarrollo*. 18. (108). 1993. pp. 50-60.

Bloch, W., "A Biochemical Perspective of the Polymerase Chain Reaction", *Biochemistry*. 30. 1991. pp. 2735-2747.

Erlich, H.A., Gelfand, D. y Sninsky, J.J., "Recent Advances in the Polymerase Chain Reaction", *Science*. 252. 1991. pp. 1643-1651.

Erlich, H.A. y Arnheim, N., "Genetic Analysis using the Polymerase Chain Reaction", *Annual Review of Genetics*. 26. 1992. pp. 479-506.

Persing, D.H., Smith, T.F., Tenover, F.C. y White, T.J. "Diagnostic molecular microbiology: Principles and application", ed. *American Society of Microbiology*. Washington, D.C., 1993.

Steffan, R.J. y Atlas, R.M., "Polymerase Chain Reaction: Applications in Environmental Microbiology", *Annual Review of Microbiology*. 45. 1991. pp. 137-161.

$$\Phi_\ell = \Gamma(\ell+\tfrac{1}{2})\, b_\ell$$

new

$$\Phi_{\ell+1} = \;''\;''$$

$$z \to \left(\frac{d}{d\zeta}\right) \qquad \tilde{\Phi}_{\ell-1} = \tilde{b}_\ell$$

$$\frac{d}{dz} \to \zeta$$

$$\ell_n = \alpha\, z^{n+1}\frac{d}{dz} + (1-\alpha)\frac{d}{dz}z^{n+1}$$

$$\tilde{\ell}_n = \alpha\left[\left(\frac{d}{d\zeta}\right)^{n+1}, \zeta\right] + (1-\alpha)\,\zeta\left(\frac{d}{d\zeta}\right)^{n+1}$$

$$+\zeta\frac{1}{\zeta}\left(\frac{d}{d\zeta}\right)$$

$$\tilde{\ell}_n = \alpha\,\zeta^2\left[\left(\frac{d}{d\zeta}\right), \frac{1}{\zeta}\right]\left(\frac{d}{d\zeta}\right)^n + \;\cdots$$

$$= \;\cdots$$

$$\int(d\zeta) = \int \alpha\,\zeta\left(\frac{d}{d\zeta}\right)^{n+1} + \alpha\left(\frac{d}{d\zeta}\right)^n$$

La física de altas energías en el FERMILAB

Arturo Fernández Téllez
Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas
Universidad Autónoma de Puebla

El Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB), localizado en Batavia, Illinois, Estados Unidos, es un centro de investigación dedicado al estudio de la física de altas energías. Esta área de la física tiene como objetivo principal conocer la naturaleza y el comportamiento de los constituyentes básicos de la materia. Las partículas elementales componen todo lo que podemos ver a nuestro alrededor y cualquier objeto que forme parte del universo. Estudiar sus características nos permite plantear preguntas tales como: ¿Por qué el universo tiene su actual estructura? ¿Por qué el micromundo tiene un comportamiento tan especial? ¿Conocemos todas las partículas elementales de la naturaleza? La repuesta a estos y otros cuestionamientos nos acerca a un conocimiento más profundo de la naturaleza. Sin embargo, encontrar estas respuestas no es una tarea fácil; se requiere del esfuerzo de una gran cantidad de científicos especializados en todas las áreas de las ciencias exactas y de una infraestructura adecuada que permita usar al máximo la capacidad de sus investigadores.

El FERMILAB es uno de los pocos lugares en el mundo que tiene la capacidad para llevar a cabo tan ambicioso proyecto; sus instalaciones permiten que trabajen al mismo tiempo alrededor de dos mil quinientos investigadores, provenientes de distintas partes del mundo, especializados en diversas áreas de la física experimental y teórica, cosmología, matemáticas, ciencias de la computación, etcétera. En la actualidad, la principal meta del FERMILAB es la comprobación de las predicciones cruciales del Modelo Estándar de Interacciones Electrodébiles. Este modelo es considerado como el "estado del arte" en la física.

Además de los avances científicos, está el no menos importante desarrollo de la tecnología de frontera, la cual, como se puede ver en el curso de la historia, siempre acompaña a la actividad científica de punta.

Adicionalmente, el FERMILAB es sede de un programa de enseñanza y difusión de la ciencia. Esta labor ha permitido que el FERMILAB interactúe con instituciones educativas de diferentes partes del mundo mediante programas dirigidos principalmente a profesores de educación media superior y a estudiantes de ingeniería y licenciatura en Física y Ciencias Exactas. Las metas a alcanzar en este programa son:

1. Dar a conocer de forma directa los últimos avances científicos y tecnológicos en algunas áreas de las ciencias exactas.

2. Captar la atención de jóvenes estudiantes y motivar su deseo de conocer con profundidad la física de altas energías y, en general, despertar su interés por la ciencia.

La física de altas energías

La noción de que una simplicidad elemental es la base de la diversidad observada en el universo ha llevado a la física a niveles insospechados. Históricamente, la lista de partículas y fuerzas consideradas fundamentales ha cambiado de manera constante; el escrutinio de la materia y sus interacciones nos ha revelado microcosmos dentro de microcosmos: átomos que constituyen moléculas; núcleos y electrones formando los átomos y niveles más profundos de estructura en el núcleo. Sin embargo, la convergencia de resultados obtenidos en años recientes ha dado una nueva coherencia a la física de las partículas elementales. Es factible que antes de que finalice el presente milenio se hagan

CARGA ELÉCTRICA PROTÓN + 1 UNIDAD		M = MASA EN UNIDADES DE ENERGÍA		
QUARKS	$+\frac{2}{3}$	M = 5 MeV u	M = 1500 MeV c	M ≈ 200 GeV t
	$-\frac{1}{3}$	M = 10 MeV d	M = 150 MeV s	M = 5000 MeV b
LEPTONES	0 (NEUTRO)	σ MUY PEQUEÑO M = 0 ν_e	σ MUY PEQUEÑO M = 0 ν_μ	σ MUY PEQUEÑO M = 0 ν_τ
	−1	M = 0.511 MeV e	M = 105 MeV μ	M = 1764 MeV τ
LAS ANTIPARTÍCULAS SE INDICAN POR: $\bar{p}$ ANTIPROTÓN $\bar{e}$				

Tabla 1. Partículas y fuerzas en el Modelo Estándar.

descubrimientos que permitan entender las leyes que rigen la naturaleza elemental de la materia casi en su totalidad.

Aceleradores de muy altas energías han hecho posible hacer chocar partículas con gran violencia, revelando la estructura atómica con bastante detalle. El límite de resolución que se ha alcanzado con estos trabajos es de 10^{-6} cm, cerca de una milésima del radio del protón. En la década de los sesenta los físicos reconocían cientos de partículas fundamentales. Resultados recientes muestran que tal diversidad no es más que una combinación de un número mucho más pequeño de entidades. El estudio de las fuerzas de interacción entre estas entidades ha tenido un desarrollo similar. Una profunda conexión entre dos de estas fuerzas, la electromagnética y la fuerza débil, ha sido establecida, y se ha intentado incorporar las fuerzas fuertes a las teorías de unificación de las cuatro interacciones fundamentales: la gravedad, el electromagnetismo, las interacciones débiles y las fuertes. La gravedad es la fuerza que nos une a la Tierra y que mantiene a los planetas en órbita; la fuerza que mantiene a los átomos juntos es la fuerza electromagnética; la fuerza fuerte reúne protones y neutrones para formar núcleos y la fuerza débil participa en el decaimiento de partículas inestables.

En la actualidad, físicos teóricos y experimentales están estudiando los detalles de una descripción de la materia llamada Modelo Estándar de las Interacciones Fundamentales o, más brevemente, el Modelo Estándar. Éste trata de explicar la dinámica del mundo subnuclear; cómo se comportan las partículas elementales en presencia de los distintos tipos de interacciones que se dan entre ellas. Como su nombre lo indica éste es, hasta hoy, un modelo y no una teoría científica de la naturaleza. Se le llama estándar porque es el modelo que la mayoría de los científicos que estudian la física de las partículas elementales aceptan como válido y toman como principal referencia para comprobar o predecir propiedades de estas entidades. Se considera a los físicos Sheldow Glashow, S. Weinberg (ambos norteamericanos) y Abdul Salam (pakistaní), como los científicos que realizaron las principales aportaciones teóricas que le dieron al Modelo Estándar, a finales de la década de los sesenta, su forma actual. Debido a ese trabajo, Glashow, Weinberg y Salam recibieron, en 1979, el Premio Nobel de Física.

El Modelo Estándar propone que existen cuatro tipos de fuerzas fundamentales: electromagnética, nuclear fuerte, nuclear débil y gravitacional. Las fuerzas fuerte, electromagnética y débil producen las interacciones que se observan a nivel microscópico y se trasmiten a través del intercambio de partículas. Por ejemplo, la fuerza electromagnética es trasmitida por intercambio de fotones (partículas sin masa que viajan a la velocidad de la luz). La fuerza débil es trasmitida por el intercambio de partículas W^+, W^- y Z^0, que tienen una masa cercana a cien veces la masa del protón. La fuerza nuclear fuerte es producida por el intercambio de partículas sin masa llamadas gluones. Finalmente, existe la hipótesis de que la fuerza de gravedad es trasmitida por partículas, aún no descubiertas, llamadas gravitones. Se predice que estas últimas, al igual que los fotones, no tienen masa y viajan a la velocidad de la luz.

En el contexto del Modelo Estándar las partículas elementales se dividen en dos familias: aquéllas que no son afectadas por la fuerza fuerte llamadas leptones y los quarks que sí son afectados por la fuerza fuerte. Los leptones son las partículas más ligeras; el electrón es el mejor conocido de esta familia. Los leptones llamados *muón* y *tau* son

más pesados que el electrón, pero llevan la misma carga negativa. Los tres neutrinos son eléctricamente neutros. Los neutrinos son los objetos más comunes en el universo, aunque experimentalmente son difíciles de observar debido a que la única interacción que tienen con la materia es vía la fuerza débil.

Los quarks, partículas que son afectadas por la fuerza fuerte, llevan una carga eléctrica de 2/3 y -1/3 de la carga del protón. Los más ligeros son el *up* (arriba) y *down* (abajo), seguidos por los quarks *strange* (extraño) y el *charm* (encanto) mientras que los más pesados son el *bottom* (fondo) y finalmente el *top* (cima). Es conveniente mencionar que los nombres de los quarks están relacionados con sus propiedades matemáticas y físicas; una explicación detallada sale de los objetivos de este artículo.

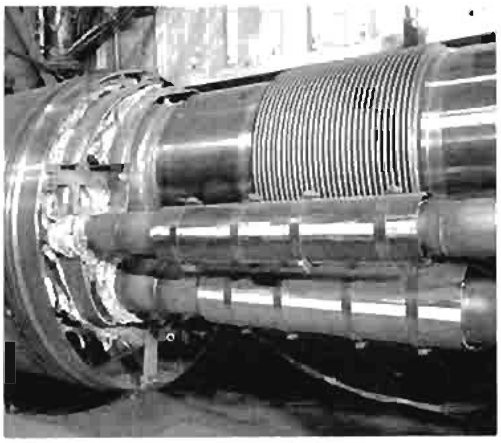
En la tabla 1 se presentan las principales características de las partículas y fuerzas en el contexto del Modelo Estándar.

El estudio de las partículas elementales

Los componentes principales en un experimento de altas energías son el acelerador y los detectores de las partículas. Los aceleradores pueden ser de tipo lineal o circular. Los lineales logran proporcionar energía de movimiento (energía cinética) a las partículas a lo largo de una línea recta. Fueron los primeros que se usaron y produjeron los resultados que inspiraron a los físicos de mediados del presente siglo. Los aceleradores circulares o sincrotrones basan su funcionamiento en el hecho de que cualquier partícula que viaja en forma circular es acelerada por una fuerza llamada fuerza centrípeta. Éstos mueven el haz de partículas mediante un arreglo de imanes que ejerce una fuerza electromagnética sobre el mismo. Mientras más grande es el círculo del sincrotrón, más energía de movimiento logran alcanzar las partículas. Actualmente, el FERMILAB cuenta con un arreglo de aceleradores lineales y circulares comunicados entre sí, de tal manera, que el haz de partículas que se mueve a través de este complejo alcanza la más alta energía que pueda lograr cualquier otro acelerador en el mundo. Una vez que el haz adquiere la energía necesaria, se hace chocar con algún objeto (blanco) o con otro haz que viaja en dirección opuesta. En el primer caso se dice que se realiza una colisión de blanco fijo; en el segundo, se realiza una colisión de haces. Los detectores de partículas se colocan justo en el lugar donde se lleva a cabo el choque.

Cuando se realiza una colisión de haces, las partículas resultantes salen en cualquier dirección. Por esta razón, los detectores son de forma aproximandamente esférica. En el FERMILAB se realizan dos tipos de experimentos que analizan colisiones de haces: el CDF (*Central Detector Facility*) y el denominado D0. Cuando ocurre una colisión de blanco fijo, los detectores tienen una forma similar a la de un cono, ya que las partículas que se producen salen preferencialmente en la dirección del haz. Un ejemplo de este tipo de detectores es el usado en el experimento E791. Como es fácil imaginar, los detectores de partículas deben ser dispositivos muy sofisticados y precisos, pues tienen como función proporcionar información sobre el paso de objetos extremadamente pequeños (del orden de 10^{-13} cm) que se mueven con una alta velocidad (cercana al noventa y cinco por ciento de la velocidad de la luz). El diseño y construcción de los aceleradores y detectores de partículas implica el uso de dispositivos electrónicos y recursos computacionales de la más avanzada tecnología. En muchos casos, los mismos investigadores crean nuevos dispositivos que se han convertido en innovaciones tecnológicas de frontera.

Uno de los principales objetivos de los



experimentos de colisión de haces, que actualmente se realizan, es comprobar la existencia del único de los quarks que no ha sido "visto", el quark *top*. Aunque desde el punto de vista teórico existen argumentos que conducen a que el quark *top* debe existir, no se han generado evidencias claras al respecto. Hay, sin embargo, grandes avances: en abril de 1994, el CDF anunció que había llegado a detectar algunos procesos en los que, sin ninguna duda, el quark *top* tenía participación. Se ha mencionado, inclusive, que el quark *top* tendría una masa de ciento setenta veces la masa que tiene un protón. Es bastante probable que durante este año se anuncie tan ansiado descubrimiento.*

En un experimento de blanco fijo, se extraen partículas del acelerador y se dirigen a áreas donde se hacen colisionar con planos hechos con materiales de alta densidad. Un excelente ejemplo de este tipo de experimentos es el mencionado anteriormente, el E791. Durante el mismo se hacen incidir piones negativos (partículas formadas por un quark u y un antiquark d) a 500 GeV de energía en blancos de diamante y platino, con la finalidad de producir y analizar las propiedades físicas de mesones (partículas formadas por un quark y un antiquark) y bariones (partículas con tres quarks) que contengan en su composición interna un quark de tipo c (*charm* o encanto). Se dice entonces, que en el E791 se hace física de mesones y bariones "encantados". A diferencia de los trabajos de colisión de haces, en los que no se cuenta con una energía suficientemente alta como para producir partículas "muy pesadas", los experimentos de blanco fijo sirven para analizar fenómenos poco frecuentes y difíciles de medir. Estos trabajos producen resultados que se están confrontando con algunas de las predicciones más sutiles del Modelo Estándar, tales como los fenómenos de polarización de bariones encantados. Cabe en este punto mencionar que la Universidad Autónoma de Puebla (UAP), a través de su grupo de Física de Altas Energías de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM-UAP), es una de las dieciséis instituciones académicas que colaboran en el experimento E791. De estos centros de investigación, once son universidades norteamericanas, dos son brasileñas, una es de Israel y dos instituciones son mexicanas.

La contribución del grupo de investigadores de la UAP ha consistido en el análisis de los datos recolectados por el E791. Usando el equipo de cómputo de la FCFM-UAP y mediante estancias de trabajo en el FERMILAB, nuestros investigadores han logrado elaborar una serie de programas de cómputo que permiten medir la masa y la vida media de los bariones Λ_c. Además, el grupo poblano formado por los doctores Eduardo Cantoral U. y Arturo Fernández T. y los estudiantes de maestría Eleazar Cuautle y Germán Muñoz, junto con físicos de la Universidad de Mississippi, E.U., están analizando algunos decaimientos del barión Λ_c para medir la polarización de esta partícula "encantada".

Recursos computacionales del FERMILAB

La física de altas energías depende en gran medida de los avances tecnológicos en el área de la computación. En otras palabras,

* El día 2 de marzo de 1995, científicos del FERMILAB anunciaron el descubrimiento del quark *top*.

la cantidad de física que se puede hacer depende directamente de la cantidad de datos que puedan ser procesados.

El desarrollo de la física de altas energías siempre ha ido acompañado de los últimos avances en la computación. El deseo de captar y analizar el mayor número de eventos en corto tiempo ha hecho que en el FERMILAB se implementen avances tecnológicos de vanguardia en esta área. Por ejemplo, en 1989 se creó el Programa de Cómputo Avanzado que tuvo como finalidad crear los programas y el equipo necesarios para instalar "redes" de computadoras. Una red de computadoras es un conjunto de microprocesadores interconectados mediante una gran computadora que distribuye tareas que son ejecutadas de manera independiente por los demás dispositivos. Este tipo de arquitectura computacional es llamada "computación en paralelo", e incrementa la velocidad de operación y capacidad de almacenamiento de los datos recolectados en un experimento. En la actualidad, existen en el FERMILAB tres redes trabajando ininterrumpidamente desde 1989. El trabajo que realizan es equivalente al que podrían hacer mil cuatrocientas computadoras VAX 11/780.

Además de estos "monstruos", en el FERMILAB existen otros sistemas de cómputo cuyo uso depende de las necesidades de los distintos grupos de trabajo. Por ejemplo, el experimento CDF cuenta con un complejo de computadoras Silicon Graphics conectadas en serie, que analiza los datos generados en el colisionador de haces.

Como cualquier trabajo en física de partículas, el E791 cuenta con dos tipos de sistemas de cómputo: el sistema de adquisición de datos y el sistema de análisis de los datos almacenados. En la recolección de datos se usa un equipo basado en procesadores tipo RISC, que trabaja en paralelo; esto permite leer y digitalizar eventos en décimas de microsegundos. Ese equipo fue desarrollado por el grupo de investigación. Los dispositivos que se usaron para almacenar datos fueron cintas magnéticas de 8 milímetros que son capaces de guardar 2.2 X 109 bites de información. El resultado fue que se pudieron recolectar veinte mil millones de eventos físicos, almacenados en veinticuatro mil cintas magnéticas.

Actualmente, el E791 se encuentra en la etapa de análisis de esta gran cantidad de datos almacenados. Para ello se emplean cuatro redes localizadas en algunas de las instituciones participantes en esta investigación. Cabe aclarar que una de las redes se encuentra operando en Brasil, un país latinoamericano que ya tiene una presencia significativa en esta área de la física. Además de estos equipos, existen "pequeñas" unidades de trabajo que se usan para desarrollar y poner a prueba los programas creados por los miembros del experimento.

El grado de complejidad que han alcanzado los experimentos que se realizan en la física de altas energías es asombroso. La necesidad de trabajar de manera interdisciplinaria en las diferentes áreas de las ciencias exactas se hace patente cuando se revisa la forma en que se realiza la investigación en esta área de la física. Con la ayuda de la alta tecnología y los avanzados sistemas de cómputo que existen en la actualidad, es seguro que en el FERMILAB se descubran algunas de las partículas elementales predichas por el Modelo Estándar y se hagan las contribuciones más importantes en la Física hasta el término del presente siglo.

Agradecimientos

Deseo agradecer a los miembros del Grupo de Física de Altas Energías de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UAP, el apoyo otorgado para mi estancia posdoctoral en el FERMILAB; y al Dr. Jeffrey Appel, Jefe del Departamento de Física del FERMILAB, por su hospitalidad y apoyo. Este artículo fue realizado con el apoyo parcial de CONACYT mediante el proyecto 1178-E9202.

Bibliografía

"FERMILAB Status Report", 1990, 1991 y 1992.

Stoughton, C. y Summers. D.J., "Using multiple RISC CPUs in parallel to study charm quarks", *Computers in Physics*, July-August 1992.

Fernández, A., "Hadroproduction of charm at FERMILAB E791", *E791 Colaboration, Proceedings of the FERMILAB Meeting of the DPF* (10-15 November 1992).

Derek Barton, un genio en la creación química

Jesús Sandoval Ramírez
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma de Puebla

The hard work, the self-discipline, the intellectual effort and the gap jumping are sufficient to attain success in scientific work. Such success does not, however, excuse you from remaining humble. Modesty is also a virtue, as well as respect for your fellow man, whatever his origins or skin color may be.

Derek H.R. Barton

En su autobiografía, de reciente aparición[1], el profesor Barton dice: "ninguno de quienes conocían a mi familia habría predicho que un día iría a Estocolmo a recibir el Premio Nobel". Eso lo dice porque tanto su abuelo como su padre fueron carpinteros y él mismo, a la edad de dieciséis años, luego de la muerte de su padre, tuvo que dedicarse al mismo oficio.

Derek Harold Richard Barton nació el 8 de septiembre de 1918, en la ciudad ribereña del Támesis de Gravesend, Inglaterra, ciudad que para muchos está relacionada con Charles Dickens.

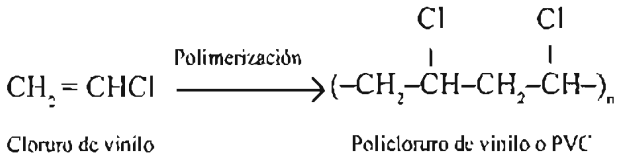
Derek Barton inició su aprendizaje escolar a la edad de once años en una escuela distrital como interno. En dos años de estancia se preparó debidamente en griego y hebreo para iniciarse en el sacerdocio, por decisión de su padre. Hacia los trece años, igualmente por instrucciones de su padre, se cambió a una escuela mayor y más importante, en Tonbridge. Sin embargo, aunque la comida allí era un poco mejor, existía una desagradable costumbre en el nuevo internado: las ventanas de los dormitorios debían permanecer abiertas día y noche, durante todas las estaciones del año, por lo que durante las noches de invierno y ante la carencia de calefacción, el frío hacía estragos en la salud de los internos. Hacia febrero de cada año, Derek Barton contraía bronquitis e influenza y tenía que ser enviado a casa a recuperarse, para luego volver a la escuela una vez finalizado el verano.

Durante sus largas convalecencias, Derek Barton (por *motu proprio*) comenzó a adquirir, con sus ahorros, libros sobre ciencia y filosofía. Su avidez creciente por el conocimiento científico le llevó a la universi-

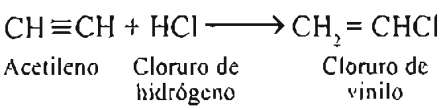
dad, lo que logró en un tiempo récord y con honores: en un año (1937-1938) cursó el bachillerato en el Gillingham Technical College; en dos años (1938-1940) realizó sus estudios de licenciatura (B. Sc.) con Honores de Primera Clase, en el Imperial College, Universidad de Londres, afamado por su prestigio científico y por poseer las mayores cuotas de pago de colegiatura. Empleó solamente dos años para completar sus estudios de doctorado (Ph. D.), también en el Imperial College, bajo la dirección de los Profesores Ian Heilbron y Ewart R. H. Jones. En 1942, a la edad de veinticuatro años, en plena Segunda Guerra Mundial, Derek Barton, antes de terminar su doctorado, pasó a servir a la armada de su país durante dos años en el trabajo de la inteligencia militar en el desarrollo de la química analítica, tintas especiales y otras tareas.

Primera aportación de Barton a la industria

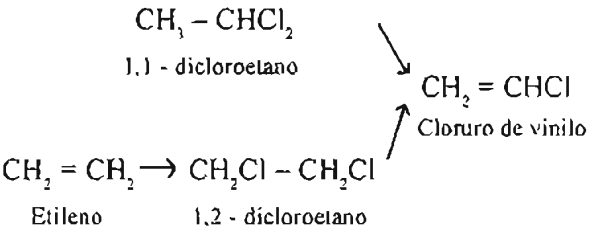
En 1940 Barton obtuvo una beca de la compañía Distillers, involucrándose en los problemas de la síntesis del cloruro de vinilo, materia prima muy importante en aquella y aún en esta época. En la actualidad son innumerables los artículos fabricados con el policloruro de vinilo, el cual ha desplazado al cemento, al vidrio, al fierro y a otros materiales. El policloruro de vinilo, mejor conocido como PVC (del inglés *polyvinyl chloride*) actualmente se fabrica a partir del cloruro de vinilo a través de un proceso de polimerización.



Hacia 1940, el cloruro de vinilo se fabricaba a partir de acetileno, el cual se condensaba con cloruro de hidrógeno:



En la actualidad, el proceso de síntesis del cloruro de vinilo se lleva a cabo, casi universalmente, utilizando el método desarrollado por Barton, que consiste en dehidroclorar al 1,1-dicloroetano o al 1,2-dicloroetano, este último fabricado a partir del etileno, producto que se produce en grandes cantidades como derivado del petróleo:



La dehidrocloración del 1,2-dicloroetano en teoría es muy simple, pero en la práctica resulta compleja. Después de un amplio estudio de la química y la cinética de las reacciones, Barton elaboró mecanismos de reacción para explicar el comportamiento de diversos halogenuros de alquilo[2] bajo condiciones diversas y la obtención de cloruro de vinilo pudo ser controlada adecuadamente obteniendo un rendimiento significativo. El proceso fue patentado por la compañía Distillers quien posteriormente la vendió a la Dow Chemical Corporation. Lo invertido en la beca del estudiante Barton fue recuperado con creces con una investigación que duró tan sólo algunos meses.

Una vez finalizado su doctorado Derek Barton trabajó, durante un año, para la industria Albright and Wilson Ltd. en la síntesis de compuestos organofosforados. Durante esta corta estancia en la industria, lo que mejor aprovechó fueron sus largas estadías en la bien surtida biblioteca. Barton consideró que su estancia en la industria no era muy desafiante para el intelecto así que decidió ingresar al cuadro de investigadores de las universidades, que es donde mejor podía desarrollar sus propias líneas de investigación. Llegó a tener una oferta para trabajar en la industria textil, pero prefirió la universidad. Con posterioridad, Barton continuó en estrecha relación con la industria resolviendo problemas concretos y obtuvo a cambio becas

para sus estudiantes o materiales para sus laboratorios.

Si un investigador todavía no es reconocido, se desconfía de sus trabajos

El primer artículo de Barton se publicó en 1943 en el *Biochemical Journal*[3], aunque estuvo a punto de no aparecer pues el editor lo consideró, en un principio, poco serio; sin embargo, ahora se lo reconoce como uno de los primeros trabajos sobre feromonas. Este artículo relata la identificación de compuestos orgánicos que son excretados bajo ciertas condiciones por escarabajos (*Tribolium castaneum*) que contaminan la harina de trigo. Derek Barton ayudó, en sus ratos libres, a Peter Alexander, estudiante él mismo pero en el área de fisicoquímica, a dilucidar las estructuras de las sustancias que contaminaban al producto básico de la alimentación europea y que le producían una coloración rosada. La especie *Tribolium* excreta quinonas que reaccionan con el gluten de la harina coloreándola de rosa. En términos químicos se traduce como la reacción entre un grupo amino de la harina con una quinona. El profesor Barton gusta de relatar esta anécdota agregando al final: "¡Dedica tu tiempo libre a la química, es más provechoso!"

Hacia la cumbre durante su trabajo en las universidades e institutos de investigación

Durante la Segunda Guerra Mundial y en el periodo de posguerra no se detuvo el trabajo de investigación en las universidades inglesas, aunque obviamente fue muy difícil.

Al retirarse de la industria, Barton recibió una oferta de trabajo en el Imperial College con la mitad del salario que recibía de Albright and Wilson y la aceptó con gusto, aunque su tarea consistía en enseñar química inorgánica práctica a ingenieros mecánicos. Rápidamente (al mes), pasó a ocupar la titularidad de profesor en química inorgánica para toda clase de ingenieros. Un año después se le promovió para enseñar cinética química a "verdaderos" químicos. En 1949-1950 Derek Barton fue invitado por la

Universidad de Harvard, como profesor visitante. Ahí impartió la cátedra de Química de los Productos Naturales y estableció una gran amistad con Louis Fieser quien trabajaba sobre la química de los esteroides. Durante las décadas de los cuarenta y de los cincuenta un gran número de químicos en todo el mundo trabajó sobre modificaciones de estructuras esteroidales pues, en México, Russell Marker[4] había desarrollado un proceso para producir una fuente muy barata de materia prima esteroidal con la cual se efectuaron numerosas síntesis parciales de esteroides biológicamente activos.

Durante un seminario, Louis Fieser presentó un cierto número de casos de hidrólisis de sustratos esteroidales que presentaban una cierta disparidad en los resultados. Barton encontró que los resultados eran lógicos si en lugar de expresar las moléculas en forma plana, éstas eran consideradas en su forma tridimensional y tomando en cuenta las conformaciones más estables energéticamente, así como la rigidez del esqueleto polianular esteroidal y sus impedimentos estéricos. De este seminario surgió un artículo que fue publicado en 1950 en la revista suiza *Experientia*[5], intitulado "The Conformation of the Steroid Nucleus", que sentó las bases del concepto ahora sumamente importante de análisis conformacional de las moléculas.

Esta nueva manera de pensar sobre las moléculas cambió dramáticamente la comprensión de la química orgánica y la explicación de muchos de los resultados experimentales no sólo en el campo de los esteroides sino también en el de los terpenos, alcaloides, carbohidratos, etcétera. El artículo publicado en *Experientia* en 1950, constitu-

yó la base para que en 1969 se le otorgara a Derek H. R. Barton el Premio Nobel de Química, conjuntamente con Odd Hassel, ambos "por desarrollar y aplicar los principios de la conformación en química". Odd Hassel había iniciado hacia 1930 estudios acerca de la estructura del ciclohexano, introduciendo para su análisis la técnica de cristalografía por rayos X de muestras sólidas y, posteriormente, la difracción de electrones sobre muestras gaseosas.[6]

Louis Fieser de inmediato comprendió la importancia del nuevo concepto de Análisis Conformacional así que reorientó el contenido de su libro *Natural Products Related to Phenanthrene*, que era uno de los "clásicos" en el campo de la Química de los Productos Naturales desde 1939, y en 1959 apareció la tercera edición, totalmente diferente bajo el influjo de Barton, con el título de "*Steroids*".[7] En 1951 el profesor Arthur J. Birch consideró que el "Análisis conformacional para el estudio de la estabilidad y la reactividad de sistemas cíclicos, parcial o completamente saturados, promete tener el mismo grado de importancia que el uso del concepto de resonancia en los sistemas aromáticos".[8]

Cabe decir que, además de O. Hassel, otros químicos habían propuesto la existencia de las conformaciones silla y bote para la estructura del ciclohexano, pero sus implicaciones no fueron reconocidas sino hasta la publicación del artículo de Barton en *Experientia* en 1950.

A principios de 1950 Barton ocupó un puesto en el Birkbeck College, el único *college* nocturno de las universidades londinenses, con cursos de 18 a 21 hs. Esto le permitía dedicarse el resto del día a las labores de investigación. Aquí fue responsable de la enseñanza de la química orgánica e introdujo modalidades para su mejor aprovechamiento. Por cierto, su ritmo de trabajo actual es realmente de una total veneración a la química orgánica y no ha cambiado desde sus años mozos. Hace poco pudimos constatar su enorme fortaleza y vitalidad a sus setenta y seis años: su labor diaria se inicia hacia las 3-4 de la mañana y finaliza hacia las 11-12 de la noche con una estancia mínima en la universidad de 7 de la mañana a 6 de la tarde. Sin embargo, su trabajo académico continúa durante su estancia en casa: todas las tardes lleva consigo la numerosa correspondencia diaria recibida para contestarla y remitirla al día siguiente.

En 1955 fue contratado por la Universidad de Glasgow como *Regius Professor* donde trabajó sobre la elucidación y síntesis de estructuras terpénicas.

En 1957 el profesor Derek Barton regresó nuevamente al Imperial College, donde permaneció durante veinte años; después, en 1978 fue nombrado director del *Institut de Chimie des Substances Naturelles*, en Francia y más tarde, en 1986, fue contratado por la Universidad de Texas A & M, en Estados Unidos como Profesor Distinguido.

La producción científica del profesor Barton puede resumirse así: muy pronto aparecerá el artículo número mil. El artículo aparecido en *Experientia* en 1950 era apenas el número trescientos y todos son igualmente interesantes; en ellos se hace un gran aporte al conocimiento humano. El profesor Barton tiene particular interés en la invención de nuevas reacciones químicas, en nuevas metodologías de síntesis, en la creación de nuevos reactivos, temas que serán abordados posteriormente.

Bibliografía

[1] Barton, D.H.R., "Some Recollections of Gap Jumping", *Profiles, and Dreams Series*, J.I. Seeman, Ed. American Chemical Society, Washington, D.C., 1991.

[2] Barton, D.H.R. y Parekh, S.I., *Half a Century of Free Radical Chemistry*, Cambridge University Press, 1993.

[3] Alexander, P. y Barton, D.H.R., "The excretion of ethylquinone by the fluor beetle", *Biochemical Journal*, 1943, Vol. 37, p.463-465.

[4] Marker, R., "Sterols. LXXXVIII. Pregnandiols from sarsasapogenin", *Journal of the American Chemical Society*, 1940, Vol. 62, p.518-520.

[5] Barton, D.H.R., "*The Conformation of the Steroid Nucleus*", *Experientia*, Vol. 6, p.316, 1950.

[6] "Derek Harold Richard Barton, 1969 Nobel Laureate", en *Nobel Laureates in Chemistry*, James, L.K., Ed. American Chemical Society, 1993.

[7] Fieser, L.F. y Fieser, M., *Steroids*, Reinhold, N.Y., 1959.

[8] Birch, A.J., "Homocyclic compounds", *Annual Reports on Progress in Chemistry*, Vol.48, p.184-210, 1951.

El retraso mental familiar más común: síndrome X-frágil

Estela Morales Peralta
Centro Nacional de Genética Médica de Cuba

El retraso mental es un grave problema social pues la incapacidad individual que lo caracteriza limita no sólo la vida del afectado, sino también la de su familia. El problema se agrava porque no se trata de un hecho excepcional, ya que el tres por ciento de la población presenta una capacidad intelectual subnormal.[1] La situación es aún más compleja y lastimosa cuando hay varios retrasados mentales en una misma familia.

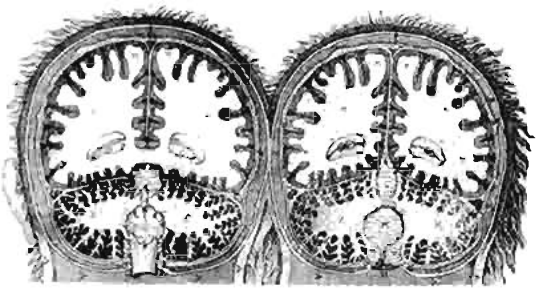
El síndrome X-frágil es la forma más común de retraso mental hereditario, y la segunda causa con una etiología genética, después del síndrome de Down: se estima que afecta a uno de cada mil varones y a una entre dos mil mujeres.[2]

Esta forma de retraso mental familiar fue descrita por primera vez en 1943. Sus manifestaciones clínicas definen en conjunto el llamado "fenotipo Martin-Bell" que, en general, es muy variable y de mayor severidad en los varones. Su signo más constante es el retraso mental, con un cociente de inteligencia que oscila entre treinta y sesenta; el resto de las manifestaciones clínicas pueden o no estar presentes e incluyen: circunferencia cefálica aumentada, cara larga y estrecha, frente y mandíbula prominentes, gran desarrollo del arco superciliar, paladar alto y arqueado, pabellones auriculares grandes y salientes, *pectus excavatum* o *carinatum*, manos grandes, pie ancho y plano, macrorquidismo en los varones postpuberales, alteraciones del tejido conectivo y de la conducta, encontrándose en ocasiones manifestaciones autísticas.[3]

El término X-frágil, con que se designa a esta enfermedad, se refiere al marcador citogenético Xq27.3, consistente en una fragilidad, que se observa como una discontinuidad no teñida, *gap* o ruptura, situada cerca del extremo del brazo largo (q) del cromosoma X, en la región 2 subregión 7.3. En 1977, Sutherland demostró que este sitio frágil solamente se observa en una porción de las metafases que puede oscilar entre el dos y el sesenta por ciento, obtenidas luego del cultivo celular en un medio deficiente en ácido fólico.[4]

A pesar de que el gen denominado FMR-1, que determina el síndrome X- frágil, está situado en el cromosoma X, su modo de herencia ligado al X es inusual pues:

1) Existen varones portadores, también llamados trasmisores; de ellos obtienen el gen todas sus hijas, que son asintomáticas, siendo sus nietos (por vía de ellas) los que pueden, o no, estar afectados. Por ello, en esta enfermedad existen mujeres y varones portadores, a diferencia de la forma tradicional de herencia ligada al cromosoma X, donde esta condición es exclusiva de las mujeres; pero entre los portadores, sólo las mujeres tienen descendencia afectada, así el gen ad-



quiere un "sello" distintivo cuando proviene de la madre, denominado impronta genómica (véase figura 1).

2) La probabilidad de concebir enfermos se relaciona con la posición que se ocupe en el árbol genealógico, incrementándose la proporción de miembros con retraso mental en generaciones sucesivas (véase figura 1).

3) A este modo de herencia tan peculiar se le conoce como paradoja de Sherman[5] y constituyó un enigma durante años.

En 1991 se describieron las características moleculares de la mutación que causa esta enfermedad y, con ello, se comprendió su curiosa forma de trasmisión.[6] El Alelo normal tiene, en la región codificadora situada hacia el extremo cinco del DNA, una secuencia de tripletes CGG (citrocina-guanina-guanina) repetidos como máximo unas cincuenta veces. Los portadores presentan una inserción, alcanzando entre cincuenta y doscientos tripletes CGG (premutación). En los afectados la mutación es completa, producto de la amplificación del fragmento inestable por encima de las doscientas repeticiones (véase figura 2). El CpG *island* adyancente al gen FMR-1 está metilado cuando el número de copias excede las doscientas, por lo cual queda abolida la transcripción del gen, es decir, no aparece el producto génico y se presenta la enfermedad.[7] La amplificación del segmento inestable o premutado puede ocurrir solamente en una ovogénesis; así, la premutación se convierte en mutación, exclusivamente en una meiosis femenina, de ahí que entre los portadores sólo las mujeres pueden tener hijos enfermos; es por ello que se habla de un "sello" conferido al gen por la madre portadora (véase figura 2).

En el diagnóstico del síndrome X-frágil tiene un excelente valor predictivo la historia familiar de retraso mental –con su forma peculiar de trasmisión– acompañada, o no, de la presencia del resto de los signos clínicos que conforman el fenotipo Martin-Bell. Durante muchos años se ha requerido, para el diagnóstico, la demostración citogenética del sitio frágil Xq27.3, sin embargo:

a) Se sabe que existe otro sitio frágil común (Xq27.2) diferente al marcador citogenético de la enfermedad (Xq27.3), situado próximamente a éste y por lo tanto difícil de diferenciar, lo cual puede llevar a falsas interpretaciones.

b) Por otra parte, los estudios citogenéticos no son concluyentes para identificar a todos los portadores, ya que no se observa el marcador citogenético en los varones trasmisores, ni tampoco en más de la mitad de las mujeres portadoras, y en las que lo presentan su proporción disminuye con la edad.[8]

Por todo lo anterior han adquirido gran importancia los estudios moleculares, pues brindan un diagnóstico de certeza al demostrar la magnitud de la secuencia repetitiva, a través de la aplicación de técnicas como el análisis del *Southern blot* (que permite separar e identificar DNA) y la reacción en cadena de la polimerasa (véase este número de *Elementos*, pp. 16-21).[9]

En la actualidad está aún en cuestión el valor real de los estudios citogenéticos y moleculares; no obstante, el diagnóstico to-

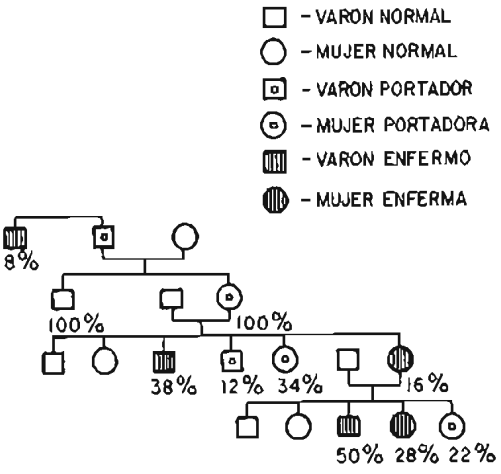


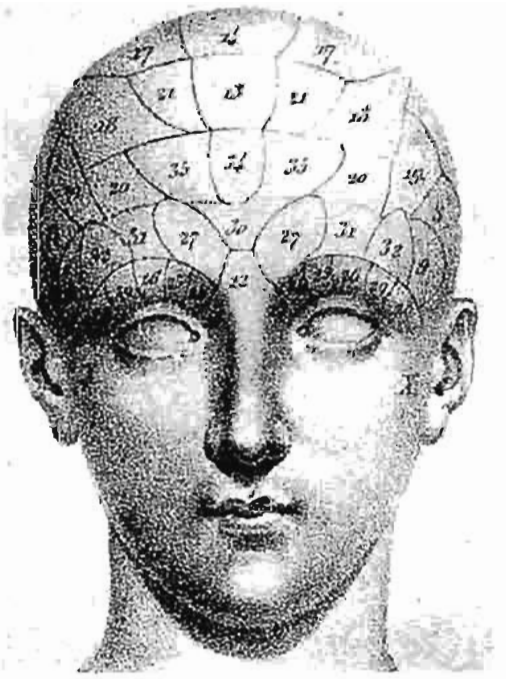
Figura 1. Árbol genealógico hipotético de una familia con síndrome X-frágil, donde se observan los riesgos estimados de acuerdo con la posición que se ocupe en el árbol genealógico. Nótese que, entre los portadores, sólo las mujeres tienen hijos enfermos y que la proporción de afectados aumenta en las generaciones sucesivas.

davía parte de la demostración del marcador citogenético X q27.3 y se complementa con el uso de las técnicas moleculares, aunque no hay dudas que en el futuro se basará fundamentalmente en la identificación de la mutación mediante el estudio del DNA.[9]

El descubrimiento de esta mutación dinámica ha revolucionado la genética médica. De forma similar, la presencia de secuencias trinucleotídicas repetitivas explica la mayor gravedad de la distrofia miotónica en la descendencia de madres afectadas, y que tenga más severidad la corea de Huntington cuando se ha heredado la enfermedad del padre. Otras afecciones caracterizadas por un triplete repetitivo son la atrofia muscular espinobulbar de Kennedy y la ataxia espinocerebelosa tipo 1.[10] Sin duda, con la identificación de otras mutaciones por secuencias de DNA inestables se comprenderán eventos peculiares que ocurren en otras enfermedades, hoy inexplicables en el marco de los conceptos de la genética clásica.

Agradecimientos

A la licenciada Nereida González García por su trabajo iconopatográfico; a la licenciada Mirta Lora Errandorena, por la confección del árbol genealógico y al doctor Miguel Álvarez Fornaris por la revisión crítica del manuscrito.



Normal	... $(CGG)_n$ ...	$n < 50$
Premutación	..... $(CGG)_n$	$50 < n < 200$
Mutación	..... $(CGG)_n$	$n > 200$

Figura 2. Características de la secuencia repetitiva del triplete (CGG) en los individuos normales, portadores (premutación) y enfermos (mutación).

Bibliografía

[1] Pascual, J., *Temas de Neurología Pediátrica*, Instituto Superior de Ciencias Médicas de la Habana, Ciudad de la Habana, 1983.

[2] Maino, D.M., Schlange, D., Maino, J.H. y Caden, B., "Ocular anomalies in fragile X syndrome", *Journal of the American Optometric Association*, Vol. 4, 1990, pp. 316-323.

[3] Ramos, F.J., "Síndrome frágil X, ¿qué sabemos hoy?", *Anales Españoles de Pediatría*, Vol. 31, 1989, pp. 417-419.

[4] Oostra, B.A. y Verkerk, A.J.M.N., "The fragile X syndrome: Isolation of the FMR-1 gene and characterization of the fragile X mutation", *Chromosoma*, Vol. 101, 1992, pp. 381-387.

[5] Weaver, D.D. y Sherman, S.L., "A Counseling guide to Martin Bell syndrome", *American Journal of Medical Genetics*. Vol. 26, 1987, pp. 39-44.

[6] Verkerk, A.J.M.H., Pieretti, M., Sutcliffe, J.S., Fu, Y., Kuhl, D.P.A., Pizzuti, A., Reiner, O., Richards, S., Victoria, M.F., Zhang, F., Eusse, B.E., Van Ommen, G-J.B., Blonden L.A.J., Riggins, G.J., Chastain, J.L., Kunst, C.B., Galjaard, H., Caskey, C.T., Nelson, D.J., Oostra, B.A. y Warren, S.T., "Identification of a gen (FMR-1) containing a CGG repeat coincident with breakpoint cluster region exhibiting length variation in fragile X syndrome", *Cell*, Vol. 65, 1991, pp. 905-914.

[7] Richards, R.I. y Sutherland, G.R., "Dynamic mutations: A new class of mutations causing human disease", *Cell*, Vol. 90, 1992, pp. 709-712.

[8] Gabarrán, J., López, I., Glover, G. y Carbonell, P., "Fragile X screening program in a spanish region", *American Journal of Medical Genetics*, Vol. 43, 1992, pp. 333-338.

[9] Oostra, B.A., Jacky, P.B., Brown, W.T. y Rosseau, F., "Guidelines for the diagnosis of fragile X syndrome", *Journal of Medical Genetics*, Vol. 30, 1993, pp. 410-413.

[10] Goldman, A., Ramsay, M. y Jenkins, T., "Absence of Myotonic dystrophy in southern African Negroids is associated with a significantly lower number of CTG trinucleotide repeats", *Journal of Medical Genetics*, Vol. 31, 1994, pp. 37-40.

Alfred Russell Wallace*

Hugo Diego Blanco
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

En un salón particularmente amplio del museo de la ciudad británica de Derby, una joven estudiante de biología observa los alargados brazos del esqueleto de un orangután, camina alrededor de la vitrina, esquiva el reflejo de su propio rostro y después abre una pequeña libreta blanca para anotar las características óseas de aquel mamífero. En esa misma libreta se encuentra escrita la frase de un poeta religioso, con la que la joven estudiante imagina las posibilidades del trabajo y la habilidad de los naturalistas del siglo XIX: "Las cuatro estaciones del hombre son el oído, la vista, la palabra y el tacto". El mundo de la naturaleza para ser expresado mediante palabras necesita antes ser escuchado, observado, sentido. La exploración de ríos, islas, selvas no es sólo un método de investigación sino también una disposición que antecede a cualquier conocimiento. La estudiante de biología admira el esqueleto del orangután aunque ignora la historia que se encuentra encerrada en aquella vitrina. No sabe que un naturalista inglés convirtió a la isla de Borneo en escenario de sus afanes científicos y que en el año de 1855 navegó innumerables veces entre los signos de admiración y las preguntas que lo acompañaban en su viaje por el río Sarawak coleccionando mariposas y disparando con su escopeta a cuanto primate se cruzaba por su camino. Alfred Russell Wallace había experimentado las mismas sensaciones cuando algunos años antes viajó en una expedición de similares objetivos por el río Amazonas en busca de peces, insectos y aves al lado de su amigo Henry Walter Bates. Las amistades son otra de las formas del destino y en las conversaciones entre Wallace y Bates se reunieron la voluntad con la entomología y las expectativas con las exploraciones de campo. Esencial enseñanza fue la que adquirió Wallace de Bates sobre todo si recordamos que el primero tuvo que abandonar la escuela a los catorce años de edad y educar su espíritu mediante la lectura y las conversaciones con amigos inteligentes.

El itinerario del esqueleto del orangután muestra de diversas maneras las múltiples relaciones de la ciencia con la naturaleza. La distancia que existe entre un animal que se desplaza con saltos y a través de lianas por los inmensos árboles de Borneo y el esqueleto clasificado con sustantivos latinos en un museo británico revela al mismo tiempo la transformación de la naturaleza en objeto de estudio y la intención del estudio de las transformaciones de la naturaleza. El esqueleto de un orangután se convierte así en un objeto que tiene historia y que presupone una aventura existencial e intelectual. Porque Alfred Russell Wallace no sólo tuvo que leer el diario que Darwin escribió en un laboratorio flotante como lo fue el *Beagle* y el *Ensayo sobre el principio de la población* de Thomas Robert Malthus para reflexionar y convertir en suyos los temas de la historia natural; también se vio precisado a viajar, naufragar, caminar, cazar, ir en busca de la complejidad del mundo para entonces sí admirar la naturaleza como si se tratara de un libro abierto en donde los insectívoros y los roedores, los quelonios y los marsupiales son signos del idioma de la historia natural y todos los topos y los chacales, las tortugas y los elefantes son palabras de un lenguaje que es necesario traducir e interpretar. Un científico que es al mismo tiempo un cazador, y un explorador que es al mismo tiempo un

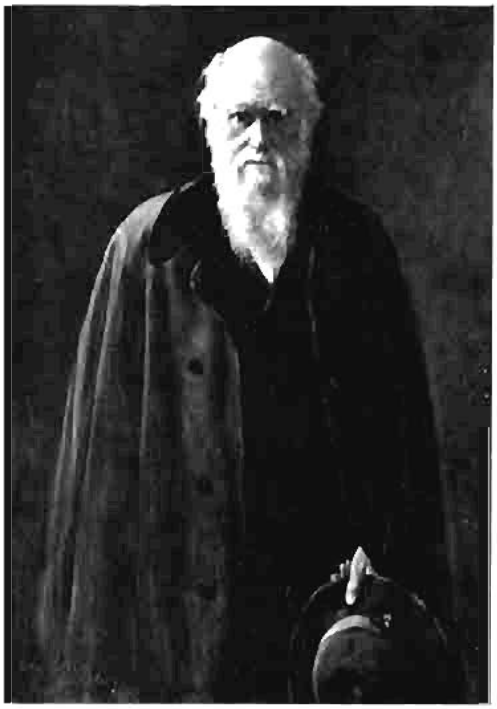
*Prólogo al libro *El Archipiélago Malayo*, de Alfred R. Wallace, que publicará el CONACULTA.

taxidermista. Los libros, la selva, los pantanos y las montañas son su laboratorio. *El Archipiélago Malayo* fue escrito por Wallace después de un viaje de exploración que realizó entre 1854 y 1862. Esta obra constituye una pieza importante en la historia de la teoría de la evolución y de la biología moderna, de ahí la relevancia de la presente edición que es la primera que se hace en lengua española. *El Archipiélago Malayo* nos ofrece además un acceso privilegiado al episodio singular, motivo de variadas controversias, y que se refiere a la relación entre Wallace y Darwin y la paternidad de la teoría de la selección natural y el origen de las especies pues fue precisamente Tarnate, capital de la isla Halmahera en las Molucas, el lugar desde donde Wallace envió a Darwin el 12 de marzo de 1858 un pequeño ensayo y una carta en donde resumía su interpretación de la teoría de la selección natural y la evolución de las especies casi dos años antes de que Darwin publicara *El origen de las especies*. El 18 de junio de 1858, cuando Darwin ha leído ya la carta y el ensayo de Wallace, el naturalista del *Beagle* hace partícipe de su asombro y, en cierta medida, desasosiego a Charles Lyell, el autor de los

Alfred Russell Wallace (1823-1913).

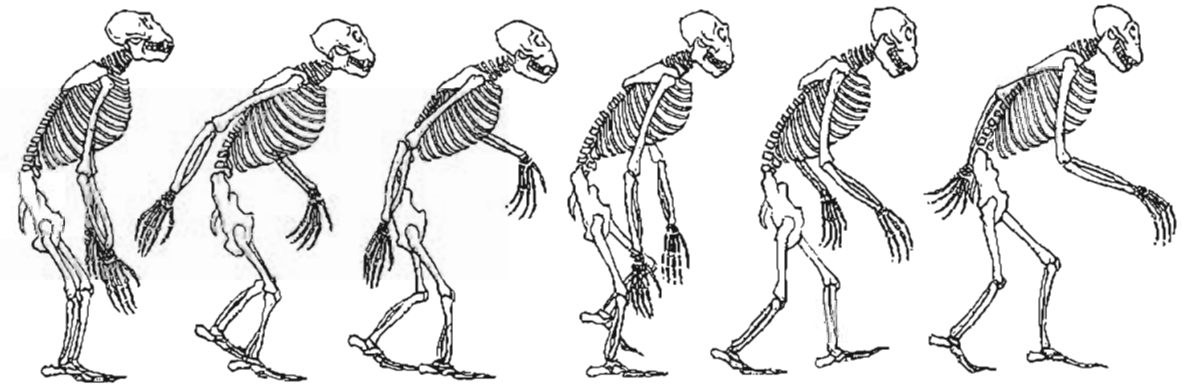
Principios de geología. Lyell había recomendado a Darwin en diferentes ocasiones la pertinencia de publicar un resumen de sus teorías antes de dar a conocer la monumental obra que pensaba escribir. Esto es lo que explica el tono y ciertas frases con las que el autor de *La descendencia del hombre y la selección sexual* se dirige a Lyell. "Sus palabras –escribe resignadamente Darwin– se han cumplido con creces: debería haberme anticipado. Eso dijo usted cuando le expliqué aquí mi teoría de que la 'selección natural' depende de la lucha por la existencia." Pero Darwin había hecho de la paciencia el sustento de su método de trabajo y desde su regreso del viaje a bordo del *Beagle* en 1836 dedicó buena parte de su tiempo al estudio comparativo de millares de especies diferentes así como a la realización de minuciosos estudios que si bien anudaban sus experiencias de observador y teórico de la naturaleza no abordaban de manera directa el estudio de la evolución. Darwin había publicado otros libros antes de escribir *El origen de las especies* en 1859. Veinte años antes, las librerías de Londres exhibieron en sus escaparates la primera edición del célebre *Diario de las investigaciones sobre la geología y la historia natural de los países visitados durante el viaje del H.M.S. Beagle, bajo el mando del capitán Fitz Roy de 1832 a 1836*. Los cinco volúmenes de su *Zoología* aparecieron entre 1840 y 1843 y los tres volúmenes de las *Observaciones geológicas* hechas sobre el *Beagle* salieron de la imprenta de 1842 a 1846. Tras ocho años de investigaciones Darwin presentó la monografía sobre los *Cirrípedos* en cuatro volúmenes que fueron editados de 1851 a 1854. Cuando llegó a Down, en el condado de Kent, la carta de Wallace en 1858, Darwin había ocupado ya varios años en el estudio de la selección natural y la evolución de las especies. "Nunca he visto una coincidencia más sorprendente –confesará a Lyell. ¡Si Wallace tuviera la copia de mi esquema hecha en 1842 no podría haberlo resumido mejor! Sus mismos términos son ahora los títulos de mis capítulos." No exagera Darwin cuando califica de asombrosa la coincidencia de sus ideas con las de Wallace pues no sólo los razonamien-

tos sobre los procesos de la naturaleza eran semejantes sino también las palabras con las que se referían a ellos. Wallace había publicado en *Annals and Magazine of Natural History* en 1855 un ensayo titulado "Sobre la ley que ha regido la introducción de nuevas especies". Darwin leyó con interés dicho trabajo y dirigió al propio Wallace algunos comentarios en una carta fechada en Moor Park, el 1 de mayo de 1857. Darwin inicia su misiva agradeciendo a Wallace las líneas que éste le había escrito desde las Célebes el 10 de octubre del año anterior. Con estas referencias podemos entender que una línea de correspondencia estimulante existía entre el sobrio científico nacido en Shrewsbury el 12 de febrero de 1809 y cuyo abuelo –Erasmus Darwin– fue en su época un reconocido filósofo de la naturaleza y el vivaz naturalista nacido en 1823 que lo mismo se entusiasmaba por el socialismo de Robert Owen que por el espiritismo. Cuando Darwin inició el viaje a bordo del *Beagle*, Wallace tenía tan sólo nueve años y en aquel tiempo sobrevivía con dificultades al lado de una familia pobre y numerosa en Monmountshire, en el sur de Gales. De la respuesta de Darwin a Wallace, podemos detenernos en un párrafo que anuncia ya el cruce de preguntas y conclusiones que compartieron ambos pensadores en el origen de la teoría de la selección natural y la evolución de las especies. "Deduzco claramente de su carta y aún más de su trabajo publicado en los *Annals* hace un año o más, que nuestro razonamiento ha sido en gran medida semejante y que hemos llegado a conclusiones parecidas." Wallace y Darwin se encontraban lejos de las construcciones de árboles genealógicos de la descendencia animal que habían ocupado la atención de destacados filósofos de la naturaleza que les antecedieron. Ambos consideraban únicamente como una curiosidad en la historia del pensamiento la opinión de Empédocles, según la cual, la unión casual de las partes del cuerpo de los animales terminó por formar los organismos conocidos. De esta forma una especie de improvisada danza reunió manos, cabeza, dedos, antebrazos, pies y realizó las más diversas combinaciones. Siguiendo el juicio con el que Julian



Charles Darwin (1809-1882).

Huxley inicia su libro sobre Darwin, en donde afirma que la teoría de la evolución fue un descubrimiento que revolucionó los dominios de la biología, podemos detenernos a considerar la circunstancia que llevó a dos pensadores a resolver de la misma forma un problema que habían acometido por diferentes caminos. Más que una feliz coincidencia, el encuentro intelectual entre Wallace y Darwin es un acontecimiento que subraya la originalidad de los procesos de pensamiento en donde las influencias culturales y la capacidad de análisis y seducción son sólo la punta de un *iceberg* prodigioso. En cierto sentido, la noticia que Darwin recibió al leer la carta de Wallace en 1858, debió de haber sido considerada como un acontecimiento previsible más que como una sorpresa, pues un año antes el mismo Charles Darwin escribía a Alfred Russell Wallace una carta que es necesario tomar en cuenta: "Respecto del trabajo en los *Annals*, estoy de acuerdo en la certeza de su ensayo, casi palabra por palabra y me atrevería a decir que coincidirá usted conmigo en que es muy raro descubrir en uno un asentimiento tan absoluto a un trabajo teórico; porque es lamentable el modo en que cada hombre saca sus propias diferentes conclusiones de idénticos hechos". En la misma correspondencia Darwin recuerda



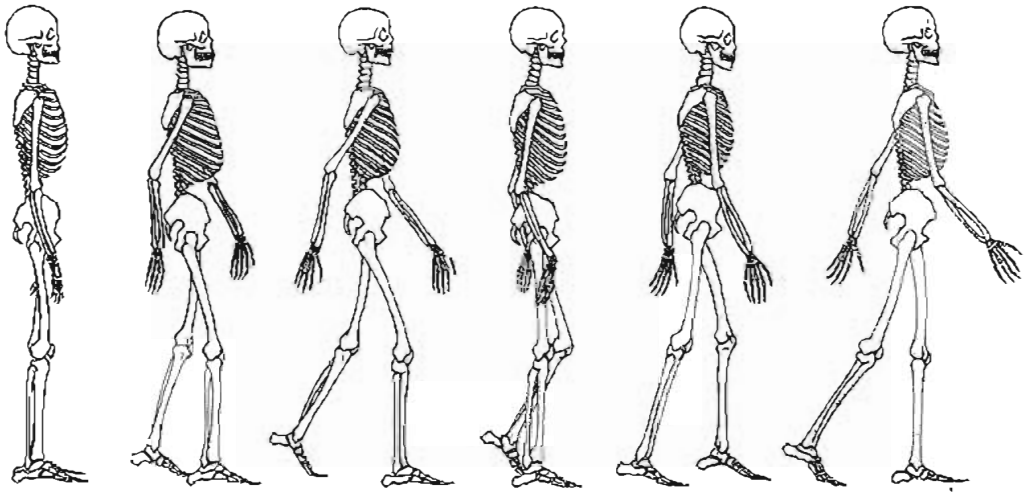
que hacía más de veinte años que había iniciado su primer cuaderno de notas "sobre la cuestión de cómo y en qué modo se diferencian mutuamente las especies".

Conociendo estas cartas resulta paradójico que la expedición de Wallace al archipiélago malayo despertara en Darwin singulares expectativas y que el producto de dichas expectativas haya sido en algún momento el abatimiento y la tristeza del naturalista del *Beagle*. Escuchemos las opiniones de Charles Darwin sobre este asunto:

> No sabía que pensaba usted permanecer tanto tiempo en el archipiélago malayo, me gustaría beneficiarme con la publicación de sus viajes allí antes de que salga mi libro, pues sin duda recogerá una enorme cosecha de datos... Me asombra saber que espera usted estar fuera todavía tres o cuatro años más. ¡Qué maravillosa cantidad de cosas habrá visto y qué zonas tan interesantes, el gran archipiélago malayo y las partes más ricas de Sudamérica!

Un año después, el mismo Darwin confesaba a su consejero y amigo Lyell sus sentimientos después de haber leído el resumen de la teoría de Wallace: "He escrito esta carta lleno de tristeza, y lo hago ahora para poder olvidarme del asunto algún tiempo, estoy agotado de tanto meditar... Mi buen y querido amigo, perdóneme esta estúpida carta dictada por sentimientos estúpidos". Wallace ignoraba el efecto que había producido su correspondencia y continuaba su recorrido por el grupo de islas de las Molucas, incrementando sus colecciones de mariposas y aves entre la espesura de Buru, Makian y Tarnate. En *Las musas de Darwin* José Sarukhán ha recreado las condiciones en las que Alfred Russell Wallace escribió su original ensayo *Sobre la tendencia de las variedades a diferenciarse indefinidamente de los tipos originales*. El escenario dista mucho de parecerse a la sala de lectura de la biblioteca del Museo Británico pues Wallace ocupa una choza frágil y deteriorada por un inclemente tifón que se ha enseñoreado del mar de las Molucas. Pero eso no es todo, Wallace delira y ha padecido intermitentes fiebres los últimos cinco días provocadas por un ataque de malaria y que la quinina administrada por el doctor Perkins apenas empieza a controlar. En las alucinaciones febriles se reproducen con imágenes desproporcionadas las obsesiones intelectuales de Wallace. José Sarukhán ha descrito con literaria emoción, en *Las musas de Darwin*, algunas escenas en donde Wallace transita de las convulsiones a los ataques de lucidez:

> La angustiante imagen de la enorme araña, los cientos de ejemplares de mamíferos, aves, reptiles, insectos y peces que había cazado con su rifle y sus redes, empezaban a desfilar en un escenario lleno de palmas, al parecer bailando o saltando al compás de una tonada que solamente podía distinguir en forma de un ondulante zumbido; él era el único asistente a ese espectáculo... el desfile duró horas y los animales, sólo uno de cada especie, parecían no terminar de aparecer por el lado derecho del escenario...

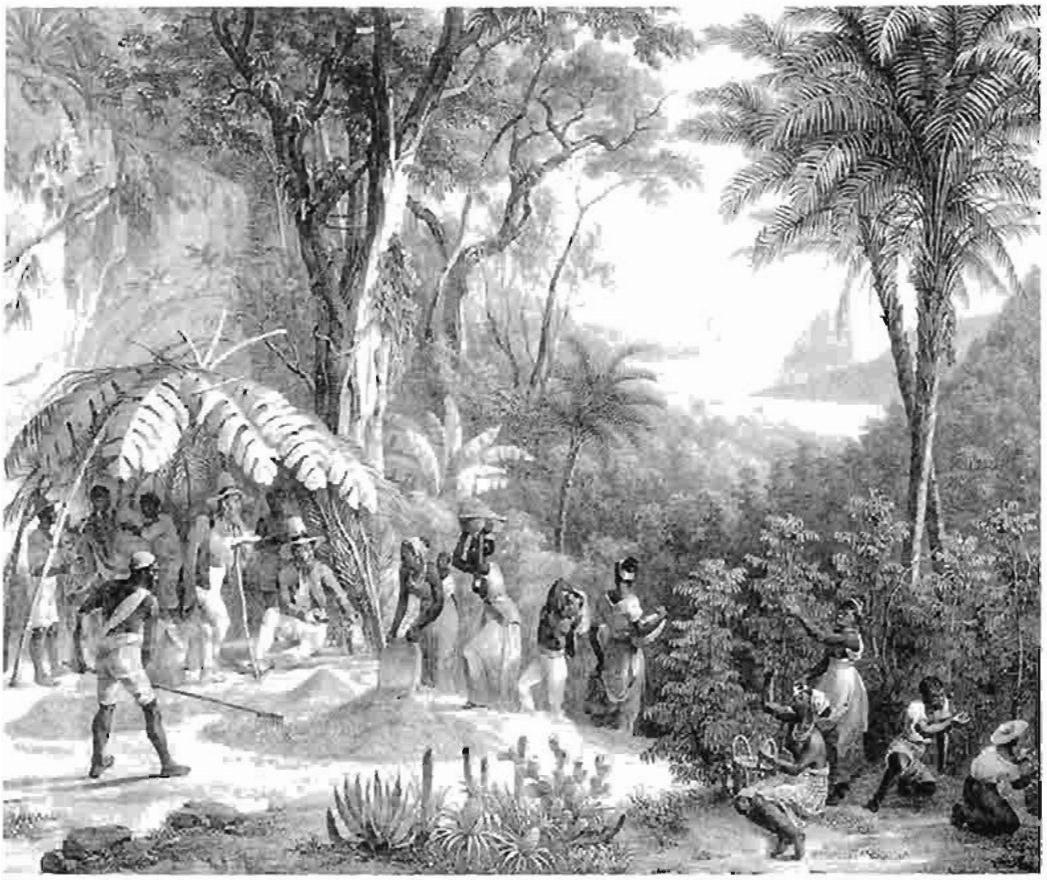


La enfermedad y el padecimiento interrogan al científico autodidacta que desde muy joven hizo de la lectura uno de sus más privilegiados métodos de educación, porque antes de lograr sus hallazgos en el libro abierto de la naturaleza, Wallace encontró en ciertos libros las señales que su intuición e inteligencia convertirían en los principios de la teoría de la selección natural. Además del libro de Malthus sobre el principio de la población y el diario del viaje de Darwin a bordo del *Beagle*, la *Geología* de Lyell y *Vestigios de la historia natural de la Creación* de Robert Chambres fueron lecturas propicias. Fue también un libro –el de Humboldt sobre sus viajes a México y Sudamérica– el que terminó por convencerlo de la necesidad de emprender una expedición por el Amazonas, empresa que llevó al cabo entre los años de 1848 y 1852 al lado de su amigo Henry Walter Bates quien, tiempo después, también colaboraría con Darwin.

Sin saber por qué, Wallace tuvo que reconocer que la fatalidad fue otra invitada en el viaje por el Amazonas. En los primeros años permaneció quieta y al final del itinerario hizo acto de presencia. El buque en el que regresaba a Londres se incendió y la tripulación corrió el riesgo de perecer en el accidente. Junto con la embarcación se hundió una colección de miles de aves disecadas, escarabajos y mariposas, cuadrúpedos y caracoles de tierra. El fuego y el mar guardaron para sí los secretos de una colección de Historia Natural pero no fueron lo suficientemente implacables para desanimar a un hombre que creía más en su voluntad que en sus ideas. De Wallace se sabe que en el curso de su vida pudo creer en las ideas socialistas de Owen y también en los milagros de la virgen de Lourdes. Fue simpatizante de la frenología, es decir, aquella teoría de Gall según la cual, el carácter y las facultades mentales de los hombres se podían definir partiendo de la conformación anatómica del cerebro, y aunque al final de su vida recibió una pensión del gobierno inglés, existió una época en la que pensaba que el Estado no debería apoyar las investigaciones científicas, por la misma razón que no tiene la obligación de apoyar a las fábricas de alfombras, pues ambas son actividades particulares que pueden ser sostenidas por quienes se dedican a ellas. En la *Historia de las teorías biológicas*, E.M. Radl juzga la influencia que las debilidades espiritistas de Wallace tuvieron en su pensamiento al final de sus días:

> Según opinión de Wallace Dios, el creador, ha intervenido tres veces en la historia del mundo. La primera vez, al crear la sustancia viviente; la segunda cuando, después de haber alcanzado esta sustancia un grado más alto, le inculcó la conciencia, y la tercera, cuando le dio al hombre el alma.

Pero Wallace siempre supo escuchar la voz íntima de los ríos y las selvas y gracias a sus ideas y a pesar de ellas pudo observar el mismo movimiento en la naturaleza que Dar-



win, pragmático y mesurado, identificó. En el capítulo que Daniel J. Boorstin dedica a los pensadores que iniciaron la tarea de *Clasificar toda la creación*, podemos encontrar las palabras con las que el propio Wallace describe su principal hallazgo que llegó a convertirlo en coautor de la idea de la selección natural.

> Sufría graves accesos intermitentes de fiebre –recuerda Wallace– y cada día tenía que acostarme durante varias horas cuando no sobrevenían las oleadas de calor y de frío sucesivas; en ese tiempo no tenía nada más que hacer que pensar sobre temas que me interesaban particularmente. Un día algo me hizo recordar los *Principios de la población* de Malthus, que había leído doce años antes. Reflexioné sobre esa clara exposición de los "controles positivos del crecimiento", enfermedades, accidentes, guerras y hambre, que mantenían el aumento de la población de las razas salvajes en un porcentaje muy inferior al de los pueblos más civilizados. Entonces se me ocurrió que esas causas o sus equivalentes actúan de manera continua también en el caso de los animales y, dado que los animales crían por lo general a un ritmo mucho más rápido que el de los hombres, la destrucción natural atribuible a estas causas debe ser enorme para que no se dispare el número de ejemplares de cada especie... pues de lo contrario, hace mucho tiempo que el mundo estaría atestado de los animales que se reproducen con mayor rapidez...

Desde su viaje a bordo del *Beagle* Darwin quedó profundamente impresionado por el tema de la modificación de las especies animales. Cuando sus amigos más cercanos le propusieron que diera a conocer un resumen de sus descubrimientos, él mismo reconoció que iba muy despacio debido en parte a su mala salud, pero también a que era "un trabajador muy lento". Si comparamos las dos noches que Wallace ocupó para escribir su ensayo sobre la selección natural con los tres meses que Darwin invirtió para escribir únicamente el capítulo sobre el hibridismo, podemos entender por qué Darwin trabajó más de veinte años en sus investigaciones para poder escribir *El origen de las especies*. Pero seguramente Darwin no fue justo en la apreciación del ritmo "lento" de su trabajo, pues de no haber sido por la perse-

verancia y la paciencia con la que acumuló evidencias que después sirvieron para ilustrar con ejemplos sus ideas, ninguna genial propuesta sobre la selección natural podía haber sido escuchada por una comunidad de naturalistas que estaban más que convencidos de la inmutabilidad de las especies. "Es una bajeza por mi parte preocuparme de la prioridad", escribió Darwin a su confidente Hooker. Por su parte, Wallace recordó en los siguientes términos el razonamiento que lo llevó a coincidir con Darwin.

> ¿Por qué mueren algunos animales y viven otros? La respuesta era evidente, los mejor dotados eran los que vivían. Los más sanos eran los que escapaban a los efectos de la enfermedad; de los enemigos, los más fuertes, rápidos, o astutos; del hambre, los mejores cazadores o los que digerían mejor y así sucesivamente. Entonces se me ocurrió de repente que este proceso automático necesariamente había de mejorar la raza, porque de cada generación inevitablemente morirían los inferiores y quedarían los superiores, es decir que sobrevivían los mejor dotados. Esperé con ansia a que me pasara la fiebre para poder comenzar a tomar notas con el fin de escribir un artículo sobre este tema.

Alexander von Humboldt a la edad de veintiséis años. Dibujo de François Gérard. 1795.

Fue gracias a la intermediación de Lyell que Darwin pudo salir de su estado de desasosiego y resolver de una manera conveniente el asunto de la "prioridad". La respuesta de Lyell intentaba en primer lugar proteger el trabajo de Darwin y defender su propiedad como teórico de la selección natural, en segundo lugar pretendía reconocer el mérito de Wallace en la formulación de dicha teoría y en tercer lugar vencer la propia negativa de Darwin quien consideraba deshonroso publicar su resumen después de haber leído el de Wallace. Los sentimientos de Darwin se encontraban cautivos en una ambigua circunstancia; por un lado lo abatía la tristeza al darse cuenta de que estaba a punto de perder la prioridad en los estudios que le habían ocupado la mayor parte de su vida, y por otro lado temía que la publicación en esos momentos de sus ideas pudiera interpretarse como una actitud deshonesta. "Wallace podría decir –conjeturaba Darwin– no pensó usted en publicar un extracto de sus teorías hasta que recibió mi comunicación. ¿Es justo que se aproveche de que yo, libremente y sin que usted me lo pidiera, le informara de mis ideas y que impida de este modo que yo me adelante?" Aunque Darwin había escrito un resumen de sus ideas en 1844, sólo dos personas podían testificar este hecho pues aquél pensó que aún no era oportuno publicarlo. Años después, también Asa Gray conoció las ideas de Darwin sobre el tema de la selección natural a través de una carta. Fue en esas condiciones en las que Darwin escribió a Lyell:

> Me gustaría muchísimo publicar ahora un resumen de mis teorías generales, en doce páginas más o menos; pero no logro convencerme de que puedo hacerlo honradamente. Wallace no dice nada de publicarlo, le adjunto su carta. Pero como yo no había pensando sacar a la luz resumen alguno, ¿puedo hacerlo honradamente aunque Wallace me haya enviado un esquema de su doctrina? Preferiría quemar mi libro entero antes de que él u otro cualquiera pensara que he obrado indignamente. ¿No cree que el hecho de que él me haya enviado el esquema me ata las manos? ... Nuestra única diferencia reside en que yo llegué a mis conclusiones a partir de los efectos de la selección natural en los animales domésti-

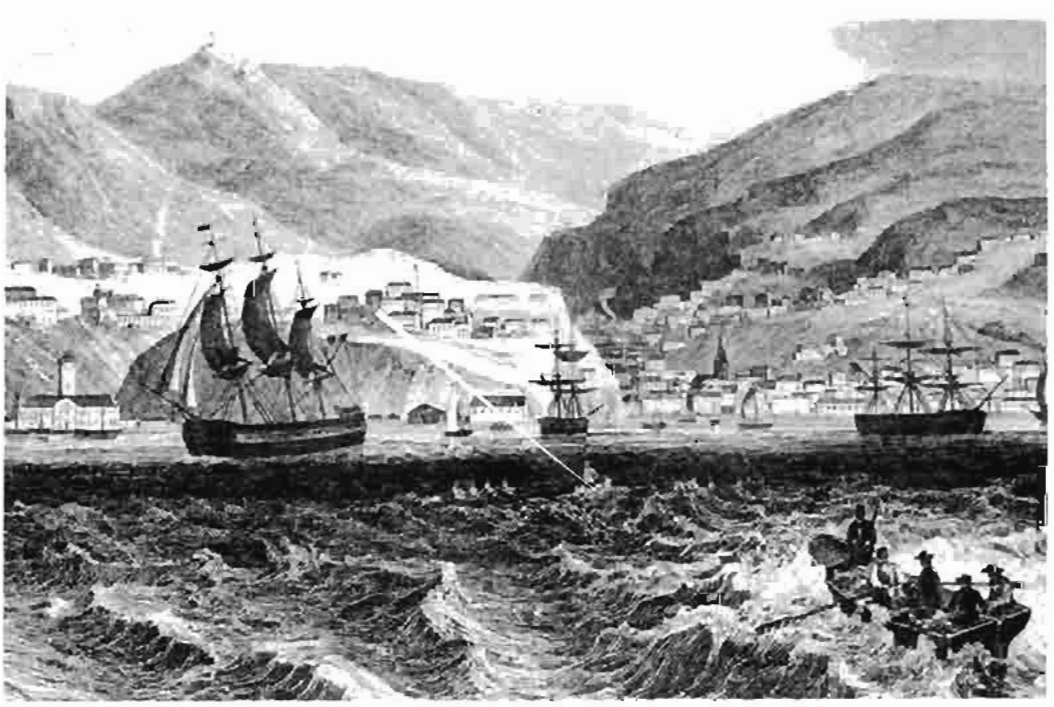
cos. Me gustaría enviar a Wallace una copia de mi carta de Asa Gray, para demostrarle que no le he robado su teoría.

El primero de julio de 1858 fueron presentados ante la *Linnean Society* por Sir Charles Lyell y Sir J.D. Hooker el ensayo de Wallace, fragmentos del esquema de Darwin escrito en 1844 y parte de una carta dirigida por el propio Darwin al doctor Asa Gray. Junto a las comunicaciones científicas que los socios de la *Linnean Society* escucharon aquel día, también pudieron enterarse de las circunstancias del caso gracias a una carta preliminar que Charles Lyell y Joseph Hooker leyeron.

> Mr. Darwin estimó tan grande el valor de las teorías que en él se exponían –apuntan Lyell y Hooker– que propuso en una carta obtener de Mr. Wallace la autorización que le permitiera publicar el ensayo lo más pronto posible. Convinimos de total acuerdo en este primer paso con la condición de que Mr. Darwin no ocultara del público, como quería, la memoria que él había escrito sobre el mismo tema que, como ya dijimos, uno de nosotros había leído detenidamente en 1844, y cuyo contenido habíamos conocido ambos en secreto durante muchos años. Cuando expusimos esto a Mr. Darwin, él nos dio permiso para utilizar su memoria como consideráramos conveniente, etcétera; y al adoptar nuestra presente determinación de presentar aquella a la *Linnean Society*, le explicamos que no sólo tenemos en cuenta las relativas pretensiones de prioridad de él y de su amigo, sino los intereses de la ciencia en general.

Debido a la originalidad del tema, los hombres de ciencia que escucharon aquella noche las teorías de Darwin y Wallace apenas si esbozaron los perfiles de una tímida discusión; de hecho, como el mismo Darwin llegó a reconocer, ambas comunicaciones "llamaron muy poco la atención". Hooker tenía la razón al afirmar que en aquellos días la vieja escuela de naturalistas necesitaba un poco de tiempo para armarse y organizar el contraataque. Sólo un profesor de Dublín se ocupó de aquella reunión, pero en su reseña anotó que lo que contenían aquellas comunicaciones podía considerarse como falso lo que se quería pasar por nuevo y viejo lo que se encontraba de verdadero. El profesor de Dublín ignoraba que el día en que Lyell y Hooker leyeron los trabajos de Darwin y Wallace se convertiría, años después, en un momento fundamental en la historia de la ciencia moderna.

Al leer *El Archipiélago Malayo* ingresamos a una parte importante de aquella historia y nos acercamos también al mundo de las experiencias y las ideas de un pensador que no convirtió la verdad en complacencia: Alfred Russell Wallace.



Vocabulario, máquinas y saber hacer obrero en la industria textil mexicana

Rosalina Estrada Urroz
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

En la historia de las relaciones hombre máquina, existe tras el telón "una historia escondida": la de la apropiación del espacio y del proceso de trabajo. Ésta no es fácil de aprehender; no aparece en las máquinas, ni en las huellas que sobre ellas dejan los años, ni en archivos ni documentos. Sin embargo, a pesar de su opacidad, el conversar, la observación y hasta la sensibilidad nos llevan a su encuentro.

El saber hacer, la comunicación a través de signos, el vocabulario, el *marquage*,[1] el ritmo del lenguaje, etcétera, son partes de ella. La apropiación es un largo proceso alimentado por todo el bagaje cultural del trabajador en donde el entorno interviene dando también su aportación. No se trata de un proceso que va en una sola dirección. En el ritmo de las máquinas, en el "teje y teje", en el "rompe y rompe", en el "puro pulmón puro pulmón"; en el bautizo metafórico de las máquinas: "la bruja", "el diablo", "el nahual", se manifiesta la cultura mágica, el mito, el símbolo a la vez que la técnica.

En el saber hacer interviene el "viejo orgullo del oficio", la virgen que lo ilumina, las lecciones y mañas que transmite el compañero, además del folleto y la enseñanza del técnico en turno. En ese ir y venir, en ese aprehender el oficio se da la apropiación de la técnica con las especificidades que los hombres por sus creencias, modos de pensar y vivir le imponen.

La herencia y transmisión de la cultura se da a la vez que la del oficio.[2] Los textileros comparten esas formas de apropiación y relación sin que haya una distinción entre las especialidades. Existe en este sentido una cierta unidad del gremio.

Como en mi casa

El obrero lleva al trabajo su vida privada y trata de reproducir en este espacio sus condiciones para sentirse como en su casa. Si bien lo privado tiene su especificidad, el trabajador lo carga y no se desviste de ello al franquear las puertas de la fábrica.

Este fenómeno tiene en diferentes momentos sus variantes, lo cual dificulta la determinación de su temporalidad. Es evidente que desde los inicios de la industrialización los obreros textiles buscaron por diversos medios imponer su sello propio al ambiente de trabajo. La disciplina se enfrentó con una serie de resistencias; la cantidad de multas existentes en los inicios de la industrialización ante una serie de comportamientos de los obreros, da fe de ello. Las multas responden a una infinidad de motivos: "por pasear con los amigos", "por torero", "por jugar volados", "por leer el periódico", "por señas a mujeres", "por fumar en los telares", "por canciones", etcétera.[3] No se desaprovecha ninguna oportunidad para romper la monotonía en la fábrica... cuando se fundía un foco después de tener el repuesto en las manos se buscaba un compañero estimado para que fungiera como padrino, éste envolvía la pieza que se iba a estrenar en un papel o cualquier retazo de tela y se le daba a su compadre junto con un abrazo, lo que sellaba el compromiso de invitar a la salida a comer garnachas y tomar pulque; si estas ceremonias no escapaban a la vista del celador les imponía multa de 25 centavos "por compadres".[4]

Trabajo y vida privada son dos elementos presentes a la hora de establecer el con-

tacto con la máquina. En el lugar de inseguridad que presenta la fábrica, cada uno busca familiarizarse con su puesto de trabajo, (su herramienta, su mujer desnuda, su trapo, su aceitera, etcétera). Así, personalización y despersonalización son dos elementos que, aunque contradictorios, se presentan al unísono.

Este proceso tiene dos vertientes: por un lado, responde a una iniciativa colectiva donde se muestra todo el proceso de socialización dentro de la fábrica y, por el otro, es una iniciativa personal, donde hasta las herramientas generales pasan a tener un sello propio.

Los constantes altares a la virgen de Guadalupe no pueden estar ausentes en ninguna nave industrial. Ese pequeño altar es parte de la iniciativa colectiva. El ponerlos se justifica pues: "... como todos los mexicanos, somos guadalupanos, unos por conveniencia, otros por intuición, otros por lo que sea somos guadalupanos en la mayoría de los centros de trabajo existe una virgen de Guadalupe".[5]

Además de la virgen de Guadalupe que adorna las naves, cada trabajador está acompañado por el santo o virgen de su devoción. El señor Jesús Díaz Manzanedo dice: "Tenía yo a la virgen de Fátima, la tenía yo ahí en el centro... bueno digo, no era una foto, era una tarjeta y yo la condicioné, le hice una armazoncito con una base y ahí la tenía yo con dos vidrios, me la protegían...".[6]

Los altares no son una particularidad ni de la industria en general ni de las fábricas textiles. El altar o el nicho es una costumbre muy arraigada en México. Ésta se encuentra presente tanto en las terminales de autobuses como en las pequeñas tiendas de abarrotes y taquerías.

El *marquage* se da a través de distintos elementos. Puede tratarse de adornos en las máquinas, de un pequeño ropero, de un *locker* decorado, de objetos de limpieza, de ropa, etcétera. En la fábrica La Trinidad se celebra el día de la Santa Cruz y cada obrero coloca en su máquina flores y diferentes tipos de adornos como muestra del festejo.[7]

El trabajador busca hacer personal y busca cómo estar cómodo en el hábitat fabril.

> Yo siempre traigo mi camisolita y mi saco, y lo cuelgo en un clavo en la pared y cuando yo termino de trabajar todo está lleno de borra y yo quiero hacer una comodita... pues me escogí madera de 3/4 para que quedar fuerte... quedó mi comodita... me traje de la casa un gancho así colgaba yo mi saco....[8]

Ese sello propio se manifiesta también en el almuerzo de las once de la mañana y de la cena de las ocho de la noche. Se acostumbra que la esposa, un hijo o un pariente y hasta una persona contratada lleve la comida a la fábrica a las horas mencionadas, la que es recibida en la puerta por un encargado y entregada a cada uno de los trabajadores. Cada trabajador tiene su "Adelita" y de esta manera come como en la propia casa.

Las cómodas se cambian por los *lockers*; sin embargo, sigue existiendo en cada uno de ellos esa marca personal. Junto con la estampa religiosa y las flores conviven las artistas y vedettes del momento, desde Ana Luisa Peluffo hasta Lin May. A pesar de la modernización de la vida fabril las viejas costumbres y tradiciones están presentes.

Las máquinas también tienen su nombre o apodo

La relación con la máquina no es pasiva; con ella se establecen complicidades, rechazos, apropiaciones.

El desarrollo industrial, la modernización, incorporan al vocabulario obrero los tecnicismos propios de la industria, no sin que sufran, por parte de los obreros, modifica-

ciones y denominaciones simbólicas.

La metáfora a través del signo y el símbolo tienen en el lenguaje utilizado por los obreros su expresión. En ese "hablar" está presente la imaginación, donde el símbolo se desarrolla a sus anchas. De la misma manera, la cultura técnica se concreta a través del lenguaje técnico que por definición es exacto. Sin embargo, del lenguaje técnico al ordinario, que es polisémico, se da un proceso de retroalimentación. La apropiación del proceso productivo trae como consecuencia el uso de los dos tipos de lenguaje que se nutren entre sí.

Según las circunstancias se va creando un vocabulario apropiado. La peligrosidad de las máquinas es una de ellas. En la fábrica La Trinidad al batiente se le bautiza con el nombre de "diablo", ya que según un entrevistado "ya se había llevado muchas manos". En el Molino de Enmedio, a una vieja carda se le daba, por similares motivos, esa misma denominación: "se accidentaba uno mucho en esa máquina", nos dice don Luis Tejeda.[9]

Al abridor se le llama "diablo" o "huilo",[10] a los limpiadores que llevan arriba del rodillo del veloz o estirador se les conoce como "nahual". Según los trabajadores se los denomina así porque "como gira el nahual tienen la costumbre o creencia de que el nahual es algo mitológico, podríamos decir imaginario, que revuelca a las personas, les da de vueltas y este limpiador como está girando entonces está revolcando...".[11] En los tróciles, "las brujas" son las que están arriba de las máquinas soplando, porque "...cuando fuimos a Mayorazgo a aprender ... allí nos causó sorpresa... y nos decían no pues son brujas... pero en realidad son limpiadores viajeros".[12]

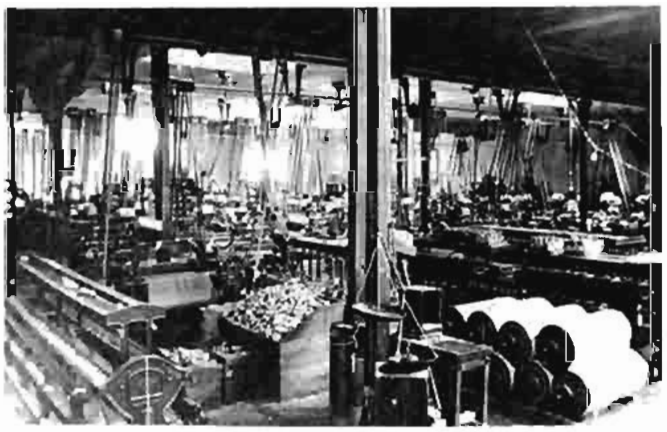
Una revisión del vocabulario utilizado por los trabajadores e incorporado a las normas contractuales nos deja ver cómo éste se ha ido institucionalizando. Los mexicanismos están presentes en la terminología utilizada en la técnica textil. Podemos mencionar nombres como, "atracón", "calada", "machucón", "picada", "tacos", "gallo", "nahual", "luchas", "pabilo", etcétera.

Algunas de las acepciones presentadas llaman verdaderamente la atención. "Atracón" significa el paro repentino del telar debido a la acción del mecanismo de protección, mientras que el significado dado por el *Diccionario de mejicanismos* es: "riña encarnizada y larga" o "hartazgo".[13] "Gallo", que significa hilo sobrante en las canillas salidas del telar y de todo sobrante que se da en los procesos productivos de la industria, tiene una serie de significados en el lenguaje corriente; sin embargo no son directamente aplicables y tendrían más una relación con la propia configuración del gallo, ya que su cresta se asemeja a un sobrante de borra.

Quizá la palabra "nahual" que es utilizada corrientemente y que significa técnicamente "cilindro limpiador forrado de paño o fieltro", sea la que más nos llama la atención. Ya señalamos con anterioridad lo que es para los trabajadores. El *Diccionario de mejicanismos* da una definición parecida:

> ... el brujo en nuestro país se nacionalizó y era conocido con el nombre de nahual. Fue el espanto de los campesinos de la Nueva España, a quienes hurtaba gallinas, guajolotes, o mazorcas de maíz. La imaginación popular lo representaba bajo figuras espantosas y extravagantes.[14]

Además, los trabajadores fabrican para comunicarse entre sí un lenguaje gestual que les permite seguir, a pesar del ruido, las necesidades del proceso productivo y la conversación entre amigos. Este lenguaje no es uniforme para toda la industria textil; sin duda se presentan diferencias de fábrica a fábrica y de región a región; sin embargo, la institucionalización de algunos términos nos



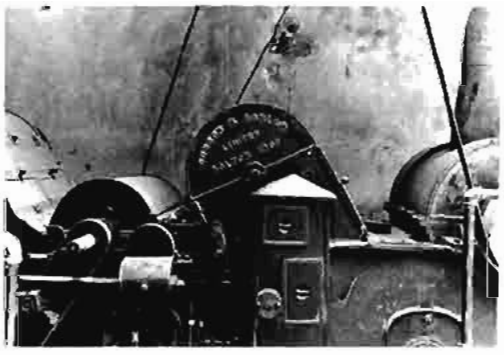
habla del proceso de retroalimentación que en algunos casos lleva a que se generalicen.

El lenguaje obrero tiene su ritmo; éste refleja el movimiento de la vida diaria, pero también el de las máquinas. La monotonía del proceso productivo se traduce en la repetición y uniformidad: en el "teje y teje"; el "rompe y rompe"; el "puro pulmón, puro pulmón", etcétera.

El saber hacer, aprendizaje y creación

El saber hacer es adquirido a través de un largo proceso dentro de la fábrica. Los artesanos y obreros mexicanos han dado muestra a través del tiempo de sus habilidades en este sentido. A comienzos de siglo en Santa Rosa tenía cabida esta creación en el departamento de talleres.

> Si bien en los rubros más altos fallaba la oferta de mano de obra nacional por la falta de escuelas técnicas, en talleres los artesanos mexicanos daban extraordinarios frutos; allí florecía el trabajo calificado de numerosos oficiales bajo el mando experimentado de diferentes maestros.... Algunos de ellos se habían formado en el ferrocarril, como el maestro Gonzalo Camargo, quien venía del centro ferrocarrilero de Apizaco. Una muestra de la ciencia con que en los talleres se trabajaba eran las chumaceras, catarinas, engranes y poleas que Gregorio



Vázquez, el modelista de la fábrica, hacía en madera para reproducir las piezas de metal en función.[15]

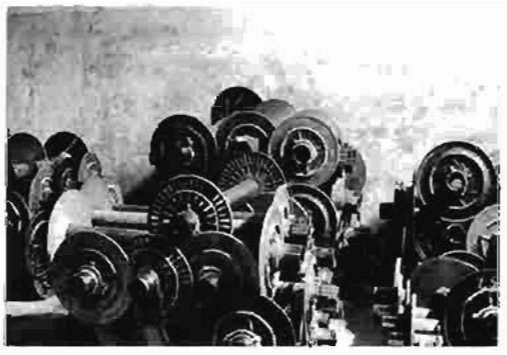
El saber hacer en la industria textil ha sido tradicionalmente transmitido de generación en generación. De padres textileros, tenemos los mismos hijos que heredan no solamente el puesto de trabajo sino también la especialidad. No obstante, este proceso de transmisión se interrumpe en la medida en que la rama se moderniza y a la vez surge otro tipo de industria. El aprendizaje ha tenido de esta manera sus variantes de acuerdo a la época y al desarrollo de la propia industria. Antes de la modernización ésta se hace a través de un largo camino dentro de la fábrica. Con ella los pasos se acortan en un entrenamiento rápido.

A medida que avanza la modernización de la industria textil, empieza a existir capacitación para que el trabajo sea eficiente. Sin embargo, para la empresa los cambios técnicos no se traducen en lo inmediato en mayores niveles de productividad. La salida de viejos trabajadores experimentados implica la baja de eficiencia a diferentes niveles.[16]

Un trabajador de la fábrica Mayorazgo nos dice que cuando llegaron las nuevas máquinas, la empresa dio oportunidad

> ...a todo el que quisiera prepararse para conocer esas máquinas y como había muchachos que habían entrado con su certificado de primaria; el que les habla no terminó ni la primaria... pues a esos muchachos les dieron preferencia por el simple hecho de tener su certificado de primaria.[17]

Los aspirantes que tenían certificado de primaria pasaban sobre aquéllos que no te-



nían ninguna instrucción, y ellos fueron los que cuidaron las nuevas máquinas; le dieron oportunidad al que quisiera aprender. Sin embargo, este proceso de aprendizaje fue a costa de los trabajadores.

Cuando los antiguos trabajadores se incorporan a la modernización, el aprendizaje es a costa de ellos mismos. El señor Luciano

Rosas se pasa al segundo turno para tener tiempo en la mañana de ir a prepararse tres horas diarias, lo cual le permite ocupar posteriormente el puesto de correitero.[18]

Lo más común es que el aprendizaje se haga en el puesto de trabajo. Las viejas empresas textileras no tienen una política de adiestramiento del personal, y al presentarse la modernización, las erogaciones al respecto son mínimas. De esta manera la incorporación de nueva maquinaria no estuvo acompañada de la instrucción adecuada. En muchos casos los trabajadores buscaron sus propias opciones para calificarse y hacer funcionar eficientemente las máquinas recién llegadas, recurriendo a los amigos y compadres e invocando a la virgen para iluminarse. El trabajador Jesús Díaz Manzanedo nos narra las vicisitudes vividas al arribo de la nueva maquinaria, un urdidor de alta velocidad:

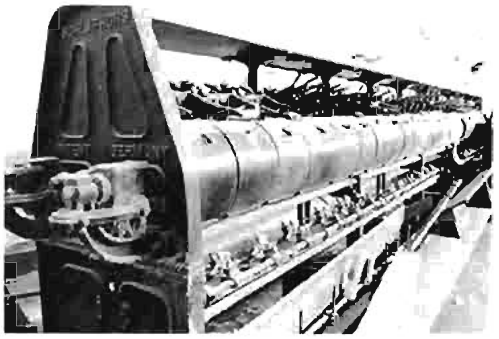
> ... el primer día el desperfecto consistía en que la velocidad de la máquina era tremenda y con la velocidad se hacían unos torzales de cinco diez hilos y se salían del peine... se salían de ahí atorzalaban y rompían porque adelante iba otro peine ... y mientras uno buscaba los hilos y los anudaba y demás, perdíamos mucho tiempo... dos días señorita y ninguno ni yo ni mi pariente ni el del tercer turno le dábamos y una tarde como de costumbre en la mañana me fui a la iglesia del templo La Merced y me encomendé a la virgen, mira madre mía por qué pasa esta cosa tan tremenda y si nadie va a resolver este problemas con tu ayuda que sea yo... entonces llego en la tarde y pongo la máquina, tenía un regulador para bajarle la velocidad, y que le bajo la velocidad estaba a 350 revoluciones por minuto... yo que la bajo a 200 y aun así que paro a un costado de la máquina y veía como los hilos se hacían así, ya con poca velocidad ya no salían... entonces se me ocurre esta idea que tenía yo, en el taller había yo visto un tubo como de una pulgada de grueso... que lo voy a traer que llamo a mi ayudante y que le digo ponte al extremo coge este tubo... entonces que lo comienzo a subir la velocidad... y que veo que el tubo ese no permitía que se salieran dije aquí está la cosa....[19]

Le comunica al maestro la situación y se consigue el permiso para agujerar la máquina:

> ... entonces fue una satisfacción muy bonita para mí cuando llegó el del tercer turno, oye mano qué pasó, mano, qué les distes, a ver mira... entonces que se pone a trabajar yo estuve un rato y dice, pues hombre sí ésta era la solución..[20]

Este trabajador tiene que usar también su espíritu creativo para resolver los problemas de tensión de hilo y algunas dificultades derivadas del mal armado de las máquinas. Los ejemplos en este sentido se repiten en los departamentos de telares, hilados, etcétera. El saber hacer llega hasta el nivel de la construcción. Los telares doble ancho, que existen todavía en algunas fábricas textiles, son reconstruidos por los experimentados correiteros.[21]

Es importante la comunicación entre los trabajadores de las diferentes fábricas con el fin de compartir los nuevos secretos técnicos. Los obreros de Mayorazgo se auxilian de los de La Teja, quienes trabajan desde hace algún tiempo con un urdidor de alta velocidad.[22]



El "saber hacer" es parte de los bienes del trabajador y contribuye a enriquecerlo

con sus propios conocimientos y experiencias. En este proceso de transmisión del oficio se da una relación dinámica; existe "un movimiento creador" de los conocimientos que se retroalimentan entre sí. Siempre cabe la pregunta, ¿tendrían todos los trabajadores la ocasión y la oportunidad de participar? La respuesta es difícil de dar. Sin embargo, en el caso del obrero textil, es indudable que por las propias características del proceso productivo, algunos de los oficios desempeñados ofrecen esta alternativa. En la medida en que el proceso productivo es más y más racionalizado y automatizado se va perdiendo esta posibilidad, no sin resistencia obrera, que siempre busca en alguna medida poner su propio sello, aunque en cada caso con un carácter diferente.

La apropiación es parte del "amor propio", dentro y fuera de la fábrica; amor propio es saber hacer; amor propio es tener una buena herramienta en su caja, ropero o *locker*. El orgullo del oficio existe y va acompañado de esa multiplicidad de saberes. En esto se equiparan el baile y el canto con la destreza para amarrar el hilo o meter el machucón.

No obstante este nivel de identificación y apropiación, el radicalismo parece estar ausente. La resistencia se manifiesta de una manera sutil, casi imperceptible, en la posesión del saber hacer, en el *marquage* y en la preservación de parte del trabajador de todos aquellos espacios en los que conserva como suyos sin que la disciplina y el control los logre invadir.

Notas

[1] Entendemos por *marquage* la serie de señales dejadas por el trabajador en el entorno fabril. Van desde fotos hasta herramientas y objetos de uso personal. Véase el texto de Claude Burlaud, "L'espace de travail et son usage ouvrier", suplément aux *Cahiers francais* No. 209 (*Le Travail Ouvrier)*, enero-frebrero 1983.

[2] Estrada, Rosalina, "La ruptura en la transmisión del oficio textil", Puebla de los años sesenta, inédito.

[3] García, Bernardo, *Un pueblo fabril del Porfiriato, Santa Rosa Veracruz*, Sep 80/2, México, 1981, p. 47.

[4] *Idem.*

[5] Entrevista de Estrada, Rosalina a Mora Barreda, Miguel, Puebla, 26 de octubre de 1984.

[6] Entrevista de Estrada, Rosalina a Díaz Manzanedo, Jesús, Puebla, 2 de mayo de 1985.

[7] Santibáñez, Blanca, E., "La Trinidad, una fábrica textil tlaxcalteca y su entorno agrario-industrial durante el Porfiriato", *Tesis de Maestría Escuela Nacional de Antropología e Historia*, México, D.F., 1991, p.160.

[8] *Idem.*

[9] Estrada, Rosalina, "Trabajo y Signos", *Márgenes* No.7, Revista de la Facultad de Sociología de la Universidad Veracruzana, invierno 1987, pp. 3-11.

[10] Entrevista de Estrada, Rosalina a Mora Barreda, Miguel, 26 de octubre de 1984.

[11] Entrevista de Estrada, Rosalina a Mora Barreda, Miguel, 26 de octubre de 1984.

[12] Entrevista de Estrada, Rosalina a Mora Barreda, Miguel, 26 de octubre de 1984.

[13] Santamaría J., Francisco, *Diccionario de Mejicanismos*, Editorial Porrúa, 1ra. edición, México, 1959.

[14] *Idem.*

[15] García, Bernardo, *Un pueblo fabril del Porfiriato*, Santa Rosa Veracruz, sep 80/2, México, 1981, p. 43.

[16] Entrevista de Estrada, Rosalina a Sarmiento Manzano, Rodolfo, 6 de noviembre de 1983.

[17] Entrevista de Estrada, Rosalina y Villavicencio, Josué a Rosas, Luciano, 18 de julio de 1978.

[18] Entrevista de Estrada, Rosalina y Villavicencio, Josué a Rosas, Luciano, 18 de julio de 1978.

[19] Entrevista de Estrada, Rosalina a Díaz Manzanedo, Jesús, Puebla, 2 de mayo de 1985.

[20] *Idem.*

[21] En algunas fábricas textiles de Puebla y Veracruz, los correiteros contribuyen de una manera importante en las aportaciones técnicas al impulsar un verdadero proceso de reconversión industrial y transformar máquinas llamadas obsoletas en máquinas que prolongaron su vida útil. Es el caso de los viejos telares ingleses angostos en telares doble ancho.

[22] Entrevista de Estrada, Rosalina a Díaz Manzanedo, Jesús, Puebla, Puebla, 2 de mayo de 1985.

Un filósofo en época de cambios
El pensamiento de David Hume

Marcos Winocur
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

En música como en matemáticas, en pintura como en filosofía, ser genio y adelantarse a su tiempo suele resultar un mal negocio, según podrá apreciarse de cuatro casos ocurridos entre el siglo XVIII y el nuestro, época de profundas transformaciones históricas.

David Hume (1711-1776).

Bizet estrenó *Carmen* –la ópera más popular del mundo, la más representada, llevada varias veces al cine, paradigma del éxito–, sin pena ni gloria, muriendo tres meses después víctima de una crisis cardiaca provocada por lo que Bizet consideraba su fracaso.

Cantor, hoy reconocido como el abanderado de una moderna revolución en matemáticas, vio bloqueado su acceso a una cátedra de prestigio a raíz de sus ideas científicas y murió tras veinte años de depresión nerviosa que requiriera de largos periodos de hospitalización.

Y qué decir de Vincent van Gogh, uno de cuyos cuadros fue vendido hace un par de años en la suma más alta que jamás alcanzara pintura alguna, algo así como ochenta millones de dólares; y que en vida no logró vender ni un cuadro, a pesar de los esfuerzos de su hermano Théo, que a la sazón se ocupaba de ese negocio. El hoy celebérrimo pintor acabó suicidándose, ya tocado por el dedo de la locura.

No menos conocido en filosofía y en ciencias en general, es David Hume, a partir de cuyas ideas el pensamiento moderno, con Popper, dio un salto adelante. Y, como en los otros casos, triste resulta su historia personal: Hume, ampliamente reconocido *post mortem*, en vida no pasó de un fracasado o, cuanto más, de ser tolerado, muy lejos de las propias justas expectativas.

No siempre ha sido así, piénsese en un Darwin o un Picasso –para citar dos ejemplos relevantes, uno en ciencia y el otro en arte–, conviviendo con la fama. Pero el fenómeno de desencuentro entre un hombre y su tiempo, amerita la mención que tiene algo de reparativo. Del último de los nombrados, el filósofo inglés David Hume (1711–1776) y de su época de cambios radicales, nos ocuparemos en las páginas que siguen. Lo nuevo se precipita dejando a la gente descolocada, sujeta a lo viejo sin advertir que las ideas heredadas han caducado. Cambios que, avisorados por algunos visionarios, los colocan en la traumante situación de incomprendidos cuando no objetos de burlas y desdén.

Hume, Kant y Einstein

El pensamiento de Hume ha sido –como de la poesía decía un bardo español– "un arma cargada de futuro". Dio en el blanco, todavía en el siglo XVIII, nada menos que en la cabeza del filósofo Emmanuel Kant, quien, dos años después de aparecida su obra capital, *Crítica de la razón pura*, lo refiere en 1783 en su *Prolegómenos*: gracias a Hume había despertado de su adormecimiento dogmático y dado a sus investigaciones en el campo de la filosofía especulativa una dirección totalmente distinta, así se expresa Kant.

Pero no es todo. El pensamiento de Hume vuelve a dar en el blanco un siglo más tarde ya no en la cabeza de un colega, sino... ¡de Albert Einsten! El más grande físico de estos tiempos, el autor de la teoría de la relatividad, el científico que apreciaba las luces llegadas desde el campo teórico por excelencia, el de la filosofía, escribe a otro físico, Max Born, según se lee en su *Correspondencia* (1918): "Hume, antecesor de Kant, poseía un instinto más seguro que éste, aunque empiezo a comprender, leyendo los *Prolegómenos*, la enorme fuerza de sugestión de Kant" –así se expresa Einstein.

El físico, apreciando a los dos filósofos, prefería Hume a Kant, es decir, el Hume en estado puro y no el Hume reelaborado por Kant.

Si en vida el filósofo inglés hubiera podido ver el futuro que correría su obra... No siendo así, cayó en la ansiedad y en la subsecuente depresión. Y así, luego de comprobar el vacío en que había caído su obra fundamental, el *Tratado de la naturaleza humana*, cuenta: "pensé que contribuiría mucho a mi tranquilidad y podría ahorrarme mortificaciones, el que me retirara al campo mientras el éxito de la obra permaneciera indeciso". Pero de nada valió la terapia pues a renglón seguido Hume concluye amargamente: "Siento decir que así permanecerá por mucho tiempo".

Y esto lo confesaba un joven de 27 años, de genio innato. Y ese "por mucho tiempo" de éxito indeciso o, más bien, de destierro de su obra, habría de prolongarse por toda la vida del autor mientras él, consciente de su necesidad de sentirse gratificado cuanto antes por sus contemporáneos, se disculpaba: "Los autores disfrutan de ese privilegio, igual que los amantes". Pero no él, amante no correspondido por la fama.

Hume no sabía ya qué hacer. Envió copias de su libro a los estudiosos de la época. Propició críticas en periódicos y en publicaciones especializadas. Y pensando que tal vez su obra fuera poco menos que inaccesible por su índole abstracta, escribió un *Resumen* de divulgación. Nada dio los resultados apetecidos. Y así pudo concluir en otra carta: "Estoy de mal humor conmigo mismo y sin duda dentro de poco con todo el mundo, como otros autores fracasados".

Causalidad y experiencia

Y bien ¿cuál fue el original pensamiento de Hume que pasó inadvertido a sus contemporáneos? Fue su concepción sobre la causalidad como fundamento de las relaciones, a las cuales da un contenido de conexión necesaria. Así, unos fenómenos originan a otros; los primeros se llaman causas, los segundos reciben el nombre de efectos. Hasta aquí, nada de nuevo, conocemos las causas por los efectos y no a la inversa. Y es aquí donde Hume da su golpe: siendo así, nadie puede conocer la causa antes de percibir el efecto, es decir, éste no puede ser previsto por más experiencias similares que repetidamente lo hayan producido en el pasado.

Porque cada experiencia es inédita en sí misma, los sentidos carecen de poder para excluir los imponderables que harán que la próxima produzca un efecto distinto. Los imponderables... creo que en la sabiduría popular siempre han estado presentes. Voy a dar un ejemplo familiar. Cada vez que mi abuelita se proponía algo, no olvidaba de agregar: "si Dios quiere..." Pues, en efecto, la voluntad del Todopoderoso, así convocada, podía garantizar los resultados pues para Él los imponderables no corren. Para nosotros, pobres humanos, nos queda: apostar a la probabilidad. Pero no a la razón. La experiencia no es fuente de lógica y, en consecuencia, nada puede garantizar. "La cuestión –comenta Kant en sus *Prolegómenos*– no residía en si la noción de causa era justa pues esto jamás se le había ocurrido dudarlo a Hume, sino si ha sido concebida por la razón *a priori*."

Y sin embargo –agregaba Hume y constataba Kant– la noción de causa, además de justa, es útil e indispensable a la ciencia y, en general, a todo conocimiento natural. Porque, se diría, no nos queda de otra: apostar a lo probable; y así, de acierto en acierto y de error en error, levantamos las civilizaciones. Y, con más frecuencia de lo que nos gustaría, sucede lo imprevisto. Voy a dar ejemplos actuales, que tanto hacen a la ciencia

como a la política. La progresión de los armamentos nos hacía pensar en el paso del fusil a la ametralladora o del cañón disparado en tierra al artefacto dejado caer desde el aire... mas nada indicaba la bomba atómica, salto que deja atrás todos los pasos anteriores, sin excluir la aparición de la pólvora pues genera lo inédito: la capacidad del hombre para acabar consigo mismo, para suicidarse como especie. Otro ejemplo: la caída de la URSS. Ninguna experiencia anterior la hacía suponer, escapando hasta último momento a las previsiones de los analistas políticos.

¿Quiere decir que no existe la lógica? Nada de eso, pero reconoce otras fuentes, no la experiencia. Y los hombres, hijos del hábito, para quienes la costumbre es una segunda naturaleza, como decía Aristóteles, nos quedamos pasmados cuando ocurre lo impredecible, cuando continuamos dando respuestas ya inútiles porque las preguntas mismas han cambiado con el paso de una época a otra.

Conclusiones

Hemos dado dos ejemplos contemporáneos. La bomba atómica, donde lo imponderable de la experiencia resulta la energía nuclear: ignorada, su manipulación haría dar el descomunal salto en la producción de armamentos pasando de laboratorios pioneros a preocupación número uno de los gobernantes. Y, segundo ejemplo, la caída de la URSS, donde lo imponderable de la experiencia consiste en contradicciones no resueltas y ocultas bajo apariencia armónica. Esto, en el panorama contemporáneo. Pero así también en tiempos de Hume, operándose rupturas donde los hombres se habían conformado a la continuidad.

Emmanuel Kant (1724-1804).

En efecto, cabe agregar a manera de conclusión que el carácter autónomo de la casualidad no escapa a la Historia. Y ésta, al igual que en cada una de las ciencias, tiene sus específicas razones para "sorprendernos". La Revolución Industrial del siglo XVIII, gestada en Inglaterra bajo los ojos de Hume, demandaba de una mayor fuente energética, y ésa fue la caldera a vapor. Hasta llegar a su perfeccionamiento, el proceso tecnológico produjo una gama de experiencias con una meta propuesta y finalmente lograda.

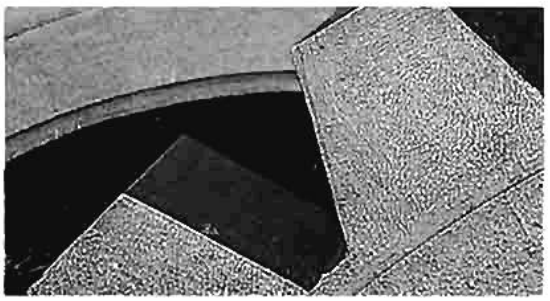
Es el siglo XVIII de David Hume. El siglo de la independencia de las trece colonias americanas y de la Revolución Industrial, prolegómenos de la Revolución Francesa de 1789. Nada de esto podía leerse en la mentalidad dominante del mundo feudal cuando se encontraba en su apogeo. Nada de esto era anunciado por las experiencias históricas de entonces, y sin embargo ellas trabajaban en ese sentido. En esos términos el siglo XVIII fue de "sorpresas" inaugurando una nueva racionalidad (capitalista) cuya lectura sólo pudo emprenderse *a posteriori*.

Así, triunfaban las ideas de Hume sin que sus contemporáneos, ocupados en hacerse ricos, lo advirtieran. Toda experiencia es inédita y autónoma. En suma, una lección para no olvidar y donde la propia vida del filósofo inglés es ejemplo: incomprendido por sus contemporáneos, su sólida teorización nos llega hasta hoy. Porque la fama en vida debió ser el corolario a su obra, y él así lo supuso y esperó. Y cuando, ya desaparecido, su nombre parecía olvidado, otro filósofo, Kant, lo rescató para que en la posteridad, y no antes, fuera creciendo. La experiencia, pues, se ríe de las previsiones de los hombres y teje sus propias lógicas.

Pero la ciencia, esa palabra

José Emilio Salceda Ruanova

Moralista Horacio, orgulloso y cínico. ¿Supiste, antes de decidir tu viaje, que engañamos a Dios? ¿Que si renunciamos a Babel fue sólo porque ahora podemos hacer mapas del genoma? ¿Que la Nueva Arca de la Alianza la pactamos con transnacionales? ¿Que, en caso necesario, Noé podría llenar su nave con animales fabricados en nuestros laboratorios? ¿Te enteraste, Horacio? ¿Nadie te lo dijo? Sábelo, entonces: conocemos la estructura del protón; descubrimos las intimidades de la cromatina; disecamos células; manipulamos moléculas; nos adueñamos del tiempo con relojes de cesio que pierden no más de un segundo cada millón de años; tenemos ojos poderosos y agudos oídos puestos en el firmamento; hurgamos en las galaxias; hacemos preguntas a los pulsares; escuchamos a diario el murmullo de la creación, esperando la oportunidad de modificarlo a nuestra conveniencia. Todo esto, Horacio, mientras tú decías cosas como *yo diría, para empezar, que esta realidad tecnológica que aceptan hoy los hombres de ciencia y los lectores de* France-Soir. *este mundo de cortisona, rayos gamma y elución del plutonio, tiene tan poco que ver con la realidad como el mundo del Roman de la Rose.* Necio Horacio. ¿A quién le importa esa palabrería? ¿Te informaron que nos acercamos a la era de las supercomputadoras? ¿Alguien te dijo, por piedad, que la realidad virtual nada tiene de metafísica? Sin duda lo ignoras, como ignoras la existencia de los aceleradores de partículas y los transplantes genéticos. Y está bien así, que no lo sepas, para que no lo lleves todo al campo de la filosofía, para que no lo untes con tu Wittgenstein y tu Klages, para que no nos contamines con tus frases: *lo que un hombre sabe es el saber de un hombre, pero del hombre mismo ya no se sabe todo lo que se debería saber para que su noción de la realidad fuera aceptable.* Words, words, words, *Hamlet*, acto segundo, creo. Palabras: ríos de hormigas feroces que se comerán al mundo, *Rayuela*, capítulo noventa y tres, creo.



Pobre Horacio, quédate donde estás, fúmate un cigarrillo o cébate un mate; pon en el tocadiscos tu tema favorito de los Waring's Pennsylvanians, o el *Singin' the blues*, de Bix Beiderbecke y déjate ir tras las volutas de humo. O si lo prefieres, sal a las calles de París,

camínalas hasta ampollarte; acude al café de la rue du Cherche-Midi, donde viste a la Maga por primera vez; corre al Parc Montsouris, donde tú y la Maga –¿quién más?– sacrificaron aquel paraguas viejo. O mejor aún: piérdete en el Sena acompañado por una *clocharde*. Pero no hables, Horacio Oliveira, no vuelvas a hablar, porque tendría que recordarte que cuando el Club de la Serpiente, contigo a la cabeza, se extraviaba en los laberintos retóricos, nosotros generábamos conocimiento, es decir, poder; cuando ustedes discutían códigos de conducta, nosotros proclamábamos un nuevo y único mandamiento: no ocultarás información a tu prójimo, excepto que con ello dejes de ganar dinero; mientras ustedes teorizaban acerca de la civilización, nosotros, como una Penélope multitudinaria, la destejíamos y la volvíamos a tejer a nuestro gusto y con nudos que sólo unos cuantos conocemos; si hablaban de cultura, nosotros la esclavizábamos a la tecnología para que a ti, y a los que son iguales a ti, no les quedara más que la oquedad de las palabras, esas *proxenetas relucientes*. Calla, pues. No vuelvas a comparar nuestra admiración frente a un microscopio electrónico con el asombro de las porteras por los milagros de Lourdes; no insistas en señalar *la barbarie de la ciencia* para después, condescendiente, aceptar que es *una reacción muy comprensible*; en verdad te digo que nadie cambiaría su horno de microondas por una colección de tus moralejas.

Inocente Horacio, atrevido y tonto. Sigue poniendo palanganas acuosas en nuestro camino; lía tus piolines, dispón tus rulemanes. Estás solo, che. Y todo será inútil. Porque la ciencia es la Ciencia, como la Palabra, por más que tú no quieras, es la palabra. Lo demás, pibe, es silencio.

La encefalitis de Rasmussen:
autoinmunidad al receptor de glutamato

Enrique Soto Eguibar

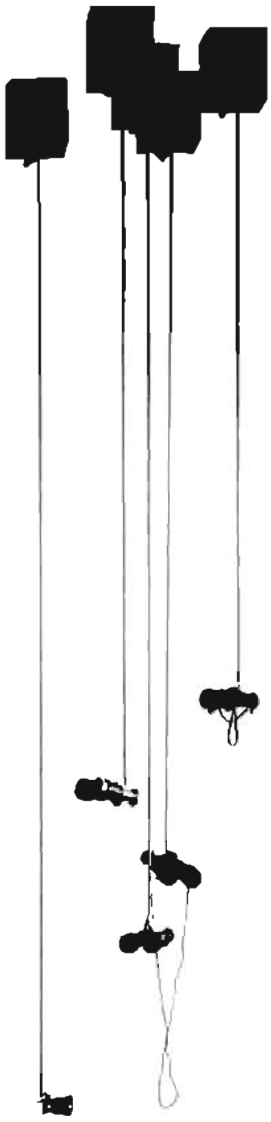
Un grupo de investigación en los Estados Unidos ha reportado recientemente en la revista *Science*, que los niños que padecen encefalitis de Rasmussen tienen un alto nivel sérico de anticuerpos contra la subunidad GLUR3 del receptor de glutamato. La encefalitis de Rasmussen es una enfermedad poco frecuente, de tipo progresivo, que evoluciona invariablemente hacia la muerte. Su origen era hasta ahora desconocido. Se inicia comúnmente en la primera década de la vida. A nivel histológico, la corteza cerebral está afectada, curiosamente, en un solo hemisferio; esto produce convulsiones intratables, hemiparesia y demencia. El diagnóstico se establece con base en estas tres características clínicas aunadas a signos histopatológicos de inflamación y atrofia de la corteza cerebral. El tratamiento generalmente se hace con remoción quirúrgica del hemisferio afectado, de ahí la relevancia de entender el origen de este padecimiento y buscar alternativas de tratamiento.

El hallazgo de este grupo de investigación parece un ejemplo típico de serendipia, ya que, inmunizando conejos para obtener anticuerpos contra el receptor de glutamato y hacer estudios de tipo neurofisiológico, observaron que sus conejos tenían signos de inflamación cerebral, presentaban crisis convulsivas y anorexia. Gracias a un análisis cuidadoso se dieron cuenta de que estos signos eran semejantes a los de algunas encefalitis. Al estudiar biopsias de la corteza cerebral de sus conejos encontraron datos semejantes a los que se producen en la encefalitis de Rasmussen. Las alteraciones clínicas e histopatológicas fueron observadas únicamente en los conejos inmunizados contra la subunidad GLUR3 del receptor. Con base en estas observaciones se propuso la hipótesis de que este padecimiento fuera de origen autoinmune, debido a auto-anticuerpos dirigidos hacia una de las subunidades del receptor de glutamato.

Para demostrar que la enfermedad de Rasmussen se produce realmente por auto-anticuerpos circulantes contra la subunidad GLUR3 del receptor de glutamato, los investigadores obtuvieron sueros de cuatro pacientes con encefalitis de Rasmussen y lo compararon con suero obtenido de individuos normales (controles), epilépticos y otros con padecimientos como el lupus eritematoso. Encontraron que los enfermos que tienen encefalitis de Rasmussen en periodo activo, presentan un alto nivel sérico de anticuerpos contra la subunidad GLUR3 del receptor de glutamato. Dos individuos presentaban también anticuerpos contra la subunidad GLUR2 del receptor.

Para corroborar el significado de estos resultados se transfectaron* células de riñón de embrión humano con un plásmido que tenía el DNA complementario de la unidad GLUR3 del receptor de

* Transfectar: procedimiento que permite incorporar segmentos de DNA en una célula a fin de que ésta exprese un material genético que normalmente no contiene.



glutamato; en estas células probaron si el suero de los pacientes hacía reacción contra el receptor. Observaron que en el caso de los pacientes que presentaban altos niveles séricos de anticuerpo anti GLUR3, éste reconocía a la proteína en su forma tridimensional expresada en la membrana de las células renales.

En conjunto estos datos dejan pocas dudas acerca del origen autoinmune de la enfermedad de Rasmussen. Para corroborar cabalmente esta hipótesis, se decidió, en una paciente que presentaba una etapa aguda de la enfermedad, hacer un recambio completo del plasma; esto con el fin de disminuir los niveles séricos de anticuerpos. Se encontró que asociado a la disminución de los niveles de anticuerpos debidos al recambio plasmático, se producía una clara mejoría en el estado cognoscitivo del paciente, disminución de la frecuencia de crisis convulsiva y mejoría en la hemiparesia y en el lenguaje. Conforme pasaban las semanas, después del recambio plasmático y una vez que se volvían a elevar los niveles sanguíneos de anticuerpo anti GLUR3 la paciente empeoraba otra vez.

Si bien esta hipótesis explica el origen de esta forma de encefalitis, no se sabe qué es lo que determina que se produzcan autoanticuerpos contra una proteína cerebral como el receptor de glutamato. Además, los anticuerpos normalmente no pueden pasar la barrera hematoencefálica y por tanto no tendrían acceso al receptor. Sin embargo, los autores de este trabajo destacan el hecho de que el inicio de esta encefalitis comúnmente se asocia con alguna lesión o trauma craneoencefálico. Aparentemente lo que sucede es que hay algunas bacterias que tienen proteínas en su superficie que se asemejan a las subunidades del receptor de glutamato; ello determina que una infección produzca anticuerpos que no sólo reconocen las proteínas de la bacteria, sino que también pueden reaccionar con el receptor; sin embargo, esto normalmente no ocurre, excepto cuando hay un trauma o alguna condición que altere la barrera hematoencefálica. Se produce entonces el encuentro antígeno-anticuerpo, disparando una cadena de eventos que llevan al desarrollo del síndrome encefalítico. En el caso de la paciente que fue tratada con recambio recurrente del plasma, se logró documentar que su padecimiento se inició después de un trauma craneoencefálico, lo cual permite suponer que ya tenía los anticuerpos circulantes y el traumatismo desencadenó todo el proceso.

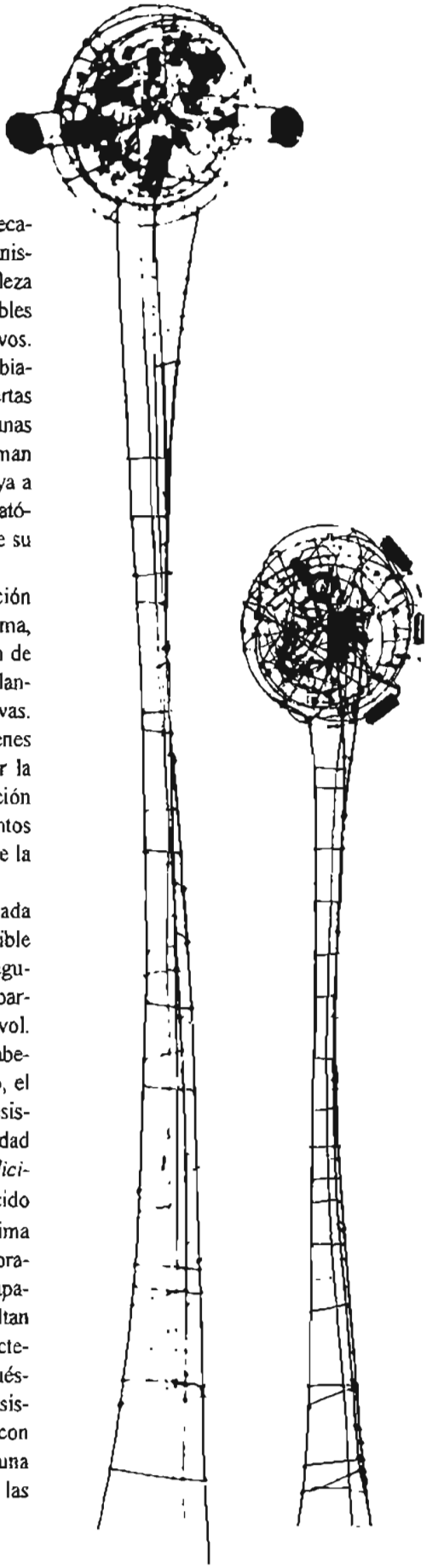
En conjunto estas observaciones y conjeturas ofrecen una explicación satisfactoria del origen de la enfermedad de Rasmussen, la cual, junto con otros padecimientos del sistema nervioso como la miastenia gravis y el síndrome de Lambert-Eaton*, tienen su origen en fenómenos autoinmunes.

Rogers, S.W., "Auto antibodies to glutamate receptor GLUR3 in rasmussen encephalitis", *Sciencie*, Vol. 265, 1944, pp. 618-651.

* Síndrome de Lambert-Eaton es un síndrome miasténico asociado con destrucción de las estructuras presinápticas debido aparentemente a la producción de anticuerpos contra la sinaptotagmina.

Aspirina para las plantas

José Emilio Salceda Ruanova



Los vegetales han desarrollado interesantes y complejos mecanismos de defensa contra las enfermedades. Estos mecanismos incluyen la existencia de barreras permanentes de naturaleza física y química, pero también la creación de escudos susceptibles de ser inducidos por la presencia de determinados agentes nocivos. A esta clase pertenecen la producción de compuestos antimicrobianos, el reforzamiento de las paredes celulares y la síntesis de ciertas proteínas que protegen a las plantas contra el ataque de algunas variedades de hongos. En conjunto, todos estos mecanismos forman un sistema defensivo, bastante eficaz, que puede mantener a raya a las infecciones. La enfermedad sobreviene cuando un agente patógeno es capaz de burlar los dispositivos de defensa naturales de su hospedero.

La habilidad de una planta para responder a una infección depende de las características genéticas, tanto de la planta misma, como del agente morboso. Así, como resultado de la expresión de ciertos genes del huésped, denominados *avirulentos*, muchas plantas son capaces de reconocer moléculas potencialmente nocivas. Ello es posible debido a que la planta posee un conjunto de genes llamados *genes de resistencia*, los cuales, al ser activados por la expresión de los genes avirulentos, se encargan de la identificación de la molécula agresora, desencadenando una cascada de eventos que lleva a un rápido colapso de la célula agredida en el sitio de la infección.

Una respuesta defensiva aún más interesante es la llamada *resistencia sistémica adquirida*, que se caracteriza por ser inducible bajo determinadas circunstancias. Muchos de los factores que regulan esta forma de protección permanecen desconocidos. Sin embargo, en un artículo reciente publicado por la revista *Science* (vol. 266, 18 de noviembre de 1994), un grupo de investigadores encabezados por Terrence P. Delaney, sugieren que el ácido salicílico, el precursor de la aspirina común, juega un papel central en la resistencia de las plantas a las enfermedades. Utilizando una variedad transgénica de tabaco en que se expresa la enzima bacteriana *salicilato hidroxilasa* (esto es, una planta con un "defecto" –introducido por los investigadores– consistente en la presencia de una enzima que impide la acumulación de ácido salicílico), Delaney y colaboradores mostraron que las plantas "defectuosas" no sólo son incapaces de inducir resistencia sistémica adquirida, sino que resultan anormalmente susceptibles a infecciones virales, micóticas y bacterianas; dicha susceptibilidad afecta, incluso, a combinaciones huésped-hospedero que normalmente deberían presentar una alta resistencia genética a las enfermedades infecciosas. Así, de acuerdo con estos autores, la acumulación de ácido salicílico sirve como una señal natural que media diversas respuestas de las plantas a las enfermedades y es indispensable para su salud.

La Miel y la Cicuta

Jean Hamburger
Fondo de Cultura Económica, Breviarios, 1989

En este libro se abordan problemas generales de la biología y sus problemas filosóficos. En los primeros capítulos, de manera muy sintética, se repasan los grandes aspectos de la biología: el surgimiento de la vida, el sexo, el equilibrio biológico y el papel de la diversidad biológica en la supervivencia. Una sección en especial se dedica a la muerte como fenómeno biológico; al respecto escribe Hamburger:

"En todo caso, pocos acontecimientos biológicos alcanzan tan alto grado de éxito como la muerte de cada individuo. [...] La mayor parte de los mecanismos biológicos tienen fallas, fracasos. La muerte, nunca."

El autor plantea la posibilidad de considerar a la muerte como un proceso determinado genéticamente, de hecho, aventura la hipótesis en torno a una hormona o sustancia del envejecimiento.

Concentra después su atención en los mecanismos del equilibrio, de la comunicación celular y regulación de las funciones biológicas. Se dedican un buen número de páginas, llenas de atractivos ejemplos e ideas novedosas, a los problemas de rechazo inmunológico y del reconocimiento biológico del yo y del no yo.

Las secciones, a mi juicio, más interesantes del libro son aquéllas en que el autor discute acerca del conocimiento humano, el libre albedrío, el determinismo biológico y la condición humana. El autor profundiza de manera especial en el problema que enfrenta el hombre como ser pensante destinado a desaparecer. Es la miel y la cicuta. La alegría de vivir y el saber que hemos de morir. El "horror esencial" de Huxley. Esa capacidad autorreflexiva que nos permite reconocer e identificar claramente el sinsentido de la vida. El sabernos en una obra de teatro que ha de continuar aun cuando nosotros hallamos salido del escenario. Al hombre –dice Hamburger– "le horrorizan las preguntas sin respuesta y sabe que su propia vida es una de esas preguntas. Se encuentran, pues, como partes integrantes del espíritu humano, todos los ingredientes de un desconcierto fundamental".

En mi opinión éste es un texto para ser leído por todos los interesados en el fenómeno de lo vivo; yo diría, es un libro hecho para encantar a los estudiantes de biología. En él se plantean de manera brillante algunos de los problemas centrales de esta ciencia con una perspectiva profundamente humanista.

Ante la disyuntiva miel y cicuta, paz y guerra, orden y desconcierto, vida y muerte, ante la negativa de saber, nos queda alcanzar, tan sólo, "una lúcida serenidad", escribe Hamburger.

Enrique Soto Eguibar

Modelos neuropsicológicos en afasiología

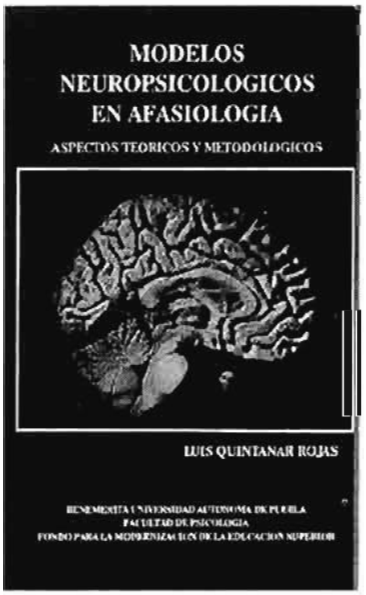
Luis Quintanar Rojas
Universidad Autónoma de Puebla, 1994

El autor aborda el problema del estudio de las afasias, que como él mismo enfatiza, tiene más de 150 años de desarrollo. Pero, a pesar de ser tan antiguo, el auge de diferentes disciplinas científicas y la evidencia de hechos clínicos antes no considerados, despertaron el interés por su estudio.

La psicología y la fisiología, la anatomía y la morfología cerebral, la neurología y la lingüística, y más recientemente la psicolingüística y la neuropsicología, han revolucionado los puntos de vista sobre la afasia, las concepciones sobre su naturaleza y las relaciones con el cerebro.

Es a partir del trabajo del psicólogo soviético A. R. Luria, quien integró datos teóricos, clínicos y experimentales, que la afasia comienza a considerarse como una alteración específica del lenguaje y no como una simple disminución de la función que depende en mayor o menor medida de la localización del daño cerebral; su estudio empieza a hacerse a través de un marco teórico-conceptual neuropsicológico.

Se hace un análisis comparativo y detallado de los trabajos realizados sobre la afasia, así como de los diferentes enfoques científicos en la resolución de los problemas y, principalmente, la identificación de las aportaciones que se han realizado en el área de la neuropsicología. La riqueza del libro es además de teórica, práctica, ya que ofrece a los especialistas en el campo un vasto panorama para encontrar la mejor vía para la rehabilitación de los pacientes que sufren enfermedades cerebrales de diferente etiología que producen afasia.



El autor sistematiza las características de los diversos estudios sobre afasia que se han hecho principalmente en Estados Unidos, Alemania, Francia y la Unión Soviética, esto con fines comparativos, desde la definición de afasia de la que parte cada escuela hasta la propuesta de sus posibles mecanismos etiológicos.

Quintanar transmite de manera objetiva los aspectos sólidos y débiles de cada enfoque, así como también destaca las convergencias conceptuales existentes en cada uno de ellos, todo esto para entender ampliamente los alcances y limitaciones de cada una de las escuelas y aportar los elementos que permitan orientar la línea de trabajo de los especialistas en el área de las alteraciones del lenguaje.

Es evidente, y el autor lo aclara así, que los resultados del análisis que realiza a lo largo del libro no son concluyentes respecto a cuál de las escuelas es mejor, sino que sólo pretenden señalar algunos de los criterios que se deben considerar en la práctica clínica.

Amira del Rayo Flores Urbina

PALEONTOLOGÍA: ¿CIENCIA FICCIÓN?

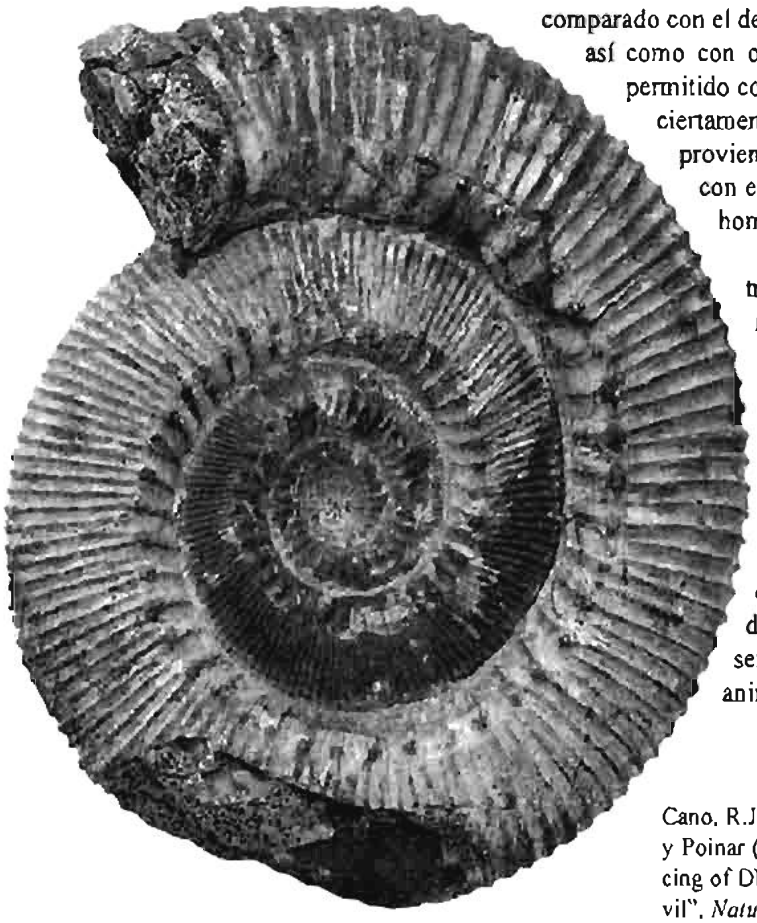
ERNST O. LE OLLUC

Obtener y analizar el DNA de restos fósiles y, por qué no, reconstruir a partir de esto un animal prehistórico, es una fantasía factible. En el cine, Steven Spielberg da vida a un dinosaurio gracias al hallazgo de su DNA. Pero la fantasía de la ciencia, al igual que la del cine, parece no tener límites.

Se ha logrado aislar y establecer la secuencia del DNA de los ribosomas de un *weevil* (escarabajo, insecto coleóptero que bajo el cuerpo tiene las alas, provisto de grandes mandíbulas y dañino a las plantas) de ciento veinte a ciento treinta y cinco millones de años que fue encontrado en un pedazo de ámbar del Líbano.

El insecto ha sido identificado como perteneciente a la familia de los *nemonychidae* en la super familia de los curculeónidos (coleóptera) y pertenece a un género y especie hasta ahora desconocidos.

El DNA del insecto fue cuidadosamente extraído del ámbar y amplificado utilizando las técnica de reacción en cadena de la polimerasa, la cual permite que una molécula de DNA se duplique varias veces en un corto periodo de tiempo. De esta manera, a partir de una pequeña muestra de material genético se puede obtener una gran cantidad del mismo (amplificación). Posteriormente, este DNA fue analizado en su secuencia de bases y comparado con el de otros insectos coleópteros, dípteros, así como con otros curculiónidos. Este análisis ha permitido concluir que el DNA del fósil presenta ciertamente una gran similitud con aquel que proviene de otros insectos y en particular con el de otros coleópteros con los que es homólogo en un 85-96%.



Estos resultados indican que la extracción y amplificación del DNA de restos fósiles es posible no solamente en la imaginación de los directores y guionistas de cine, sino también en el laboratorio. Obviamente este trabajo abre a la paleontología la extraordinaria posibilidad de analizar y comparar a nivel molecular (DNA) diversos restos fósiles que se encuentran en ámbar. Quizá algún día, con suerte y mucha imaginación, será posible dar vida a uno de estos animales prehistóricos.

Cano, R.J., Poinar, H.N., Pieniazek, N.J., Acra A. y Poinar (Jr), G.O. "Ampplification and sequencing of DNA from 120-135 million year old weevil". *Nature* 363, pp. 536-538, 1993.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Elementos se publica bajo los auspicios de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Postgrado de la Universidad Autónoma de Puebla. Entre sus objetivos destaca el servir como vehículo de comunicación entre la comunidad científica y los estudiantes del nivel medio superior y superior, así como el público en general.

Los artículos que se sometan a consideración editorial de la revista deberán enviarse en original y dos copias a:

Revista Elementos
Dr. Enrique Soto
Universidad Autónoma de Puebla
14 Sur 6301, CU
Apartado Postal 406, cp 72000
Puebla, Pue.
Tel (22) 44 16 57 Fax (22) 33 45 11

Todos los artículos serán evaluados por especialistas en la disciplina, de acuerdo con los criterios establecidos por el consejo editorial.

Los manuscritos deberán ajustarse a las siguientes normas:

1.- El material deberá presentarse con un lenguaje claro y sencillo; conviene evitar el uso de términos técnicos especializados. Cuando éstos sean indispensables, deberá explicarse su significado en una nota. Se recomienda el uso de figuras ilustrativas y cuadros que permitan sintetizar y aclarar conceptos relevantes o difíciles. Los artículos deberán ser breves, con un máximo de 16 cuartillas, de preferencia 10 cuartillas. Se recomienda usar subtítulos e incisos a fin de facilitar la lectura.

2.- Las referencias en el texto se indicarán por un número de acuerdo al orden en que aparecen. Debido al carácter de la revista, deberán incluirse sólo referencias a trabajos particularmente relevantes sobre el tema en cuestión. Al final del texto, la lista de referencias deberá asentarse como sigue: Autores con sus iniciales, título del trabajo, revista o libro de donde procede, volumen, año y páginas (se evitarán las abreviaturas, especialmente en publicaciones en idioma distinto al español).

Ejemplos

En el caso de artículos en revistas:

Sánchez-Sandoval, A., González, E. y Elizalde, M.P., "Mendeleiev, ¿un científico romántico o clásico?", *Elementos,* Vol. 2, 1990, pp. 49-58.

En el caso de artículos en libros:

Bunge, M., "La bancarrota del dualismo psiconeural", en *La conciencia,* Editor Fernández Guardiola, A., Trillas, México, D.F., 1979, pp. 71-84.

En el caso de libros:

Chalmers, A.F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?,* Siglo Veintiuno, México, D.F., 1989.

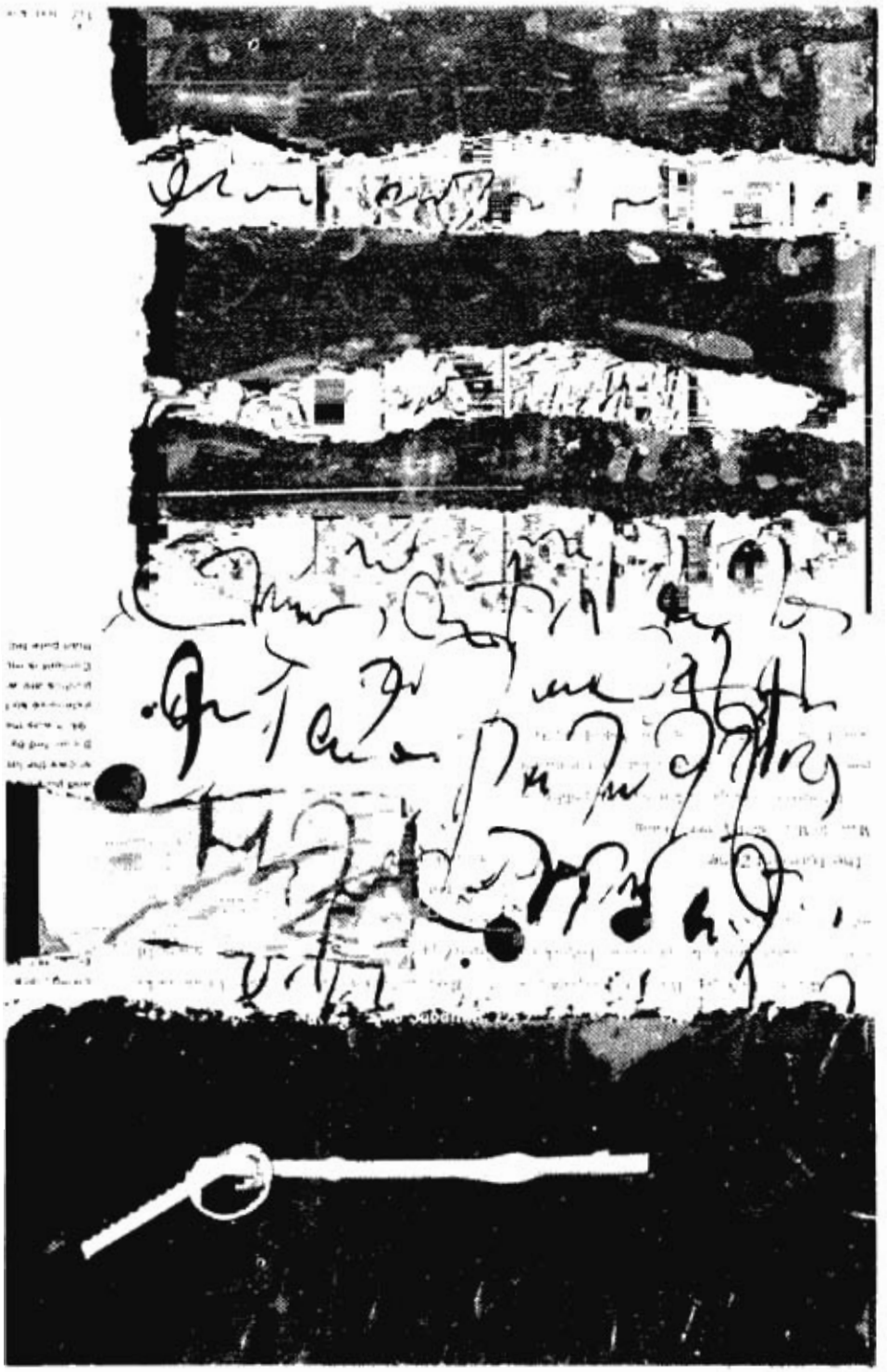
3.- Las figuras, fotografías o gráficas deberán presentarse en papel brillante o en forma de dibujos a tinta china sobre papel albanene. Al preparar las figuras deberá tenerse en consideración que comúnmente éstas se reducen de tamaño, por ello, la simbología deberá ser clara y diferenciable.

Al final del texto deberán incluirse los pies de figura. No deberán incluirse figuras a las que no se haga referencia en el texto o figuras sin su correspondiente leyenda al pie.

En lo posible deberá evitarse el uso de materiales previamente publicados. Sin embargo, cuando ello se considere indispensable, será responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para su reproducción.

4.- Deberá especificarse la institución donde trabaja cada uno de los autores, e información sobre el domicilio y teléfono del autor responsable.

5.- En caso de que se haya usado un procesador de textos computarizado, se solicita enviar el disco con el texto, indicando el procesador que se utilizó.



MARCELO GAUCHAT, 1995.