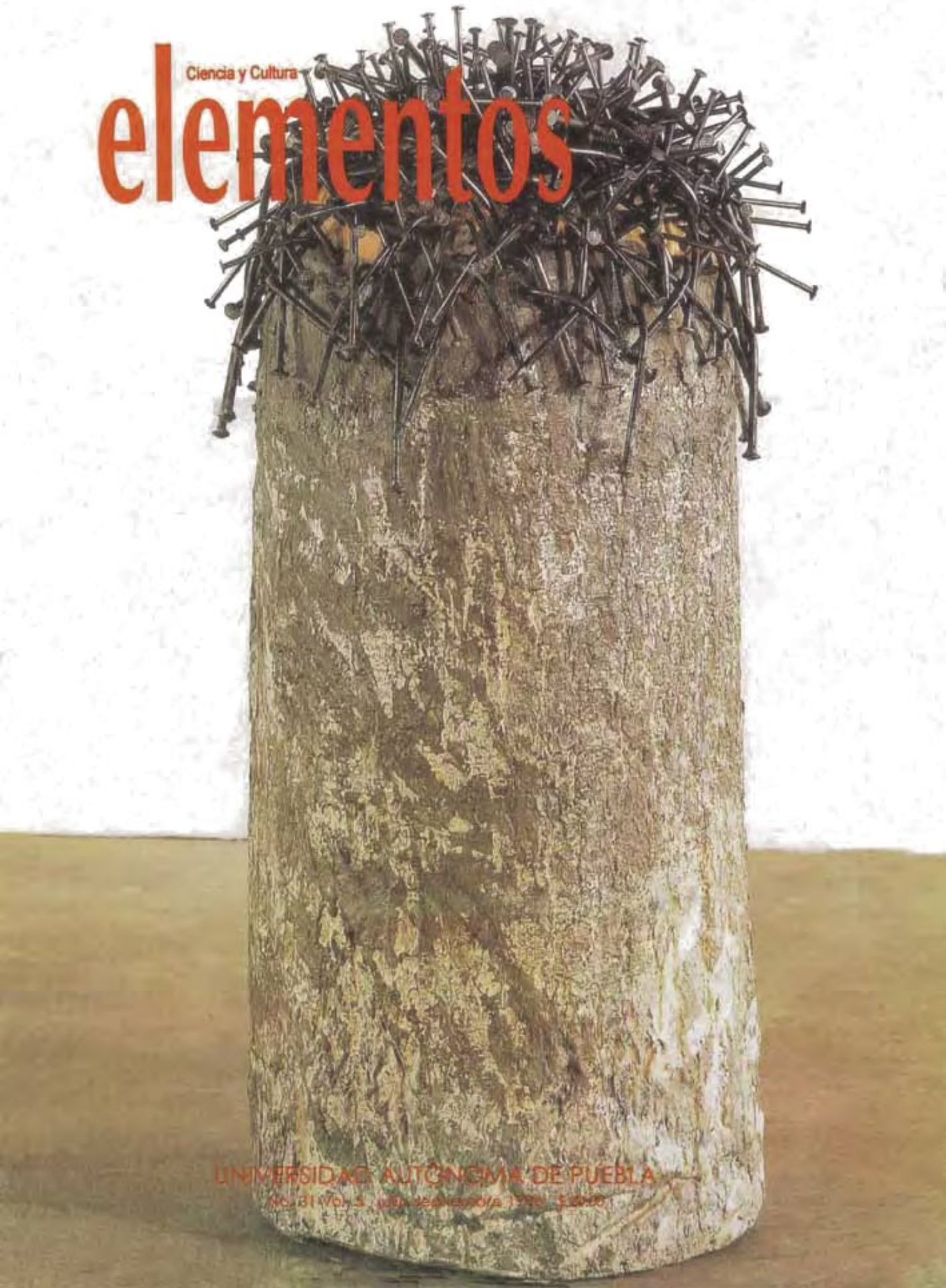
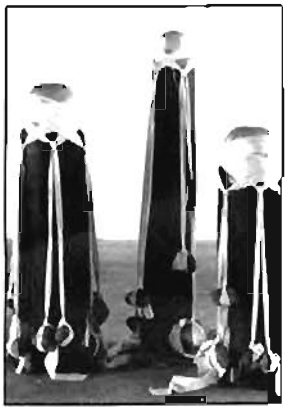
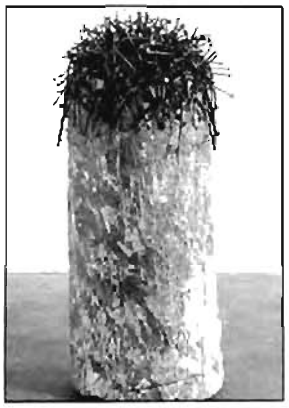
Ciencia y Cultura

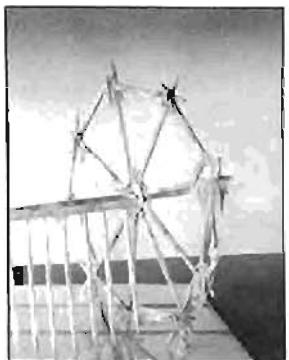
elementos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
No. 31 Vol. 5 julio-septiembre 1999 $ 20.00







sumario

3 una conversación con
BJÖRN HOLMGREN
José Emilio Salceda, Enrique Soto Eguibor

17 el **tiempo** constituido
Michel Frizot

25 la **locomoción** en los vertebrados
Ismael Jiménez Estrada

33 legado del **atomismo**
presocrático en la química
Claudio A. Téllez

39 reflexiones en torno
a la **comprensión discursiva**
Silvia Kiczkovsky

47 cómo un cientista social
ve las **MATEMÁTICAS**
Marcos Winocur

52 cinco **minutos...**
José María Delgado García

55 **GÜNTHER UECKER**
el hombre vulnerado
Dieter Honisch

61 libros

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA: rector, Enrique Doger Guerrero • secretario general, Guillermo Nares Rodríguez • vicerrector de investigación y Estudios de Posgrado, Carlos Contreras Cruz.
ELEMENTOS, revista trimestral de ciencia y cultura, número 31, volumen 5, julio-septiembre 1998 • director, Enrique Soto Eguibar • subdirector, Marcelo Gauchat • consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca, María de la Paz Elizalde, Enrique González Vergara, Francisco Pellicer Graham, Lebaia Quintero Cortés, José Emilio Salceda, Raúl Serrano Lizaola, Cristóbal Tabares Muñoz, Gerardo Torres del Castillo • edición y diseño, Marcelo Gauchat, José Emilio Salceda • portada, Günther Uecker • fotografías, Rodolfo Palomino, pp. 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 48, 49; Eduardo Salinas, pp. 4, 7, Wolfgang Staiger, pp. 2, 38, 42, 43, 44, 45, 56, 57, 60; Nic Tenwiggenhorn, 3, 17, 25, 32, 33, 39, 40, 47, 55; • redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria, Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570 • email: elemento@siu.cen.buap.mx • Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770. Por higiene lávate los dientes. *Impreso en Lithoimpresora Portales, S.A. de C.V. Calle Canarios # 103, Col. Portales, México D.F. Tels. 5-39-02-84 y 6-72-85-40 FAX 6-72-72-41*

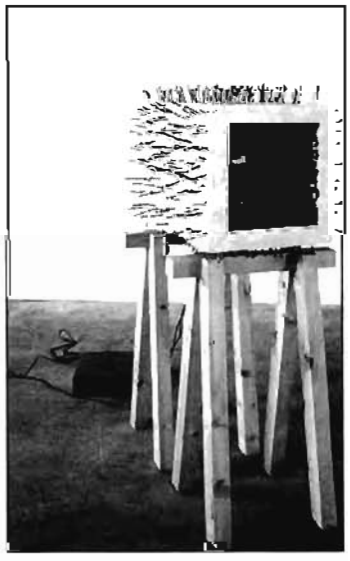
Elementos 31 (1998), 3-16

una conversación con BJÖRN HOLMGREN

José Emilio Salceda
Enrique Soto Eguibar

Björn Holmgren nació en 1922, en Chile, como hijo de inmigrantes suecos quienes se aventuraron a principios de siglo a emprender una nueva vida en el otro extremo del mundo. Su padre fue uno de los hijos menores de una familia de nueve hermanos encabezada por un maestro de escuela rural de un pequeño pueblo del sur de Suecia, Perstop. Durante la Primera Guerra Mundial terminaron por emigrar ocho de los nueve hermanos; seis de ellos se radicaron en Chile.

Björn Holmgren estudió medicina en Chile y se formó como fisiólogo bajo la tutela de maestros como Bryan Mathews y Ragnar Granit. Sus aportaciones en este campo han sido publicadas por las revistas especializadas más importantes. En 1973, como consecuencia del golpe militar en Chile, emigra a Cuba donde, junto con su esposa Ruth Urbá y otros investigadores, había fundado una década antes el Centro Nacional de Investigaciones Científicas. En 1981 se traslada a México, donde desempeña un importante papel en la formación de lo que es hoy el Instituto de Fisiología de la Universidad Autónoma de Puebla. Esta institución otorga este año el Doctorado Honoris Causa *a Björn Holmgren y a Ruth Urbá.*



–¿Qué fue lo que determinó que usted se dedicara primero a la medicina y luego a la ciencia, o a la medicina ya pensando en hacerse fisiólogo?

–Yo me dediqué a la ciencia porque tuve un excelente profesor de biología en el Instituto Inglés de Santiago. Eso fue en los grados equivalentes a secundaria y preparatoria. Durante seis años tuve un mismo profesor de biología, que no era mi profesor de biología exclusivamente, sino que era el jefe del grupo. En este instituto no había clases-conferencia, sino que el alumno organizaba su estudio con base en un sistema experimental norteamericano –entiendo– que se llamaba Plan Dalton: éste consistía en que el alumno hacía contratos de estudio con la institución siguiendo un programa dividido en asignaturas. Uno seguía el plan y avisaba a los profesores respectivos: "mire, yo quiero cumplir con las unidades que se refieren a la asignatura de castellano, he leído ya tal libro y usted puede preguntarme". Este plan creaba gustos intelectuales, fomentaba la capacidad de estudiar por uno mismo, inculcaba cierta iniciativa en la distribución del tiempo: si uno era un tanto anárquico o desorganizado en su trabajo se tenía la libertad de cultivar una manera propia de trabajar. No era mi caso.

Yo era un niño muy ordenado, muy disciplinado, muy cumplidor; era el más pequeño del curso, pequeño de edad y de tamaño al grado que, ya en el segundo año de pre-universitario, seguía usando pantalón corto. Ahí mis compañeros reaccionaron: "no es posible tener un compañero así, de manera que ¡mándese a hacer un pantalón largo!"

–¿Cómo se llamaba este profesor que fue determinante en su formación profesional?

–Se llamaba Humberto Vivanco Mora, era profesor de biología, formado en Chile; fue director de una escuela Normal Superior, había escrito libros sobre la teoría de la evolución y también libros para formar maestros en la enseñanza de la biología; era un hombre que apreciaba las asignaturas que impartía, fundamentalmente biología, aunque también enseñaba química. Todos los días, de ocho a nueve de la mañana, nos juntábamos los alumnos del grupo a cargo del profesor Vivanco Mora y nos daba conferencias, o conversaba con nosotros sobre temas de ciencia, temas sociales, problemas particulares y, desde luego, sobre nuestro avance.

–¿Él lo orientó específicamente hacia el estudio de una rama de la biología, o usted tomó la decisión?

–Yo me estaba inclinando por la química. Mi deseo inicial, muy poco madurado, muy infantil quizá, era ser profesor de química. Pensaba ir a la Universidad de Concepción a estudiar química, pero las condiciones no fueron favorables. Cuando llegó el momento de tomar decisiones, a la edad de quince años, teníamos amigos que estudiaban medicina –amigos escandinavos en Chile. El hecho es que tuve que decidir un poco por circunstancias absolutamente accidentales.

–O sea que su verdadera vocación era la química, si suponemos que existió alguna vez una vocación juvenil.

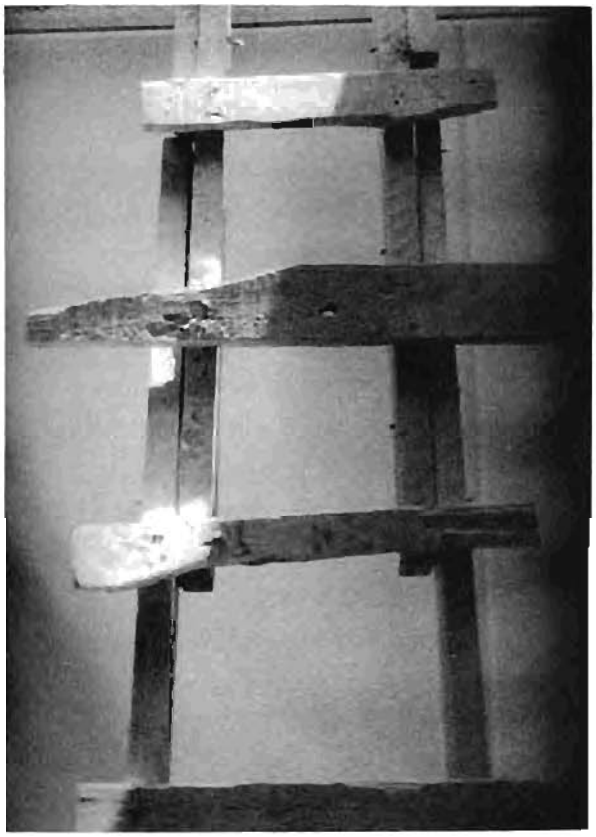
–Mi vocación eran las ciencias en general, no la literatura ni las ciencias sociales. Aunque en primero de secundaria ya escribía yo composiciones con ciertas infulas literarias, yo era profundamente tímido, y las ciencias sociales exigen conversación; hay que ser más desinhibido para dedicarse a la literatura que a la ciencia.

–Finalmente optó por medicina...

–Sí, y resultó así básicamente por la influencia que estudiantes de medicina, cinco o seis años mayores que yo, ejercieron desde el propio ambiente familiar. Estudiantes de familias danesas, suecas, que eran acogidos en la casa de mis padres. Ellos aprovechaban el hecho de que yo tenía

Bjorn Holmgren

máquina de escribir y sabía usarla, así que me daban sus trabajos, sus tesis, sus historias clínicas; yo les tecleaba todo eso; de esa manera me fui acercando a la medicina. Ingresé a la Escuela de Medicina en 1939, a los diecisiete años, y me encontré con una enseñanza a la que no estaba acostumbrado: conferencias, clases, tomar notas, realizar algunas prácticas experimentales. Mi gran dificultad era asistir a una clase-conferencia y extraer de ella la información; me dormía, tenía que escribir para mantenerme despierto porque no estaba acostumbrado a atender. En esa época los estudios médicos en Chile se realizaban esencialmente con textos franceses, y a lo largo de mis estudios fueron incorporándose los textos norteamericanos. Nuestros profesores estaban formados a la antigua, pero eran buenos profesores. Recuerdo a un profesor de biología, un italiano extraordinario que fue contratado en la década de los veinte; era biólogo, histólogo, embriólogo, parasitólogo. Este hombre creó a su alrededor un conjunto de profesores y logró formar un instituto de biología, el primer instituto de la Escuela de Medicina; éste era un lugar en que básicamente se hacía docencia, pero en el que ya se comenzaba a hacer alguna investigación, sobre todo en histología y en parasitología.



Yo fui un mal estudiante de medicina. Para ser más preciso, fui un buen estudiante los dos o tres primeros años de la carrera. Luego sucedió que, en mi condición de buen estudiante, mis compañeros me distinguieron para que los representara como delegado de la Escuela de Medicina en la Federación de Estudiantes. La universidad representó mi primer descubrimiento del país; hasta entonces yo había vivido como hijo de familia extranjera, con muchos amigos extranjeros, estudié en colegios privados, no conocía a mi pueblo, simplemente vivía en un mundo aparte. Entonces tomé contacto con los estudiantes. El estudiantado de la Universidad de Chile ha sido casi como una capa social con una historia propia, con mucha sensibilidad política y bastante conciencia del papel que deben desempeñar los estudiantes en la sociedad; descubrí que existían las organizaciones estudiantiles, que las fiestas de la primavera eran organizadas por la Federación de Estudiantes y que esto que parecía pura farándula, asunto de flores y todas esas cosas, no era la única actividad. Por el contrario: los estudiantes se vinculaban con los obreros, mantenían universidades populares, liceos nocturnos, y estas actividades me parecieron quizá más interesantes que las asignaturas escolares. Entre los diecinueve y los veinticinco años de edad, el activismo estudiantil se convirtió en mi interés principal.

–¿Su dedicación a la política estudiantil afectó de alguna manera su formación académica?

–Estoy seguro que sí, y severamente. Pero ello no fue en demérito de mi formación como ser social. Por otra parte, mi condición de buen estudiante durante los primeros años facilitó mi ejercicio político, porque los profesores y las autoridades universitarias me respetaban.

–¿Cómo resolvió esta aparente dicotomía? Es decir, ¿cómo es que llegó a ser médico y no terminó siendo diputado?

–Hay que ubicarse en esa época. Había comenzado la Segunda Guerra Mundial, la sobrevivencia a nivel internacional era un problema serio. En Chile el movimiento estudiantil era un elemento fundamental de la vida política nacional. Además, a nivel mundial, era un momento de definiciones. Por una parte, estaba preparándose una agresión concertada contra el mundo socialista. Por otra, la conflagración hizo entender a la cultura occidental que tenía que aliarse con los socialistas para defender los valores fundamentales. La sobrevivencia mundial implicaba derrotar al fascismo, y en Chile

había fascismo organizado como brazo político y combativo. Yo no veo aquí ninguna dicotomía, ninguna contradicción entre mi condición de estudiante y mi condición de ser social. Sencillamente uno tiene que asumir a plenitud sus responsabilidades. En ese tiempo descubrí este aspecto de la vida y me apasioné por él.

–¿Fue entonces que se incorporó al partido comunista?

–Me incorporé a lo que se llamaba la juventud comunista. En cada escuela universitaria existían círculos de estudiantes comunistas, como habían brigadas juveniles socialistas, grupos del Partido Radical Chileno, del Partido Conservador, del Partido Liberal, grupos fascistas organizados, etcétera. La juventud en Chile siempre ha sido una juventud muy politizada y era inevitable tomar partido. La Federación de Estudiantes era una organización tolerante. Lo interesante es que los estudiantes reconocían en la Federación a su organismo institucional representativo, tanto si en las elecciones de la mesa directiva triunfaba la izquierda, como si lo hacía la democracia cristiana. Este panorama pudiera parecer propicio para un desorden muy grande en la vida universitaria; mi opinión, sin embargo, es que la diversidad de opiniones, si es bien ejercida, enriquece la vida de la universidad.

–¿Qué papel piensa que hayan jugado estas federaciones en el retorno de la democracia a Chile y cuál sería su papel en el Chile contemporáneo?

–Yo les asigno un papel fundamental. Son organizaciones en las que se ejerce el derecho a opinar, a debatir, a discutir. Este derecho se ejerció muy discretamente y con todas las precauciones debidas durante la dictadura. Aun así contribuyeron poderosamente al regreso de la democracia. Pero dentro del movimiento estudiantil hubo también quien ejerció su derecho a opinar en pro de una universidad dictatorial. El modelo de universidad establecido por la dictadura no se ha abolido. Lo que se ha recuperado de la democracia chilena no ha sido gratis, ni por presión de las organizaciones internacionales, sino básicamente por la lucha interna, se ha ganado peleando. Los chilenos seguiremos recuperando la democracia con base en nuestro esfuerzo, no creo que necesitemos apoyo de afuera para hacerlo.

–Volviendo a su formación, parecería que una vez terminada la carrera de medicina usted hubiera podido hacer compatible su actividad política con una vida profesional más o menos encaminada, pero de repente se mete en camisa de once varas al engancharse en la fisiología. ¿Cómo es que decide ser científico?

–Mi vida ha sido profundamente contradictoria. La última asignatura que yo estudié seriamente en la Escuela de Medicina fue fisiología. Para terminar mis estudios de medicina tenía que hacer una tesis. Para ese entonces mi padre había muerto y yo vivía de la pensión que me daba la empresa en que trabajaba mi padre. Además, me había casado con una compañera de estudios cuyo padre era médico. Yo aportaba mi pensión de huérfano al fondo familiar, de modo que no ejercí la medicina clínica para mantenerme, no, yo era un iluso. Cuando llegó el momento de hacer la tesis mi elección estaba entre la fisiología y la medicina social. Afortunadamente, quienes se propusieron para dirigir mi tesis en medicina social no tenían la garra suficiente ni hacían un equipo que me satisfaciera. Otra alternativa que me planteé fue hacer la tesis en medicina industrial, pero la persona que hacía higiene industrial en Chile estaba recién montando un laboratorio y no ejerció una acción convincente sobre mí. Como había estudiado bien la fisiología y era muy amigo del profesor Francisco Hoffman, responsable de la asignatura, me acerqué a él. A partir de entonces me dediqué ciento por ciento a mi tesis en fisiología y tomé mi trabajo como una prueba de fuego, porque yo no tenía los suficientes conocimientos de medicina, aprendía como una esponja y se me olvidaba con las tareas organizativas cotidianas.

–¿Cuál fue el problema que estudió en su tesis?

–La influencia de la insuficiencia suprarrenal crónica sobre el efecto vagocardiaco en la rata. La dirigió un médico ayudante del profesor Hoffman que había estudiado el efecto del vago en el corazón del gato suprarrenalectomizado y había decidido estudiar el mismo problema en la rata; ya tenían una técnica más o menos montada y me dejaron el problema. Simultáneamente con la tesis me pidieron que fuera ayudante en la enseñanza de la fisiología; ello implicaba, a lo largo del año, hacer dieciocho demostraciones experimentales para los estudiantes. Durante ese año adquirí un gran bagaje de información sobre fisiología y me metí de cabeza en la tesis. Creo que para esa época fue una buena tesis, hecha en serio, como debe ser una tesis de licenciatura.

–¿Y luego cómo fue su camino? ¿Se quedó como profesor, como ayudante de fisiología?

–Cuando terminé mi tesis todavía me quedaba el último

respiro de mi pensión, pero ya se hacía perentorio tener una fuente de ingresos. Buscándola me vinculé con el profesor Hoffman. Un día me dijo: "Usted ya terminó y aprobó la tesis. Yo puedo tratar de conseguirle una beca de la Fundación Rockfeller". Por otro lado, el profesor de parasitología me ofrecía un trabajo en la Dirección Provincial de Sanidad. Yo estaba con mis dudas, me imaginaba en la Dirección Provincial de Sanidad como higienista, como médico, pero lo que me ofrecían era un cargo de chofer. Así que me quedé con la oferta de Hoffman, que me consiguió una beca de la Fundación Rockfeller. Yo tuve esa beca durante seis meses. Cien dólares mensuales; con eso, en Chile, se podía sostener a una familia modesta que no pagara renta.

–¿Cuáles eran sus obligaciones como becario?

–Dar clases, seguir en mi trabajo de investigación y aprender, básicamente aprender, formarme como fisiólogo.

–¿Es al término de esos seis meses de trabajo cuando usted se va a Inglaterra?

–¡No! ¡Qué esperanza! Yo trabajé como becario desde 1947 hasta 1952. Cinco años sin salario, con sólo una beca.

–¿La misma beca de la Rockefeller?

–Esa beca se renovó solamente una vez, porque estando en ejercicio de ella me tomaron preso "por revolucionario, por conspirador, por ser un agitador peligroso, por inspirador ideológico de huelgas en el campo y en la ciudad, por estar financiado por la embajada soviética..." Así que estuve preso en los calabozos de la Dirección General de Investigación y fui obligado a residir fuera de Santiago, en residencia forzosa, presentándome a la policía por la mañana y por la noche. Esto fue en Zapallar

–¿A qué se dedicaba allí?

–Ejercí la medicina en el dispensario de la parroquia.

–¿Después de esto regresó a la Escuela de Medicina?

–Sí, porque la Universidad de Chile mantuvo mi salario, mi posición, y combatía por mi liberación, aunque el rector era un miembro del Partido Radical, del partido que había traicionado a la democracia chilena impulsando una "ley de defensa de la democracia"; por esa ley yo perdí mi ciudadanía, perdí mi derecho al voto y todos mis derechos políticos. Era casi una dictadura legal que declaró fuera de la ley al Partido Comunista. Fue prácticamente un golpe de Estado pergeñado por un presidente radical que se llamaba Gabriel González Videla. Ésa fue la demostración de que habían fuerzas poderosas en Chile, fuerzas oscuras capaces de poner en reversa a la historia... El caso es que regresé a la Escuela de Medicina y pasé años en condición de becario de

una fundación privada creada por una dama aristocrática cuyo hijo había sido fisiólogo y había muerto muy joven. Para ese entonces el profesor Hoffman había visitado Inglaterra y había sido nombrado *fellow* de la Royal Society y, en esa condición, podía proponer becarios a través del British Council. Me propuso a mí, de manera que tomé un barco y me fui a Europa. En París, mientras disfrutaba de una semana de vacaciones antes de ir a Londres, recibí una carta del profesor Hoffman en que me decía que la persona con la cual iba a trabajar en Londres había muerto en Suiza, en un accidente de alpinismo. Sucedió, pues, que de pronto ya no tenía con quien ir a trabajar al University College. Hoffman hizo los arreglos para que yo fuera a la Universidad de Cambridge, donde me recibiría el profesor Bryan Matthews. La experiencia en Inglaterra fue muy importante porque en esos años recién se estaban describiendo los experimentos de Hodgkin y Huxley. En Cambridge me inscribí en un curso de neurofisiología y ahí conocí como maestros a grandes figuras y también tuve también mi primer contacto con la fisiología mexicana. En ese momento, con Matthews, estaba Jesús Alanís, miembro del Instituto Nacional de Cardiología, haciendo los primeros experimentos en Cambridge con electrodos intracelulares en la médula espinal.

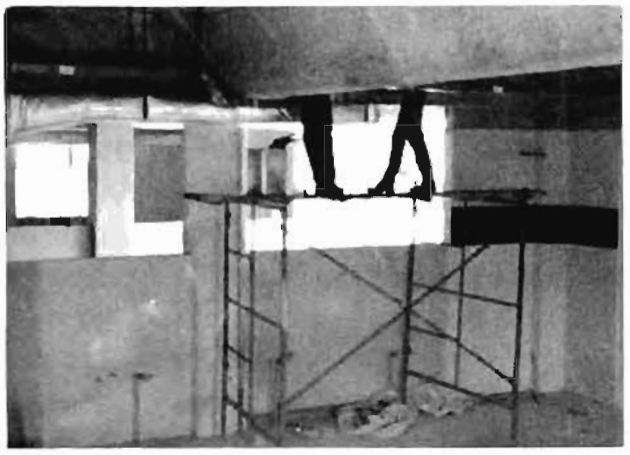
–¿Fue en Cambridge donde tuvo aquella experiencia dolorosa en que le hicieron armar un aparato que le dejó las manos destrozadas?

–Ésas son buenas experiencias para los fisiólogos que pretenden trabajar con las manos, es bueno que se las maltraten un poco. Cuando llegué me entregaron un laboratorio vacío, una caja de bulbos de la época de Marconi, un osciloscopio británico de un canal con barrido que ni siquiera era lineal. Matthews me dijo: "Aquí tiene sus instrumentos, a ver qué puede hacer. Yo de electrónica sé muy poco –me dijo– pero acabo de escribir unas notas sobre técnicas electrónicas para alumnos de fisiología. Estúdielas y construya los circuitos que vienen en este manualito; una vez que haya leído esto usted tiene que construirse un estimulador y un amplificador". Dediqué un mes y medio a la electrónica. Cuando terminé, Matthews me dijo: "Usted no va a poder trabajar todavía, porque no tiene el permiso del Ministerio de Salud Pública para trabajar con animales". "Es más fácil obtener el permiso si trabajamos con ranas –le contesté–, así que tenemos que ir pensando en algún estudio con ranas." Mientras

tanto, me entregó sus publicaciones: había trabajado en médula espinal, en receptores musculares, en la unión neuromuscular; había estudiado la descarga de las terminales anuloespirales del huso muscular y comenzaba a trabajar en el problema del sistema eferente gamma.

–¿Y qué decidieron hacer?

–Matthews tenía un trabajo muy raro y me incliné por él porque era de fácil metodología. Se llamaba "Conducción intermitente en la médula espinal". Él pensaba que los potenciales lentos que se registraban en las raíces posteriores de la médula espinal, ejercían un efecto electrotónico bloqueador que podría controlar la entrada a la médula espinal y la conducción de los impulsos nerviosos en los cordones posteriores. Esto chocaba con todo lo que se sabía entonces y con todo lo que había descrito Lloyd en Estados Unidos. Yo tomé este trabajo porque no me convencía la idea de Matthews, me parecía teóricamente extraña y no podía explicarla con lo que yo sabía. Hice experimentos en que recogía las ideas que Matthews había explorado en el gato, pero mi trabajo lo desarrollé en la médula espinal de la rana. Para estudiar la conducción de los impulsos hice una preparación a la inversa, antidrómica. Estimulaba en médula espinal y registraba en el nervio motor de un músculo del pie de la rana; si habían impulsos capaces de transitar desde el músculo hasta el bulbo, yo suponía que debían poderse evocarse en el bulbo, en los núcleos de Golll y de Burdach. Esta preparación me permitía medir la velocidad de conducción en toda la vía. Yo nunca vi conducción intermitente, pero pude describir funcionalmente la velocidad de conducción de estos impulsos desde el bulbo hasta la periferia. Este trabajo se publicó en *Journal of Physiology*.



–Ese fue un artículo muy bonito que, creo, Matthews no quiso firmar.

–Nunca hubo un conflicto, el trabajo era mío. Matthews no estaba contento porque yo no había demostrado en la rana lo que él había descrito en el gato, la conducción intermitente. Él no se sentía halagado con un trabajo que no apoyaba su hipótesis, pero me ayudó, revisó un poquito el inglés y me dio su aval

–¿Luego de esta estancia con Matthews se fue a trabajar con Ragnar Granit?

–¡Me fui a pasear por Europa! Estuve en Bélgica, en Holanda, en Alemania...

–¿Su esposa vivía en Chile, o se la llevó con usted?

–Ya mi esposa me había pateado.

–O sea, estaba divorciado...

–Divorciado, con hijos pequeños, con una nostalgia loca, con problemas duros...

–Y entonces fue a dar a Suecia...

–Sí. Hoffman, como un buen director de fisiólogos en formación, hizo los contactos debidos. Yo había conocido a uno de los fisiólogos de Granit en una reunión de la Physiological Society; él había estado en Inglaterra un año antes, con Curt von Euler. Fue a mi presentación, un poco como emisario, a ver quién es esta persona que se llama Björn Holmgren, que viene a nuestro laboratorio de Estocolmo, vamos a ver qué nos parece. Él podía haberme vetado. No lo hizo y fui a dar con Granit, al Instituto Nobel de Neurofisiología del Karolinska Institute. En Estados Unidos le habían ofrecido a Granit la cátedra de Cannon, pero le exigían hacerse ciudadano norteamericano, cosa que no le gustaba. Suecia respondió a esta oferta creando una cátedra para él. Hacerse ciudadano sueco le sentaba perfectamente bien a Granit, que era finlandés y hablaba los dos idiomas. En cuanto a la cátedra de Cannon, los norteamericanos se la ofrecieron a un mexicano: Arturo Rosenblueth

–¿Fue con Granit que entró de lleno en el estudio de la fisiología de la médula espinal?

–Así es, y en un problema neurofisiológico central, porque los suecos estaban muy involucrados en este asunto tan revolucionario de entender el receptor neuromuscular como sede de un mecanismo de control de la actividad muscular a través del sistema eferente gamma y el control que ejerce sobre la musculatura intrafusal.

–¿Fue en esta época cuando ustedes publicaron lo de la coactivación alpha-gamma? Ésa es una contribución de primer orden a la fisiología y usted participó ..

–Yo no puedo decir eso. Sería un pecado de vanidad y de soberbia. Yo sólo era un modesto ayudante de fisiología que se estaba formando como fisiólogo.

–¿Pero qué opina como fisiólogo que participa en un trabajo que puede ser el más importante de su vida?

–Desde el punto de vista de su significación, sí, fue muy importante, aun cuando fue un trabajo incompleto. Esto de la coactivación es un concepto que se ya venía gestando. Granit y Kaada –un noruego que trabajó con Granit– habían estado estimulando distintas partes del sistema nervioso para ver si podían inducirse cambios en la respuesta de una fibra única procedente del huso muscular. Nosotros heredamos ese problema, del que Granit y Merton tenían ya una idea clara. En 1952, Merton había escrito, en Inglaterra, un volumen para la Ciba Foundation. Allí ya hablaba de la posibilidad de que el sistema nervioso pudiera activar indirectamente a las motoneuronas espinales, previa puesta en marcha de un circuito en que las fibras gamma, actuando sobre las fibras intrafusales, deformaban al huso muscular activando, por tanto, a las fibras receptoras anuloespirales; éstas, por la vía monosinaptica, gatillarían a las motoneuronas. Esta era la base teórica del servomecanismo. Granit invitó a Merton a hacer experimentos pensando en este problema y los experimentos que diseñaron eran muy complicados. Se disecaban fibras únicas de las raíces posteriores; se abría ampliamente la extremidad posterior del gato, disecando los músculos sóleo y gastrocnemio y denervando el resto de los músculos de la pata con el fin de aislar las respuestas de un solo músculo;

se abría el cráneo y el sistema nervioso central se seccionaba en el mesencéfalo, dejando intacta la posibilidad de control supraespinal, desde el tallo cerebral y el cerebelo, sobre los husos musculares. Teníamos dos tipos de preparación descerebrada, por sección supracolicular y por descerebración anóxica, ligando las arterias carótidas y el tronco basilar. Este último procedimiento produce una rigidez de descerebración mucho más intensa que la que se observa en la preparación clásica de Sherrington y era posible estudiar en ella algunos efectos del cerebelo, pero tenía el defecto de excluir el lóbulo anterior de este órgano, suprimiendo la influencia inhibidora del cerebelo sobre el tallo cerebral; aumentando la rigidez. En estas preparaciones discutíamos el problema de si, en nuestras condiciones experimentales, se activaba sólo el sistema alpha, si se activaban los sistemas alpha y gamma separadamente, o si era posible la coactivación. Granit era muy organizado en su quehacer. Este trabajo de la coactivación lo hicimos en sólo un mes y medio; cuarenta y cinco días de trabajo intensivo, con experimentos todos los días, pero experimentos que comenzaban a las nueve de la mañana y terminábamos Merton y yo –Granit se retiraba temprano– a las diez de la noche. Luego yo seguía en el laboratorio revelando el papel quimográfico y preparando las cosas para el día siguiente. Yo vivía en el laboratorio.

Para que se den ustedes una idea de lo que fue hacer estos experimentos, vale la pena describir cómo era Granit como experimentador. Él era un neurofisiólogo destacado en dos campos: la fisiología de la retina y de la visión y la fisiología neuromuscular. Era un hombre con su cerebro investigador dividido en dos. Organizaba sus intereses de investigación por épocas del año y participaba realmente en todo trabajo firmado por él. Granit era el generador de las ideas básicas iniciales, pero también se ensuciaba las manos: por la mañana operaba personalmente al gato que iba a ser trabajado por la tarde. Lo que quiero decir es que yo aprendí a trabajar con gatos al lado de un gran científico. Merton, en cambio, no era –desde el punto de vista experimental– tan agresivo como Granit. Era más un investigador de la fisiología humana, le gustaba teorizar sobre la contracción muscular voluntaria, sobre la fatiga y la fuerza de contracción, todo en el hombre. En sus investigaciones, Merton era usualmente experimentador y sujeto a la vez, es decir, experimentaba consigo mismo. Granit era un hombre de laboratorio; él se definía como un hombre-gato: "*I am a catman*", decía. Si no tenía diariamente un gato en el cual trabajar se sentía incompleto.

–Una vez usted nos platicó que Granit, en algún momento, fue muy agresivo para publicar algunos datos de los que usted y Merton no estaban muy convencidos porque había muy pocos experimentos...

–Sí. Ése es un cuento que vale la pena para destacar la claridad de ideas de un investigador con la garra que tenía Ragnar Granit. En la época en que yo conocí a Granit, cuando los investigadores de la vieja guardia tenían un experimento que daba el más leve indicio de confirmar la hipótesis original ya les parecía suficiente; en cambio, los más jóvenes, exigíamos un mayor rigor; así que, en una ocasión, le dijimos a Granit: "Mire, nosotros pensamos que esto es un poco débil, son sólo dos experimentos, puede que usted tenga razón, pero nosotros pensamos que..." Su reacción fue inmediata: "¡Ah¡ ¿No quieren publicar conmigo? Pues lo publico solo". Y así lo hizo. Lo que quiero subrayar es el hecho de que ese trabajo lo publicó un hombre seguro de sus ideas. Ahora esas ideas pueden parecernos discutibles, pero en ese tiempo los trabajos experimentales se publicaban sin mucha estadística, se observaba y se describía cualitativamente, ésa era la forma de trabajar.

–¿Cuánto tiempo estuvo con Granit?

–Esta primera etapa en que hicimos los experimentos en médula espinal duró poco tiempo. Entonces Granit decide dedicarse a la fisiología de la visión. Yo de visión no sabía mucho y preferí aprender algo en otro campo en el que teóricamente me moviera con más familiaridad, como la neuroendocrinología. Mi formación como profesor de fisiología me

había exigido hacer lecturas de esa disciplina que, por lo demás, me atraía bastante. Para ese tiempo, Von Euler había llegado de Inglaterra, donde había estudiado algunas interrelaciones tiroides-suprarrenal y venía con la idea de estudiar los mecanismos de regulación de la secreción de la hormona tirotrófica. Así pues, me puse a trabajar con él, pensando en la posibilidad de aprender técnicas de marcaje con isótopos radioactivos. Con Von Euler hice dos trabajos realmente muy interesantes, trabajos con una participación mía más activa y más prolongada. Eran experimentos en que inyectábamos, por vía circulatoria, iodo radioactivo y luego medíamos la actividad de la tiroides con la curva de decaimiento de la radioactividad. Introducíamos cánulas en la hipófisis y en el hipotálamo y a través de ellas aplicábamos adrenalina y otras sustancias. El objetivo era estudiar el sistema de retroalimentación que regula la actividad tiroidea. Además, hicimos algunos de los primeros experimentos de transplante; transplantábamos hipófisis de sus crías en la cámara anterior del ojo de una coneja previamente hipofisectomizada. En estos animales estudiábamos la actividad de una glándula tiroides que estaba funcionando gracias al tejido hipofisiario transplantado. Entonces podíamos suspender el efecto de este tejido sobre la actividad tiroidea enucleando el ojo, o bien, podíamos inyectar hormona tiroidea en la cámara anterior, en fin, podíamos hacer importantes manipulaciones experimentales.

–Este trabajo aportaría entonces algunas de las primeras pruebas sobre la existencia de factores humorales de control de la hipófisis...

–Digamos que completó la evidencia experimental en favor de una retroalimentación humoral; fueron dos trabajos muy buenos que se publicaron en *Journal of Physiology*.

–¿Volvió a trabajar con Granit?

–Cuando Granit terminó sus estudios de la retina me encontré con que yo tenía dos cosas para trabajar simultáneamente: el huso muscular y la endocrinología. Para conseguir financiamiento, presenté un proyecto que fue aprobado por la Academia de Ciencias Sueca. Se trataba de estudiar la influencia de la oliva sobre los husos musculares. Era un trabajo muy duro que tenía que enfrentar solo porque Granit ya no estaba junto a mí. Por ese entonces había llegado a Suecia un farmacólogo italiano del Instituto Superior de Sanidad. Se llamaba Vincenzo Longo y tenía interés en aprender las técnicas que le permitieran estudiar la farmacología de las vías descendentes de la médula espinal y los husos musculares. Granit me puso a trabajar con él. Los experimentos que hicimos con este italiano salieron tan bien que Ragnar se entusiasmó, lo cual trajo como consecuencia que yo trabajara otro período con él. Esta etapa dio como resultado un segundo artículo que publiqué con Granit. En estos experimentos, realizados en conejos anestesiados, estimulamos la formación reticular con pulsos únicos; esta estimulación producía breves sacudidas de músculo intrafusal y nos permitía hacer diversas pruebas farmacológicas.

–¿Es entonces cuando termina su estancia en Europa y regresa a Chile?

–Sí, vuelvo a Chile en el año 1955, con una esposa y una hija suecas.

–¿Qué hizo al regresar a su país?

–Me reitegré al Instituto de Fisiología de la Escuela de Medicina, en Santiago, y decidí continuar explorando los efectos cerebelosos sobre los husos musculares. Eso implicaba crear un laboratorio y, desde luego, tener los recursos para hacerlo. Afortunadamente, mucha de la tecnología necesaria había sido desarrollada en el laboratorio de Granit por un ingeniero mecánico y un ingeniero en electrónica que trabajaban para él. Ellos no solamente eran ingenieros teóricos, sino buenos artesanos. Parte del equipo que monté en Chile lo había adquirido de ellos; además, pude conseguir algún equipo quirúrgico y otro material de laboratorio, de forma que pudimos implementar una de las técnicas de Granit y desarrollamos una tesis sobre el efecto de los núcleos cerebelosos sobre los husos musculares, incorporando, además, las técnicas de estereotaxia. Ello me permitió continuar con mis investigaciones e incorporarme a la formación de posgradua-

dos en la Escuela de Medicina, en lo que era la especialidad en neurología. Ahí trabajamos con un colega que después se convirtió en experto en fisiología de la audición, Adrián Hugo, un veterinario que fue mi colaborador directo en el laboratorio. Con Adrián y con una tesista de especialidad, desarrollamos un trabajo que fue publicado en el *Journale de Neurologie*, de Francia; en él describimos los efectos de los núcleos fastigio, interpósito y dentado, sobre los husos musculares. Ése fue el último trabajo que hice en ese campo. Adrián se fue a otra universidad y yo volví a Suecia en 1957.

–¿Vuelve a Suecia por razones de trabajo?

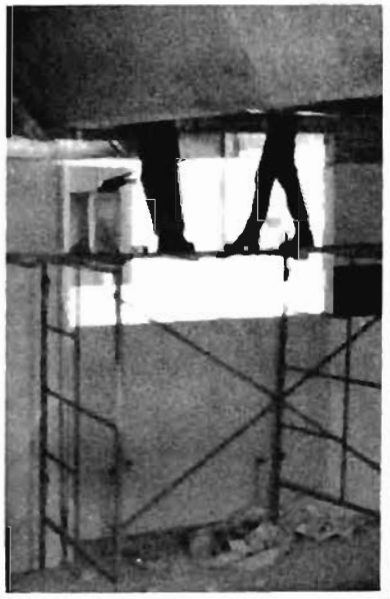
–No, por razones más complicadas. Mi situación familiar y conyugal era muy compleja. Tenía que tomar la decisión de rehacer o deshacer mi matrimonio en Suecia. El caso es que vuelvo a ese país con el ánimo de quedarme allí si encontraba trabajo estable. No encontré más que un empleo provisional en el Departamento de Fisiología Naval y Aérea. Así tuve que hacer fisiología aplicada. Fue un periodo muy corto, cinco meses apenas, en que realicé algunos estudios de las modificaciones respiratorias en condiciones de presión aumentada y apnea voluntaria. La idea era entender el control respiratorio en el hombre. La cuestión de la apnea voluntaria es muy interesante: uno inspira, aguanta el aire y luego de un cierto tiempo se ve forzado a reiniciar la respiración; el reinicio de la respiración es una situación multifactorial que está operando sobre algún elemento de decisión en el sistema nervioso que está fuera del dominio de la voluntad. Mi idea era llevar ese modelo al animal. Cuando volví a Chile, después de ese periodo breve en Suecia, me encontré con que Raúl Hernández Peón estaba allí. Yo había participado en un simposio de Hernández Peón sobre fisiología del aprendizaje y plasticidad cerebral; conversando con él concebimos la idea de estudiar el efecto de la habituación en las aves. La idea consistía en registrar impulsos nerviosos en el nervio olfatorio, que es muy largo en el pato doméstico, y someter la preparación a bloqueo de la actividad olfativa. El objetivo era estudiar la plasticidad de los impulsos olfatorios bajo influencias inhibidoras. Como resultado de esta interacción, en la Universidad de Chile se decidió hacer lo posible para que Raúl se quedara, ya que había terminado su contrato con una universidad privada en el sur del país. El proyecto era conquistarlo para dirigir un centro de investigaciones neurológicas dependiente de la rectoría y en el que participarían todos los neurofisiólogos de la Universidad de Chile. Fracasamos y Hernández Peón regresó a México donde desempeñó el brillante papel conocido por todos los fisiólogos mexicanos. Fue una etapa interesante que, creo, debería analizarse a profundidad. He sugerido a algunos colegas chilenos escribir algo sobre Hernández Peón y su participación en el desarrollo de la fisiología en Chile. Fue en ese tiempo, en 1958, que yo estaba comenzando a trabajar en el sistema nervioso simple de los invertebrados; había leído los artículos de un grupo francés que trabajaba en neuronas de caracol y ya Bullock había publicado, en *Science*, un artículo muy importante en que renovaba la teoría neuronal con base en hallazgos conductuales y de actividad eléctrica en el sistema nervioso de moluscos. Entonces pensé en la posibilidad de incursionar en los problemas plásticos del sistema nervioso de estos animales. Por esos días Joaquín Luco estaba en Chile trabajando en insectos y ya tenía amplificadores de DC, tecnología que estaban recién comenzando a desarrollarse; me fui a trabajar con él para aprender la técnica de electrodos intracelulares y el manejo de los amplificadores. Éstos eran aparatos difíciles; uno tenía que dejarlos encendidos una o dos horas antes de trabajar, balancearlos, después de cierto tiempo rebalancearlos, si cambiaban las condiciones de registro, volverlos a balancear, eran un engorro. Al final aprendí la técnica y me metí en ese campo con un éxito relativo. Simplemente registrábamos la actividad eléctrica de una neurona central y estimulábamos nervios periféricos. Nuestro estudio era exploratorio, difuso, sin una hipótesis formal, con la idea vaga de obtener algo parecido a la habituación. Trabajar con invertebrados fue una experiencia preciosa. Ese trabajo lo hice con un dentista (los dentistas son buenos fisiólogos en potencia). Los resultados de esa investigación los publicamos en *Nature*.

–Éste fue, si no me equivoco, el primer trabajo que describió la habituación como un fenómeno neuronal...

–Un etólogo inglés describió con ese nombre un fenómeno conductual.

–Pero ustedes emplearon ese término en el título de su artículo...

–Porque se trataba de un fenómeno análogo, si no homólogo a la habituación. Nosotros observamos cambios en la descarga de las neuronas luego de cada estímulo, particularmente en las neuronas que respondían con un impulso a la estimulación aferente; en determinado momento empezaban



a aparecer en estas células potenciales inhibitorios, potenciales que se convertían en una descarga de potenciales inhibitorios sucesivos que hacían que cesara la respuesta excitatoria. Por eso lo describimos con la palabra habituación, que en esa época se entendía como una cascada de inhibiciones. Ese artículo fue pionero, aunque lo escribí sin muchas pretensiones y en un estilo liviano que gustó a la gente de *Nature*. El trabajo se publicó cuando yo ya estaba en Cuba.

–¿Cómo es que fue a trabajar a Cuba?

–En 1961, cuando llevábamos poco más de un año explorando el sistema nervioso del caracol, Cuba pidió apoyo docente a la Escuela de Medicina de Chile. Fuimos a Cuba de visita y, después de eso, nuestra decisión fue muy rápida.

–¿Fue en Cuba que Ruth Urbá y usted inician sus investigaciones en el campo de la conducta?

–Yo conocí a Ruth cuando volví de Suecia, aunque ella dice que, tiempo antes, yo la había atropellado en una sala llena de gente y me tomó por un grosero. Ruth era bioquímica microbiana y estaba metiéndose en el problema de la síntesis de proteínas y el papel que desempeña el RNA en ese proceso. Un campo interesante en el que había involucrada gente de mucho prestigio. Ella estaba gestionando una beca que podía haberla llevado a experimentos muy interesantes en el campo de la microbiología, en el que hubiera tenido una carrera totalmente diferente. Sin embargo, nos fuimos a Cuba.

En la Habana nos encontramos con una situación difícil: no había equipamiento; el cincuenta por ciento de los médicos habían abandonado el país; la planta académica de la Facultad de Medicina, que era de doscientos quince profesores se había reducido a solamente quince o dieciséis. Nosotros llegamos a Cuba en abril de 1961, había ya un Departamento de Ciencias Fisiológicas que abarcaba bioquímica, fisiología, biofísica y neuroanatomía, pero casi no había prácticas experimentales ni demostrativas. Nosotros sugerimos que era importante crear una estructura de enseñanza experimental y, eventualmente, de investigación. En esa primera etapa nos dedicamos prácticamente a la enseñanza experimental, tanto en bioquímica como en fisiología. Finalmente, se consiguió echar a andar un proyecto para hacer enseñanza integrada de todas las asignaturas preclínicas en la carrera de medicina y eso forzó un poco la creación de lo que sería el Instituto de Ciencias Básicas Victoria de Girón. Luego, todavía siendo nosotros profesores de la Escuela de Medicina, hubo un año de zafra azucarera rica que produjo ingresos extraordinarios, no presupuestados; el gobierno de Cuba tuvo la visión de dedicarlos a la investigación científica. Por esa época se realizó un Congreso Nacional de Medicina, y un sobrino del Ministro de Relaciones, un médico muy destacado, laboratorista clínico de un hospital, presentó él solo cincuenta trabajos que trataban básicamente sobre el montaje de pruebas de laboratorio clínico para obtener datos normativos; algunos tenían relación con patologías. El hecho es que este hombre convenció al gobierno de que sería un buen director provisional del centro que se pensaba formar con los ingresos extraordinarios de la zafra. El hombre tenía ambición, empuje, garra, y lo nombraron director del Centro Nacio-

nal de Investigaciones Científicas. En su laboratorio de endocrinología, en el hospital, tenía dos ayudantes que eran simplemente técnicos de laboratorio, así que no tenía gente para formar un Centro Nacional; entonces nos llamaron a Fernando Bada, a un norteamericano ex combatiente en Corea con las tropas norteamericanas, que había abandonado Estados Unidos después de esa experiencia, a Ruth y a mí; convocaron, además, a algunos viejos pedagogos. Esto fue en 1964.

–¿Augusto Fernández Guardiola estaba en ese grupo?

–Él no formó parte del grupo inicial. Según recuerdo, en 1961 se realizó en México un simposio sobre problemas neurofisiológicos en el aprendizaje, la habituación y los fenómenos plásticos. Invitaron a una delegación cubana y vinimos de Cuba cuatro personas: un mexicano, un chileno y dos cubanos para participar en el simposio como oyentes. Yo supongo que, en ese momento, hasta el propio Hernández Peón pensó incursionar en Cuba, porque tenía una buena disposición hacia la experiencia cubana. El hecho es que asistimos a ese simposio y nos hicieron circular en distintos ambientes; participamos en actividades organizadas por los movimientos de solidaridad con Cuba que habían aquí y, entre otras cosas, tuvimos que hacer una exposición de la situación de la medicina y de la fisiología en Cuba. Parece que fuimos suficientemente convincentes como para entusiasmar a alguna gente, entre otros a Fernández Guardiola, que llegó a Cuba el año siguiente, recién casado en segundas nupcias. Durante dos años Augusto estuvo dedicado a la investigación en el que se llamó Instituto de la Actividad Nerviosa Superior. Ahí empezamos a colaborar; yo ya había estado en la etapa inicial de este instituto y seguí trabajando en él a media jornada, comenzando a organizar investigaciones sobre aprendizaje.

–¿Es entonces cuando publican el artículo sobre el fenómeno conocido como aprendizaje dependiente de estado?

–En nuestro departamento estábamos asociados con los farmacólogos y recibíamos regularmente el *Journale de Physiologie* y el *Journale de Pharmacologie*, de modo que estábamos al tanto de los descubrimientos recientes. En ese tiempo había una tendencia al uso de drogas entre los estudiantes cubanos, básicamente anfetamina; cuando no podían dormir por la anfetamina se metían pentobarbital y entraban en problemas de adicción severa. Por eso se nos ocurrió estudiar el efecto de esas drogas sobre el aprendizaje en la rata. Desarrollamos un modelo animal y nos encontramos con una sorpresa: las ratas podían, bajo cierta dosis de droga, aprender algo; si no se repetían las condiciones relacionadas con el nivel de droga con el cual se realizó el aprendizaje, se presentaba un bloqueo completo de la conducta aprendida.

–¿Dónde publicaron sus resultados?

–Lo publicamos en una revista cubana, en español. Después lo publicamos en una revista del Instituto de Investigaciones Biomédicas, de la cual era editor Fernández Guardiola.

–¿Qué repercusión internacional tuvo este trabajo?

–No lo sé. Fue publicado en un momento en que no había tanta revisión bibliográfica como la ha habido en los años posteriores. Si tuvo alguna repercusión se debió, probablemente, al empeño que ponía Fernández Guardiola para que

la revista circulara en los medios científicos relacionados con los neurofisiólogos. Era una época interesante en que la participación de México y Cuba fue muy poderosa, influyendo incluso en las relaciones políticas entre los neurofisiólogos del área socialista y de los países occidentales. Era un período de hielo en que las relaciones en el plano científico tenían un alto contenido ideológico. México y Cuba contribuyeron de manera muy importante al logro de una apertura, de un encuentro entre la fisiología soviética y la fisiología occidental.

–¿Cuándo termina su primera etapa en Cuba?

–Volvimos a Chile en 1967. Allí nos dedicamos fundamentalmente a la enseñanza, aunque también hacíamos algunas investigaciones en función de las tesis de licenciatura. En ese entonces Chile pasaba por una etapa de efervescencia política y de luchas universitarias, disputas nacionales que hacían difícil el concentrarse en el trabajo de investigación; uno tenía la cabeza puesta en las elecciones, porque había posibilidades de que triunfara la Unidad Popular.

–¿Cuál fue su línea de trabajo durante este período?

–En Chile no tuvimos una línea de trabajo fuerte. Trabajamos un poco en problemas relacionados con el control nervioso del corazón. Desde los tiempos de mi tesis me interesaron los efectos del nervio vago. Hay un reflejo muy interesante que puede observarse en las ranas, sapos y aves que se sumergen y que consiste en la inhibición de la frecuencia cardiaca durante la inmersión. Se trata de un reflejo trigémino-vagal. Desde el punto de vista biológico, éste parecería un fenómeno poco conveniente, pero sucede, quizás como un mecanismo de defensa del corazón. Pasado algún tiempo, la anoxia severa produce una aceleración cardiaca, lo que se llama escape vagal; entonces entran en interacción el vago y el simpático. Esta interacción fue motivo de interés para mí. Además, continuaba haciendo algunas cosas sobre el aprendizaje dependiente de droga y comencé a conocer más sobre acetilcolina, escopolamina, etcétera. Investigar los efectos que sobre el aprendizaje podían tener ciertas drogas me llevó, de manera natural, al manejo de la neuroanatomía, de la organización de los sistemas simpático y parasimpático y, finalmente, a plantearme preguntas sobre los neurotransmisores centrales. En Valparaíso, Ruth estaba trabajando en problemas relacionados con la epilepsia, con el efecto epileptógeno de ciertas sustancias. Entonces, cada uno iba derivando hacia un campo en que podíamos interactuar, aunque ello no se dio de inmediato, porque yo tuve un período de burocracia universitaria, tuve un cargo equivalente al de decano de la facultad, fui miembro del Consejo Universitario Nacional, en fin, tuve una amplia participación política en una universidad que, bajo el gobierno de la Unidad Popular, era demócrata-cristiana; yo era un poco representante del gobierno en la universidad. No fue fácil. Entonces yo pasé los últimos dos años y medio en Chile prácticamente sin hacer investigación. Volver a Cuba, luego de casi tres años de no tener actividad científica, representó todo un problema de reacomodo

–¿Es a su regreso a Cuba, luego del golpe militar de 1973, cuando usted y Ruth comienzan realmente a trabajar juntos, como equipo?

–Cuando volvimos a Cuba, en diciembre de 1973, nos reintegramos al que había sido nuestro último lugar de trabajo, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Allí, el Departamento de Neurofisiología estaba a cargo de Thalía Harmony. Aquí debo hacer notar que la contribución mexicana a las neurociencias de Cuba ha sido muy importante, a través fundamentalmente de la figura de Thalía. Pero respondiendo a la pregunta, sí, es entonces cuando Ruth y yo comenzamos a trabajar juntos y fue muy bonito, porque llegando nos dijeron: "Piensen en lo que van a hacer, lean lo que quieran, tienen dos meses por delante; en marzo empezamos a conversar." Nosotros ya habíamos empezado a estudiar los efectos de las catecolaminas en el sistema nervioso central y nos parecía que por allí podía hincársele el diente a algún problema. Fue así que nos dedicamos dos meses a estudiar el desarrollo del sistema nervioso central y a leer temas de neuroquímica. Thalía estaba entrando al campo de la neurométrica en neuropediatría y pensaba en el problema del daño cerebral mínimo y la posibilidad de diagnosticarlo con métodos neurométricos. Roy John había abordado cuestiones relacionadas con neurotrasmisores y fenómenos plásticos en el sistema nervioso. En el contacto con ellos decidimos explorar el desarrollo normal del sistema nervioso central de la rata, tratando de identificar algún indicador de la maduración de los distintos sistemas de neurotrasmisores, buscando elementos que nos permitieran suponer que un desorden en el balance de los neurotrasmisores, durante etapas críticas del desarrollo, pudiera producir alteraciones relacionadas con el daño cerebral mínimo. Pensamos en las catecolaminas porque la anfetamina produce un efecto sedante en los niños

hiperquinéticos. Comenzamos nuestro trabajo pensando en tener un modelo para estudiar problemas conductuales con métodos farmacológicos sencillos y ahí nos aparece el fenómeno de el cabeceo. Ése fue el campo en que empezamos a interactuar como un equipo de trabajo, y creo que nos complementamos muy bien.

–¿Sus estudios sobre el bostezo surgen cuando comienzan a probar drogas colinérgicas?

–Lo de el bostezo aparece como un hallazgo, como algo no premeditado. Por eso yo soy partidario de estas discusiones que a veces tenemos acerca de si es necesario tener siempre una hipótesis de trabajo. Porque puede ser que en el curso del trabajo en que pones a prueba tu hipótesis surjan hechos absolutamente no previstos y que, tal vez, resulten más interesantes, desde el punto de vista intelectual, que el problema original.

–Si en este momento se le apareciera un mago y le dijera: "Björn, vas a volver a empezar mañana. ¿Qué es lo que quieres hacer como científico?" ¿Qué responderia?

–Que quisiera dedicarme a estudiar en serio física y matemáticas.

–¿Qué problema abordaría?

–No tendría ningún problema todavía porque apenas estaría reconociendo mi ignorancia. Ojalá hubiera tenido yo esa previsión hace años.

–¿Esto lo piensa usted como neurofisiólogo?

–Incluso como neurofisiólogo.

–¿Le parece a usted que la fisiología no va a avanzar más sin el concurso de la física y las matemáticas?

–No lo sé. En todo caso para mí ya es tarde. Aunque quién sabe... quizá con un libro de matemáticas, a la orilla del mar, tranquilo, con ánimo de *dilettante*... Cuando estuve preso en un regimiento y nos sacaban al sol, hacía dos cosas, corría unas vueltas de unos cuatrocientos metros en un campo de futbol, vigilado por un cabo, y después tomaba un libro y me sentaba en las graderías del estadio a estudiar trigonometría y geometría analítica. Pero mi estudio nunca pasó mucho más allá de los elementos de cálculo que me enseñó Mario Luxoro antes de que yo me fuera becado a Inglaterra.

–Hemos oído que, en su retiro, usted planea hacer algún estudio en los pingüinos...

–Esas son historias de mi mujer, o son cosas que uno dice a veces, estimulado por un pícaro grado de alcohol, hablando con un biólogo marino o con las muchachas que estudian la conducta de los pájaros bobos... Vayan ustedes a saber si lo que me preguntan puede convertirse en realidad

–¿Cuál es su mayor satisfacción académica?

–Es difícil contestar esa pregunta porque mis satisfacciones mezclan lo académico con lo que ha ocurrido en el resto de mi vida.

–Podríamos plantearla de otra manera: ¿Cuál es su mayor satisfacción?

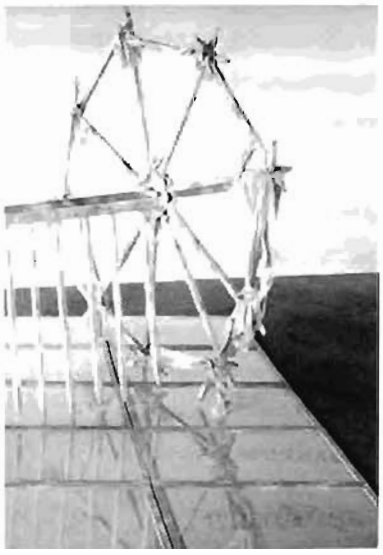
–Haber integrado lo académico con lo social. Haber trabajado siempre como parte de colectivos, con una actitud de ciudadano, de militante. Trabajar en un ambiente en que puedo ser útil y en el que me siento razonablemente satisfecho, sin ambiciones mayores. Ya no estoy en edad de ser muy ambicioso.

Alguna vez leí una expresión de un poeta mexicano, Efraín Huerta, creo, en que se describía como un buen poeta de segunda. Esta expresión la puso en su tesis sobre el bostezo una muchacha muy modesta de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, modesta en todo sentido. Allí decía que su mayor satisfacción sería ser una buena maestra de ciencias de segunda. Bueno, yo me considero un poquito eso. Mi vida ha tenido muchas vueltas, muchas contradicciones internas, contradicciones vocacionales, contradicciones entre el quehacer político, organizativo, y el quehacer académico-científico; yo las he sorteado siendo un razonable buen dirigente en la segunda fila, un buen científico de segunda clase. Así que ustedes tendrán que conformarse, *a posteriori*, con haber tenido en Puebla a un fisiólogo aceptable, pero de segunda, a un hombre con conciencia académica, social y política de vanguardia que, por algún motivo, no pasó nunca de la segunda división.

Elementos 31 (1998), 17-24

el **tiempo** constituido

Michel Frizot



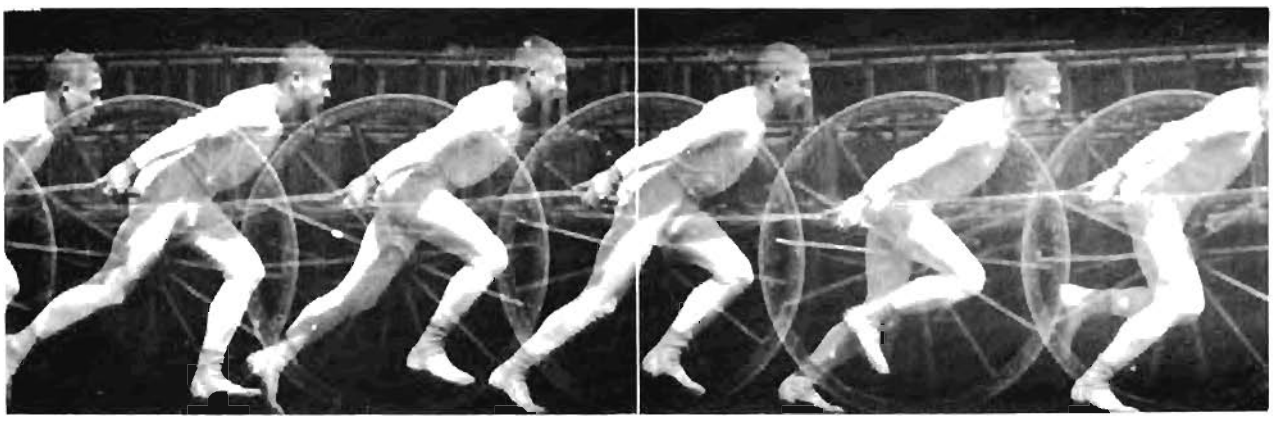
17 de febrero de 1882. Ya se ha levantado sobre la bahía de Nápoles la bruma matutina sin desvelar todavía la inquietante silueta del Vesubio. A pesar del sol y del cielo azul hace un frío intenso. Esta noche ha helado incluso, cosa rara aquí. Todo está tranquilo en el promontorio de Posilipo y sólo se oyen los gritos aislados de algunas gaviotas. Un señor bajito con un hongo negro espera, encaramado en una roca que domina el mar. Parece absorto en la atenta contemplación del incesante vuelo circular de las gaviotas. Lleva en bandolera una escopeta muy curiosa. De ordinario, va a cazar patos a las colinas de Pozzuoli. Acaba de echarse el arma al hombro; apunta durante un buen rato a una gaviota, siguiendo su vuelo elíptico. Aprieta el gatillo pero no suena detonación alguna; sólo se oye un chasquido mecánico y rítmico como el de una máquina de coser. El señor bajito parece satisfecho y ansioso por volver a su laboratorio instalado no lejos de allí, sobre el acantilado, en la torre almenada de la Villa María. Unos chiquillos intrigados han dado en llamarlo "el loco de Posilipo". Las gaviotas, ilesas, prosiguen sus vanas evoluciones.

15 de marzo de 1882. Sesión semanal en la Academia de Ciencias de París. El señor bajito es un personaje importante, miembro de esta institución donde sucedió, en 1878, a Claude Bernard, el fundador de los métodos experimentales. No es otro que el profesor Marey, titular de la cátedra de Historia

Natural de los Cuerpos Organizados en el Colegio de Francia. El señor secretario perpetuo de la Academia da lectura a una carta enviada el 9 de marzo desde Nápoles, donde pasa los inviernos el profesor por razones de salud. Anuncia en ella que acaba de conseguir, por medio de una "escopeta fotográfica", el análisis de diferentes formas de locomoción, incluido el vuelo de las aves y de los murciélagos. Dentro de muy poco, a su regreso, presentará varias muestras sobre las que se puede seguir, imagen a imagen, la sucesión de los movimientos que componen cada aleteo. Sigue a continuación la descripción de su ingeniosa escopeta cuyo cañón lleva un objetivo fotográfico, la culata contiene un engranaje de relojería que pone en funcionamiento el gatillo y hace girar una minúscula placa de vidrio sensible de gelatinobromuro de plata. En un segundo, se imprimen en ella doce imágenes sucesivas del objeto enfocado captadas cada una de ellas a la pasmosa velocidad de 1/720 de segundo. El profesor Marey está ahora en condiciones de anunciar que su mecanismo se presta al estudio fotográfico de movimientos variados; se lo ha aplicado a caballos, a burros, a perros, a hombres andando o en velocípedos. Se ha iniciado una era nueva para el progreso de los métodos científicos.

8 de mayo de 1882 El escenario es un amplio campo llano en las lindes del Bosque de Bolonia, lugar que recibe el nombre de Parque de los Príncipes; la Villa de París se lo ha cedido al profesor Marey durante 99 años para que instale su Estación Fisiológica y lleve a cabo sus experimentos de fisiología comparada y de análisis de los movimientos. Lo secunda Georges Demeny, fundador del Círculo de Gimnasia Racional. Alrededor del huerto de coles y puerros corre una pista circular que pasa ante un "fondo negro" formado por unos bastidores de madera inclinados, pintados de negro y sostenidos por postes. Mientras un hombre con mallas blancas espera pacientemente, haciendo precalentamiento en la pista, el mismo señor bajito rigurosamente vestido de negro, con hongo y levita, trajina en torno a su último invento, una gran cámara negra cúbica enfocada hacia el fondo negro; se trata de una de esas máquinas fotográficas que pesan tanto y que ya no se usan desde que se pusieron de moda las portátiles. Le ha añadido una manivela y cuando la acciona uno espera que suene alguna melodía de organillo. También han traído un caballo y, a no ser por la seriedad de estos doctos eruditos, creeríamos asistir a un ensayo circense en el que el caballo evolucionara siguiendo la cadencia de la canción de un orfeón de moda que canturrea Otto, el ayudante mecánico. Y sin embargo, cuando el hombre o el caballo, blancos ambos, pasan delante del fondo negro sólo se oyen los chirridos de los engranajes que accionan, en el interior de la máquina, un gran disco con ventanas que gira ante la placa sensible. Este instrumento está concebido de tal manera que, cada vez que pasa una ventana, se produce una imagen del objeto blanco mientras que el fondo negro no impresiona la placa, dejándola virgen para otras señales luminosas del blanco. Pronto comunicará el señor Marey a sus colegas de la Academia el fruto de tales experimentos que, a razón de diez imágenes por segundo, le han "permitido reunir *en la misma fotografía* una serie de imágenes sucesivas que representan las diferentes posiciones que ocupa un ser vivo durante un movimiento de locomoción".

Al aparato lo han bautizado con un nombre que huele a raíz griega: el cronofotógrafo. Este artilugio ya ha permitido el análisis, por medio de imágenes sucesivas de exposiciones muy seguidas, de los movimientos de la marcha y de la



carrera del hombre, el paso y el trote del caballo, el vuelo de la paloma. La escopeta fotográfica no es ya más que un recuerdo experimental.

5 de junio de 1883. Extraños preparativos en la Estación Fisiológica: un Fantomas hace precalentamiento en el jardín antes de salir a escena. El hombre lleva unas mallas negras, calza zapatos y guantes negros y una capucha, también negra, le cubre por completo la cabeza. Completan esta curiosa indumentaria unas rayas brillantes a lo largo de los brazos y de las piernas y unos enormes botones blancos señalan el emplazamiento de las articulaciones. Fantomas entra en el plató, se coloca delante del fondo negro rodeado de pesadas cortinas que le hacen parecer el escenario de un teatro visto desde dentro. La función es privada y a nadie le ofenderán la escalera de mano y los paneles que se han quedado en el bastidor de la derecha. A la izquierda, dos hombres comentan la acción. Fantomas desempeña muy bien su papel; fundido con el negro entorno, casi ha desaparecido, dejando ver sólo las incrustaciones luminosas y esqueléticas de sus blancas marcas. Siguiendo las indicaciones del profesor Marey, que acciona el cronofotógrafo a 60 imágenes por segundo, camina, corre, salta, para cumplir el rito de una insólita ceremonia de la desaparición, presente y ausente a la vez. La más estricta ciencia fisiológica exige este ballet mecánico de puntos y rayas para proporcionar a nuestros sentidos una información de la que carecen.

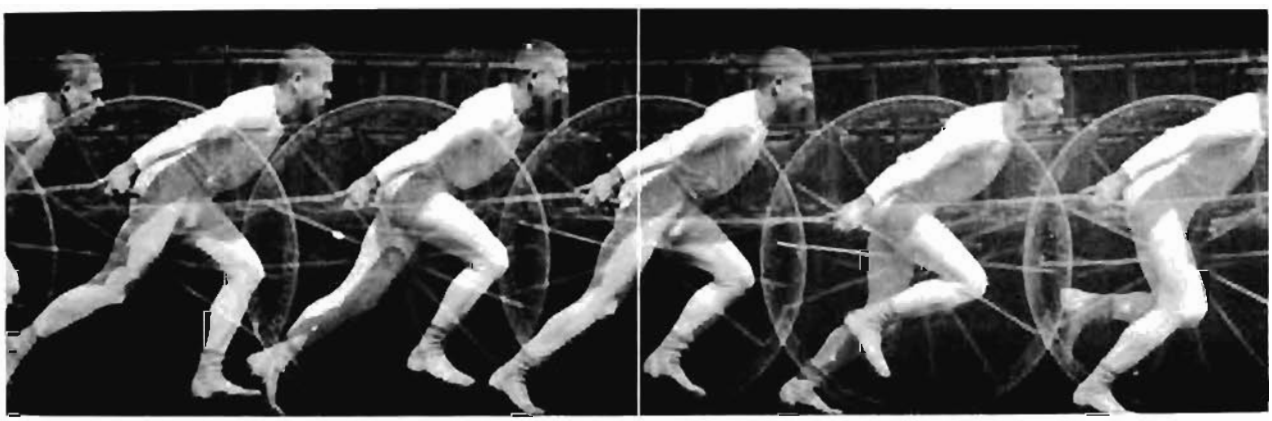
Dado que nuestro lenguaje no basta para transmitir la verdad de la observación, es menester, dice el profesor, hablar el lenguaje del movimiento.

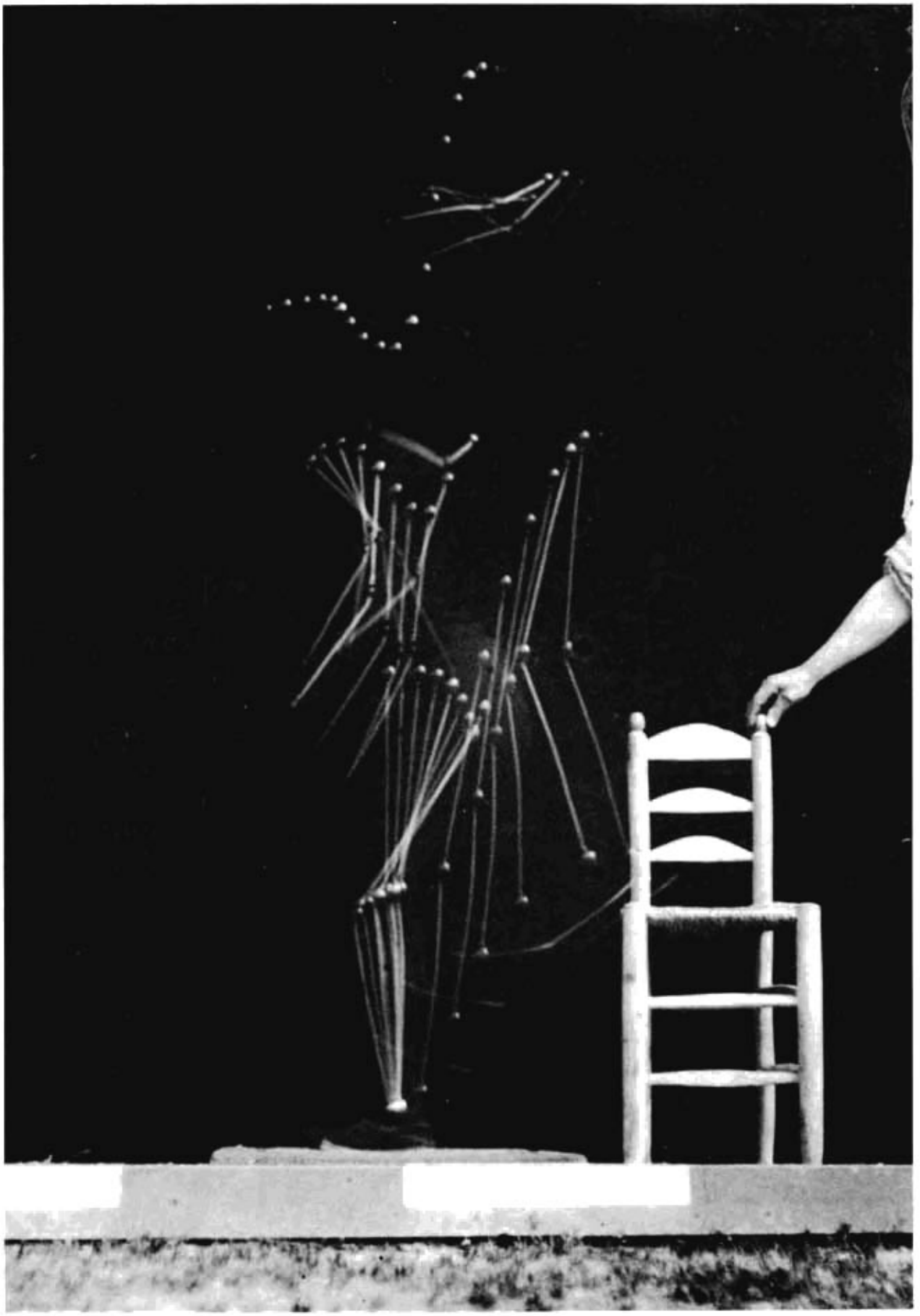
El señor Fantomas de las rayas blancas da un salto de longitud con los pies juntos; se ve entonces algo así como la aparición fugitiva de un gráfico que traza el estilete en la lira de negro de humo. La cronofotografía desvelará la consumada geometría de este salto.

15 de junio de 1887. Han ido a buscar un elefante a la Casa de fieras. El director es amigo. El elefante da una vuelta a la pista, al trote, guiado por el cornac; ha tenido que atar al perro para que no lo asustara. Pero el elefante es gris y no se verá muy bien sobre el gran fondo negro recientemente construido; no es posible, sin embargo, pintarlo de blanco. El año pasado, hubo que embadurnar de hollín a un caballo negro cuyo pelo resultaba demasiado reluciente bajo la luz del verano. El señor Étienne-Jules Marey le ha pegado en la piel al paquidermo unas marcas de papel blanco para señalar las articulaciones de los miembros, una cruz aquí, un redondel allí, un cuadrado más allá. En la imagen cronofotográfica, sólo se ven estos signos que salpican una amenazadora mole gris provista de numerosos ojos y de múltiples colmillos como temibles dentaduras.

De manera más prosaica, el señor Marey quiere establecer un paralelo entre los movimientos del miembro pelviano en el hombre, el elefante y el caballo, paralelo acerca del cual disertará próximamente en la Academia. El profano ignorante de los arcanos de la fisiología mecanicista podría sonreír al leer esta conclusión científica:

> Entre el hombre y el elefante hay escasas diferencias; se deben a que, en el hombre, el pie no se aplasta de forma sensible, mientras que, en el elefante, una enorme almohadilla plantar convierte a este animal en intermedio entre los plantígrados y los digitígrados, la disposición de los radios falangianos, etcétera.





Se ve toda clase de animales en la Estación Fisiológica: gaviotas, pelícanos, garzas, palomas, gatos, conejos, gallinas, caballos de todas las razas y ese cabritillo enfermo que habían recogido el mes pasado. El señor Marey ha sometido igualmente a observación cronofotográfica a su perro Trovato al que deja al cuidado de un guarda de la estación cuando se va a Nápoles.

...1888. La escena muestra al pintor Jacques-Louis Ernest Meissonier en su piso del bulevar Malesherbes, rodeado de figuras de bronce y de jarrones chinos; sentado en una gran silla gótica, con bonete de terciopelo, rechoncho, con su opulenta barba blanca, está dando el último toque a una copia de su célebre cuadro *1814*, en el que se ve, con Napoleón a la cabeza, al ejército que camina tristemente durante la campaña de Francia. Meissonier quiere modificar la posición de las patas de ciertos caballos, patas que creía haber representado con un realismo en las posturas revelador de la sagacidad de su experta mirada. Es una historia ya muy antigua, que acaba aquí. Cuando pintó el cuadro, en 1864, los estudios sobre la locomoción del caballo no estaban tan avanzados. El maestro se jactaba de captar a la perfección las actitudes percibidas de forma instantánea. Poco después, los aparatos registradores del profesor Marey habían obrado maravillas al precisar las posiciones de los miembros en las diferentes formas de andar, descritas en su libro *La máquina animal* en 1874. Este libro había incitado a un americano rico a pedir comprobaciones fotográficas al mayor Muybridge. Y hete aquí que ese mayor Muybridge había venido de América a París en 1881, y que el profesor Marey lo había recibido en su casa y el maestro Meissonier en la suya a continuación para ver sus instantáneas de caballos. Se había tratado allí de un libro en colaboración que conjugara los talentos del pintor, el fotógrafo y el fisiólogo. El proyecto había fracasado pero, poco después, el profesor Marey empezó a dedicarse también a la fotografía, pues los clichés americanos, demasiado poco científicos para su gusto, no acababan de satisfacerlo. Hoy, el pintor Meissonier, apóstol de la verdad formal en arte, confiesa su error públicamente; no puede seguir negando por más tiempo las pruebas cronofotográficas que le han vuelto a enseñar, precisamente ayer, en la Estación Fisiológica. Se ha decidido a representar la "verdadera" fragmentación del tiempo, tal como la muestra una fotografía instantánea; pero, ¿es verdaderamente compatible el sentimiento del tiempo que evoca una pintura con esta visión de una máquina? ¿No se puede inventar y soñar el tiempo? "El arte y la ciencia se encuentran", dice el señor Marey, "cuando ambos persiguen la exactitud".

22 de octubre de 1894. La Academia de Ciencias está en efervescencia: se ha caído un gato. Desde una altura de 1,50 m. Ello basta para volver a poner en tela de juicio la teoría principal de la inercia de los cuerpos en movimiento que rige, entre otras, la mecánica celeste. El profesor Marey acaba de enseñar sus cronofotografías sobre cinta de celuloide móvil (entiéndase:una película) que demuestran claramente que un gato colgado de las patas se da la vuelta espontáneamente sin apoyarse en nada durante la caída. Se ha comprobado el mismo fenómeno en el conejo y el perro. Tras haber fotografiado la caída del animal a 60 imágenes por segundo, el profesor Marey ha podido demostrar que el animal se apoya en su propia masa para darse la vuelta. El profesor X... ha salido del hemiciclo jurando que no volverá a picar con semejantes trucos que contradicen el *Tratado de mecánica racional* de Delaunay. El profesor Guyou confirmará a la semana siguiente que estas observaciones son compatibles con la ley de las áreas pues la suma total de las áreas es constantemente cero aunque la suma algebraica de las rotaciones sea positiva. Los profesores Lévy, Deprez, Appell, Lecornu y Chassin tratarán sucesivamente de las aplicaciones matemáticas de estas importantísimas observaciones. Un famoso humorista, Alphonse Allais, no pierde ocasión de burlarse: "¡Hay que ver lo bien que se lo pasan en la Academia de Ciencias! Me apuesto lo que quieran a que no sabèn a qué se dedican esos tunantes en vez de trabajar"

29 de marzo de 1895. Los hermanos Lumière proyectan por primera vez en público las imágenes en movimiento de su cinematógrafo. ¡El público está estupefacto, algunas mujeres se han desmayado, la gente no da crédito a sus ojos!

El profesor Marey conoce mucho a Auguste y Louis Lumière, que le proporcionan placas fotográficas y van a menudo a su laboratorio. Pero no tiene en gran estima las proyecciones animadas: ¿qué interés tiene volver a ver un movimiento a velocidad normal cuando se persigue un análisis mediante la cronofotografía? Según él, sólo la cámara lenta o

la cámara rápida podrían ayudar a percibir variaciones de interés. En cuanto a reproducir en una pantalla escenas familiares, Etienne-Jules Marey cree que es un simple juego, un placer vano propio exclusivamente de las barracas de feria. Los hermanos Lumière, por su parte, saben de sobra lo que le deben al sabio Marey en la invención de la técnica cinematográfica. Es de temer que todas esas cuestiones de comercio y de dinero, que no le interesan demasiado, hagan olvidar su autoridad científica y lo conduzcan a discusiones desagradables, como le ocurrió el año pasado con su ayudante Demeny. ¡Qué difícil es dedicarse a la ciencia de forma completamente desinteresada en este mundo de placeres!

19 de agosto de 1889. El profesor Marey no está plenamente satisfecho de los resultados de la cronofotografía sobre placa fija. En el análisis de los movimientos lentos, las diez o veinte imágenes que consigue en un segundo se superponen y entorpecen una lectura científica de los clichés. Ha vuelto a adoptar la idea de desplazar la superficie sensible para separar mejor las imágenes y, ya el año pasado, había podido mostrar imágenes conseguidas sobre cintas flexibles de gelatina sobre papel. La cinta pasa rápidamente sobre unas bobinas que hay en la parte posterior del cronofotógrafo y se detiene por compresión hasta 50 veces por segundo para que se impriman las imágenes del movimiento. Actualmente, el profesor Marey está probando nuevas cintas transparentes sobre un celuloide que se llama "película" y, el mes pasado, reproducía en una revista científica la primera "película" jamás exhibida: una mano abriéndose y cerrándose.

Esta noche hay una cena para celebrar el quincuagésimo aniversario de la invención de la fotografía. Está invitado el señor Edison que ha venido a París a visitar la Exposición Universal; ha mantenido una larga conversación con el profesor Marey, que lo ha puesto al corriente de sus más recientes descubrimientos. El americano ha mostrado un vivísimo interés. Pero el profesor no acaba de entender ese entusiasmo por unos métodos estrictamente científicos.

30 de enero de 1894. Nadar ha empezado a publicar sus memorias. Evoca a su viejo amigo Marey a quien fue a ver hace ya treinta años para hablar con él de aerostación y de vuelo humano. A partir de entonces, el fisiólogo se lanzó a la fotografía para convertirla en uno de sus métodos gráficos. Y ese fotógrafo es más bien, como dirá Man Ray, un "faltógrafo". "Persiguiendo la prueba de la prueba, fiándose sólo de lo automático y de la indudable sinceridad de la herramienta", escribe Nadar, este Marey ha desviado de forma singular la fotografía de su recto camino hacia el realismo, abusando de su funcionamiento más elemental. Para ver más allá, ha acorralado lo imprevisible, lo indiscernible, en imágenes plurales en que el objeto es a un tiempo él mismo y otro diferente, en que la forma se agota intentando encontrar una identidad huidiza y renovada. Lo instantáneo muy rápido produce todavía en el observador una impresión paradójica de algo ya sabido pero nunca visto. En su recientísimo libro *El movimiento*, el profesor Marey opina lo siguiente: "¿No será que lo feo es sólo lo desconocido y que la verdad nos ofende la vista cuando la vemos por primera vez?"

15 de octubre de 1894. Hoy se acaba el plazo para participar en el Concurso Internacional "cuya finalidad consiste en determinar mediante la fotografía la forma exacta de una gota de agua durante la caída". El agua destilada fluirá de un tubo de vidrio o de metal del que se medirá el diámetro interior y exterior. El

caudal se regulará a razón de una gota de agua, aproximadamente, por segundo. La caída de la gota de agua tendrá lugar en un local cerrado protegido de corrientes de aire. Organiza el concurso la *Revue Suisse de Photographie*, que publicará las fotos premiadas. El fallo del jurado, presidido por Étienne-Jules Marey, será inapelable.

31 de mayo de 1898. Sesión semanal en la Academia de Ciencias. El profesor Marey asiste tan a menudo como se lo permite su salud. Hoy presenta con cierta solemnidad, en calidad de comunicante, una nota del señor Clèment Ader "sobre aparatos de aviación", que incluye una descripción de un tipo de máquinas voladoras llamadas "aviones". El señor Ader ya es célebre porque voló unos cuantos metros en 1890 y, el año pasado, su Avión III dio resultados muy alentadores. Todo el mundo está de acuerdo en reconocer en el profesor Marey al consejero e iniciador de las investigaciones de la joven generacion de locos del vuelo. Aún se acuerda la gente del equipo de aparatos que había instalado en una sala del Colegio de Francia nada más recibir el nombramiento en 1869: una especie de tiovivo propulsado por un pájaro sujeto con un corsé y conectado a unos registradores gráficos con unos tubos de caucho. Este singular tiro trazaba por sí mismo, a distancia, en el negro de humo, los caprichosos surcos que traicionan el menor movimiento de alas. El profesor Marey tiene algo de un Leonardo de Vinci con sombrero hongo. Aficionadísimo a los engranajes y a la mecánica de los fluidos, realiza al fin, algunos de los sueños del viejo pintor florentino.

...**1900.** La gran Exposición de París está en todo su apogeo. Étienne-Jules Marey preside la Comisión de Fotografía. En una gran vitrina de madera con decoración floral expone sus máquinas y las de sus predecesores y continuadores. Janssen, Muybridge, Edison, Lumière. Con el número 18, presenta una nueva escopeta fotográfica, eléctrica en esta ocasión. Algo así como una larga caja que se puede apoyar en el hombro para apuntar hacia el objeto que se va a cinematografiar (es la palabra de moda). Totalmente portátil, se puede acercar al máximo al ojo. Cargada con una película de 35 mm y 20 m de largo. El obturador consiste en un grifo de luz. La película se pone en movimiento al apretar el gatillo. La patente está sin registrar. Parece ser que no tiene mucho futuro.

...**1967.** Marcel Duchamp conversa con un crítico de arte y se explaya sobre la génesis de su obra *Desnudo bajando una escalera*, de 1912, que tuvo tan rotunda influencia en el arte de este siglo.

P.C. ¿No hay una influencia del cine en el *Desnudo bajando una escalera*?

M.D. Ya lo creo. Es esa cosa de Marey...

P.C. La cronofotografía.

M.D. ¡Eso! Había visto en las ilustraciones de un libro de Marey cómo marcaba a las personas que practicaban esgrima o a los caballos al galope con un sistema de línea de puntos que delimitaba los diferentes movimientos. Así era como explicaba la idea del paralelismo elemental. Es una fórmula que parece muy presuntuosa pero resulta divertida. Fue lo que me dio la idea de la ejecución del *Desnudo bajando una escalera*. Empleé algo ese procedimiento en el esbozo pero, sobre todo, en la última etapa del cuadro.

Para Duchamp la fotografía instantánea, al liberarse del yugo del tiempo, ha creado una nueva sensibilidad. La imagen científica de Marey, que no se somete a un código de

Marcel Duchamp, *Desnudo bajando una escalera*, 1912. Esta obra se convirtió en un emblema mítico del arte del siglo xx tras su éxito de escándalo en la Armory Show de Nueva York. Entre sus fuentes se encuentran series fotográficas, como la que se muestra sobre estas líneas, de Muybridge, representando las fases del movimiento de una mujer al descender una escalera.

reglas académicas, le ha parecido al artista de vanguardia un modelo de libertad que le habla en un lenguaje prometedor: la mirada percibe en ella un tiempo que le parece reversible, que no es ya la envoltura de la acción sino el objeto mismo del estudio, el sujeto de la disección. Al arte le toca superar tales modelos para explorar otras "cosas mentales".

18 de mayo de 1976. Archivos del Colegio de Francia. He solicitado permiso para consultar la referencia 40 de la signatura C-XII (legajo Marey). Una especie de cuaderno de tapas duras en que están pegadas las fotos de los primeros ensayos fotográficos. En la primera página está Étienne-Jules Marey apuntando con su escopeta fotográfica, imagen muy amarillenta y borrosa que denota la técnica insegura del principiante. Los textos son de su puño y letra, cursiva fina, inclinada, plagada de ligados que alargan las palabras: *Nápoles, marzo de 1882*; vienen a continuación las etapas de la construcción de la Estación Fisiológica (su carta de Nápoles, el 9 de noviembre de 1882). Luego, el primer intento de cronofotografía sobre placa fija: un cucurucho de papel blanco colgado de un hilo oscila ante una pantalla negra. Y por fin, bajo un rectángulo marrón claro, liso (Academia de Ciencias, 7 de agosto de 1982). La primera fascinación de la fotografía: escribir el propio nombre en la conjugación de la luz y del tiempo. El cuerpo en movimiento traza la palabra y el tiempo desplegado se hace escritura, de un gesto.

El tiempo de Étienne-Jules Marey también se escribirá con figuras de aves, y el tiempo de un vuelo se dispersará en aleteos. El primer día, ante la pantalla negra, escribió su nombre con la blancura de una bola, y vio que era bueno; luego invitó a muchos animales y le dio forma al tiempo confiándole el espacio rectangular de una fotografía, un lugar en que descansar acá y acullá. Un espacio de puntuaciones, de puntos suspensivos, de gruesos y finos de una caligrafía de los cuerpos, trayectorias de bola blanca o de hombre en bicicleta.

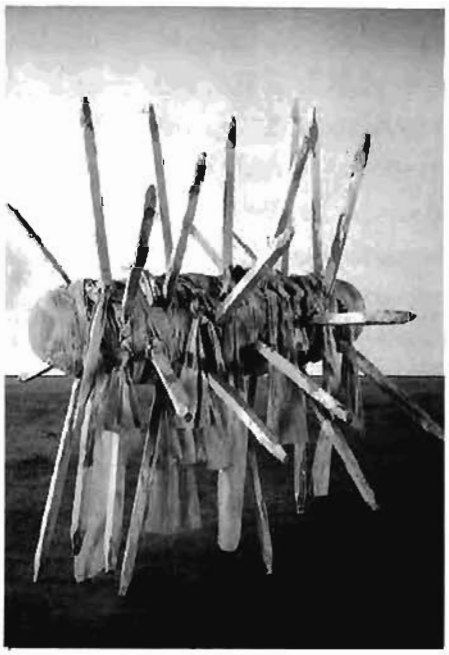
El tiempo de su fotografía no está congelado; ni restituido; ni reconstituido. Nada de *antes*, nada de *después*; sólo el *durante* de un desarrollo del espacio extendido, el tiempo de escribir su nombre, el tiempo de un salto de altura, el tiempo de soltar unas palomas. Refutación de lo negro por lo blanco, el tiempo sencillamente *constituido*.

(Traducción de Isabel Reverte y Ma. Teresa Gallego. Este artículo fue tomado de la revista *El Paseante*, número 9, 1985.)

Elementos 31 (1998), 25-31

la **locomoción** en los vertebrados

Ismael Jiménez Estrada

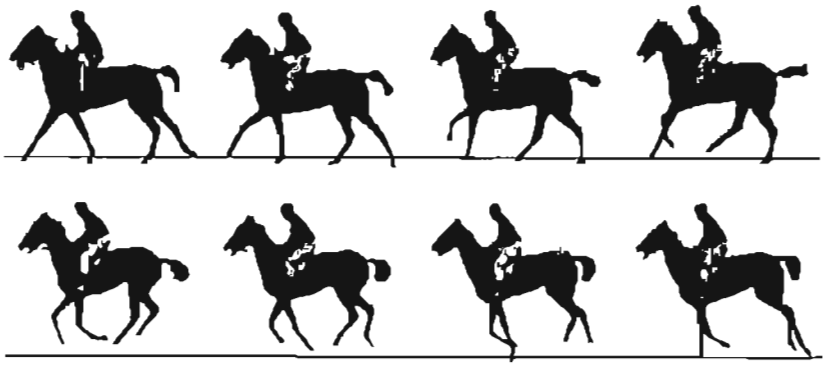


Seguramente alguna vez nos hemos preguntado cómo los deportistas realizan sus desplazamientos en busca de un balón o corren tras de la meta anhelada. También hemos apreciado y en algunos casos disfrutado de la habilidad que tienen algunos bailarines para ejecutar pasos complicados. ¿Qué origina los movimientos? ¿Cómo se coordinan las piernas y los brazos para realizar un desplazamiento determinado? ¿Qué controla el movimiento? ¿La forma en que se desplazan los hombres guarda similitudes con la de los animales? Afortunadamente algunos hombres de gran curiosidad se plantearon estas mismas preguntas y muchas más y las han tratado de responder desde la óptica de la investigación científica. Gracias a ello, se han podido comprender en detalle algunos de los procesos fisiológicos involucrados en la generación de los movimientos, en particular aquellos relacionados con la locomoción de los animales y del hombre.

CINEMÁTICA DE LA LOCOMOCIÓN

El análisis sistemático de la locomoción animal comenzó a fines del siglo pasado en una discusión de taberna en la que se argumentaba acerca de si los caballos, al galopar, separaban sus cuatro patas del suelo al mismo tiempo. En un esfuerzo por responder tal cuestión, el norteamericano Eadweard Muybridge, en 1872, desarrolló un sistema eléctrico que disparaba en secuencia un grupo de cámaras fotográficas,

Figura 1



colocadas en serie, a lo largo del recorrido de un caballo galopando. Con tal sistema, Muybridge pudo demostrar que, efectivamente, los caballos durante el galope levantan sincrónicamente las cuatro patas del suelo (Figura 1). Posteriormente, Muybridge estudió los movimientos de todo tipo de animales, incluyendo los del hombre.

En tales estudios se hizo evidente que los vertebrados terrestres ejecutan una secuencia estereotipada de movimientos durante la locomoción. Por ejemplo, un gato al caminar desplaza inicialmente una de sus patas traseras, digamos la izquierda (PI de la Figura 2A), a la que le sigue la pata delantera izquierda (DI), posteriormente la pata trasera derecha (PD) y, por último, la pata delantera derecha (DD). Esta secuencia de movimientos se presenta en la mayoría de los cuadrúpedos y se lleva a cabo cada vez que el animal da un paso.

A medida que los animales incrementan la velocidad de su marcha, la pata delantera se posa en el suelo un poco antes de que se eleve la pata posterior. Durante el trote, las extremidades de los animales realizan movimientos alternados. Por ejemplo, la pata posterior izquierda y la pata delantera derecha del animal pisan el suelo al mismo tiempo (Figura 2B) y las otras patas son elevadas sincrónicamente del suelo. En cambio, durante el galope, las patas delanteras y traseras son elevadas y posadas en el suelo en forma sincrónica y alternada (Figura 2C). Tales secuencias de movimientos también se presentan en las extremidades de los seres humanos.

Estas observaciones han permitido establecer que los movimientos de las extremidades de los vertebrados mantienen una estrecha relación entre sí, ya sea que estén acopladas en sincronía (cuando pisan el suelo al mismo tiempo) o en alternancia.

Cuando un animal da un paso, cada una de sus extremidades realiza una serie de movimientos básicos, los cuales se dividen en dos fases que conforman lo que se denomina un ciclo de paso:

1. Fase de balanceo. Durante esta fase la pata del animal no se encuentra en contacto con el piso en ningún momento y comprende la flexión de la pata para separarla del suelo, el desplazamiento de la misma aún flexionada hacia adelante y su extensión antes de tocar el piso (Figura 3A). Al inicio de la fase de balanceo se flexionan las articulaciones de la cadera, de la rodilla y del tobillo, mientras que al final se extienden las articulaciones de la rodilla y del tobillo, pero la de la cadera se mantiene flexionada (Figura 3B).

2. Fase de soporte. En esta fase la pata del animal está en contacto continuo con el piso, en donde se desplaza en sentido contrario a la dirección que lleva el cuerpo y lo impulsa hacia adelante (Figura 3A). Durante la parte inicial de la fase de soporte, el animal extiende la articulación de la cadera y flexiona las articulaciones de la rodilla y del tobillo, para extenderlas en la parte final de esta fase (Figura 3B).

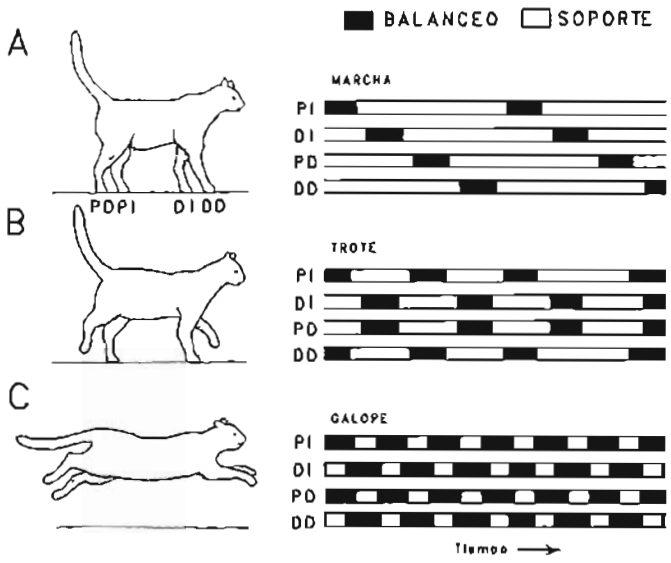
A medida que el animal aumenta la velocidad de su locomoción, mantiene la misma secuencia de movimientos de las articulaciones pero reduce la duración de la fase de soporte e intensifica la fuerza de sus movimientos. Esto es, el animal mantiene extendidas sus extremidades durante menos tiempo y ejecuta flexiones más vigorosas (Figura 2A-C).

LOS MOVIMIENTOS DE LAS EXTREMIDADES

En cada articulación se insertan varios músculos. La contracción de algunos de éstos provoca la flexión de la articulación, en cambio, la contracción del resto de los músculos conduce a la extensión de la misma, por ello a los primeros se les denomina músculos flexores y a los segundos músculos extensores. Puesto que cada una de las articulaciones contiene músculos extensores y flexores, es de capital importancia que la contracción de tales músculos sea coordinada con gran precisión, si esto no fuera así, las articulaciones simplemente no se moverían.

Para que un músculo se contraiga es necesario que se active un grupo de células nerviosas, llamadas motoneuronas, que se localizan en las regiones ventrales de la médula espinal (Figura 4). Las motoneuronas espinales proyectan sus axones nerviosos hacia los músculos, en donde hacen contacto sinápticamente (formando uniones neuromusculares) con una o varias fibras musculares a la vez. La activación de las

Figura 2

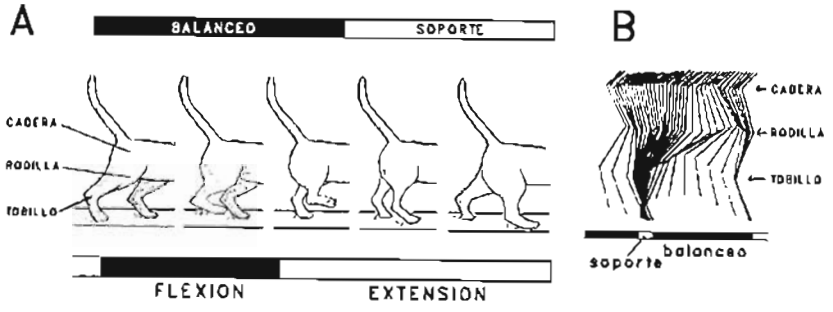


uniones neuromusculares provoca alteraciones de índole eléctrico en la membrana plasmática de las fibras musculares, las que a través de una serie de procesos fisiológicos pondrán en marcha la maquinaria contráctil de las mismas. El arreglo anatómico y funcional conformado por una motoneurona y las fibras musculares que excita se denomina unidad motora.

La actividad eléctrica de una o varias fibras musculares puede registrarse mediante agujas de metal muy finas (electrodos), insertadas en los músculos y conectadas a aparatos electrónicos adecuados. Este tipo de registros o electromiogramas, son utilizados en el análisis de la actividad eléctrica que ocurre en los músculos durante la ejecución de diversos cambios posturales o durante las distintas fases de la locomoción (Figura 5B).

En la marcha, la actividad eléctrica de los músculos flexores se alterna con la de los extensores, en estrecha relación con la secuencia de movimientos de las extremidades (Figura 5B y C). Los músculos flexores tienen una actividad eléctrica muy breve que se inicia poco antes de la fase de balanceo. Su contracción permite levantar la extremidad del suelo y desplazarla hacia adelante. Los músculos extensores presentan actividad eléctrica en la mayor parte de la fase de soporte y sostienen el peso del cuerpo, desarrollando la fuerza para impulsarlo hacia adelante (Figura 4A).

Figura 3



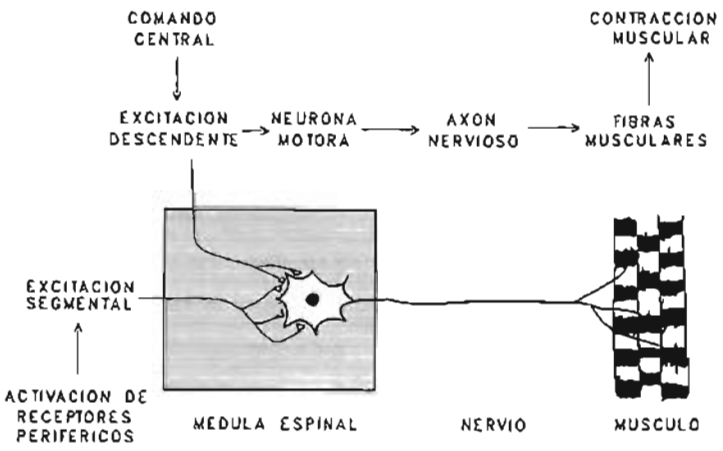
PAPEL DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL EN LA GENERACIÓN DE LA LOCOMOCIÓN

Dado que las fibras musculares dependen notablemente de la actividad de las motoneuronas espinales, resulta sencillo suponer que la coordinación de los músculos extensores y flexores de una articulación en particular, se lleva a cabo por la actividad sincronizada de las motoneuronas que los inervan. Esta idea permite suponer la existencia de circuitos neuronales en la médula espinal que inducen la activación sincrónica o alternada de los distintos grupos de motoneuronas.

El análisis experimental del papel que desempeña el Sistema Nervioso Central (SNC) en la generación de la actividad locomotora se inicia en los primeros años del presente siglo, con los estudios de los fisiólogos británicos Charles S. Sherrington y Thomas Graham-Brown. En 1907, Sherrington mostró que la aplicación de estímulos sensoriales periféricos (por ejemplo, pellizcar una pata o soplar en la oreja de un animal) genera movimientos alternantes en las extremidades posteriores de animales (gatos o perros) con sección total de la médula espinal ("animal espinal"). Dado que tal lesión separa físicamente la médula espinal de los centros nerviosos superiores (cerebro, tallo cerebral, etcétera), Sherrington propuso que en la médula espinal se localizan los mecanismos responsables del ritmo básico de los movimientos de las extremidades.

Posteriormente, Graham-Brown, en 1911, observó que las extremidades de "animales espinales" y con las raíces dorsales seccionadas (las cuales contienen la inmensa mayoría de las fibras nerviosas provenientes de receptores sensoriales localizados en la piel, en las articulaciones o en los

Figura 4



músculos y que ingresan a la médula espinal), son capaces de generar contracciones musculares rítmicas, similares a las que se observan durante la marcha

Las observaciones de Graham-Brown, además de confirmar la proposición original de Sherrington sobre la localización espinal de los mecanismos que generan los movimientos, sugieren que ellos pueden echarse a andar de manera casi automática.

Después de las investigaciones de Sherrington y de Graham-Brown, por casi cuarenta años no hubo avances significativos en el estudio de la forma en que el sistema nervioso coordina la locomoción. La mayoría de los estudios experimentales que se realizaron en ese periodo tuvieron como objetivo caracterizar los elementos neuronales que pudieran controlar la actividad refleja de la médula espinal (Baldissera y colaboradores, 1981).

El interés sobre la locomoción resurgió en la década de los años sesenta, cuando los investigadores suecos Ingemar Engberg y Anders Lundberg (1969) analizaron la actividad electromiográfica de animales en libre movimiento.

El hallazgo fundamental para el estudio experimental de la locomoción fue obtenido por los investigadores rusos Shik, Severin y Orlovsky en 1966, quienes observaron que la estimulación eléctrica de una pequeña región del tallo cerebral, a la cual denominaron Región Mesencefálica Locomotora (RML; Figura 5A), es capaz de generar locomoción en gatos colocados en una banda móvil, a los que previamente se les había seccionado quirúrgicamente la parte anterior del tallo cerebral (Figura 5A). Conviene señalar que los animales con este tipo de lesión pueden mantenerse de pie, pero no pueden iniciar por sí mismos la marcha o el galope.

Estos investigadores también observaron que al aumentar la velocidad de la banda móvil y la intensidad de los estímulos aplicados a la RML, se incrementa la frecuencia de la marcha y el animal pasa de una marcha lenta a un trote ligero, de éste a un trote vigoroso y finalmente a un galope sostenido.

Debe señalarse que la estimulación de la RML en animales espinales y paralizados (mediante drogas que bloquean la contracción muscular), aún es capaz de generar actividad eléctrica rítmica en los nervios que inervan los músculos de las extremidades. Tal actividad electroneurográfica rítmica, en ausencia de movimientos aparentes, se conoce como locomoción ficticia.

Estudios como los anteriores permiten establecer que algunos centros nerviosos localizados en el tallo cerebral aportan las señales o comandos necesarios para que se activen los mecanismos espinales responsables de generar los movimientos, en tanto que la influencia supraespinal y la entrada sensorial son capaces de alterar su funcionamiento. Esto último, confiere a los animales la capacidad de alterar la dirección de su locomoción o adaptar sus movimientos a las irregularidades del terreno (Rossignol y colaboradores, 1988).

GENERADORES CENTRALES DE SECUENCIAS MOTORAS

La suposición de que en la médula espinal se localizan los mecanismos que generan y coordinan la locomoción dio origen a la proposición de la existencia de un Generador Central de Patrones Motores (GCP). En 1981, Grillner definió a un GCP como "el sistema de neuronas espinales responsables de crear una secuencia motora particular".

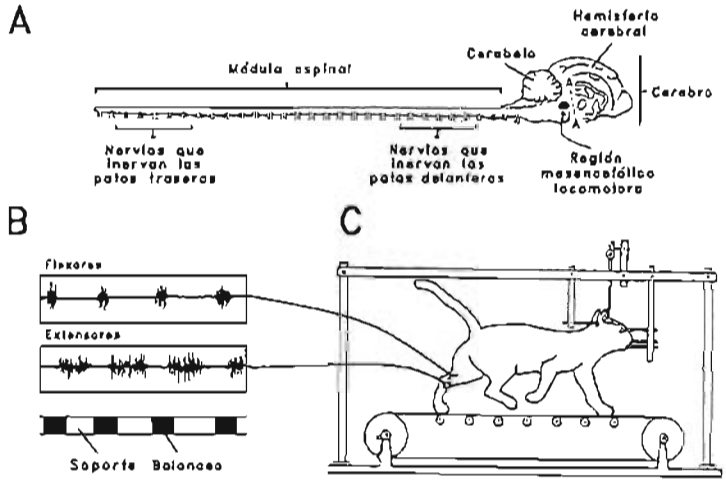
El concepto de GCP ha sido muy útil para explicar una gran variedad de eventos motores que ocurren estereotipadamente en los animales, entre los que se encuentran la respiración, los movimientos oculares, la masticación, el rascado y el vuelo. Diversos grupos de investigadores han propuesto la existencia de GCPs diferentes para cada uno de los eventos motores señalados (Cohen, Rossignol y Grillner, 1988).

¿Por qué los vertebrados terrestres son capaces de mover cada una de sus extremidades por separado? Esta pregunta sugirió a Stern Grillner (1985) que la médula espinal contiene GCPs unitarios (denominados más apropiadamente como Generadores Espinales de Movimientos o GEMs), uno para cada extremidad, los cuales po-

drían controlar los movimientos de las mismas en forma independiente. Esta suposición permite explicar por qué cuando una de las extremidades de un animal está lesionada la otra realiza movimientos locomotores relativamente normales

Según Grillner, los GEMs podrían interactuar entre sí para generar las distintas secuencias motoras que se observan en los vertebrados. Por ejemplo, cada uno de los GEMs de las extremidades podrían acoplarse entre sí para generar la secuencia de movimientos necesarios para la marcha, el trote y el galope o bien para caminar hacia atrás.

Figura 5



Grillner (1981, 1985) también propone que el GEM de una extremidad en particular puede fraccionarse en sub-unidades funcionales más pequeñas (sub-GEMs), que controlarían por separado el movimiento de cada una de las articulaciones de las extremidades. Por ejemplo, si un animal desea mover el tobillo de su pata izquierda, sólo necesita activar el grupo de neuronas del sub-GEM correspondiente.

¿QUE ELEMENTOS NEURONALES CONFORMAN LOS GENERADORES ESPINALES DE MOVIMIENTOS?

Para saber cómo funciona un generador espinal de movimientos es imprescindible conocer en detalle cada uno de los elementos neuronales que lo constituyen, la forma en que están conectados y cómo sus propiedades funcionales (propiedades de membrana, conectividad sináptica, etcétera) varían durante la locomoción. Sin embargo, el conocimiento que se tiene en la actualidad sobre los posibles elementos del generador espinal de movimientos en los mamíferos es muy escaso, ello aunado a que recientemente se han obtenido evidencias experimentales de la existencia de un grupo de interneuronas espinales que ejercen acciones excitatorias sobre las motoneuronas, las que sólo pueden ser activadas durante la fase de extensión de la locomoción, pero no en la fase de flexión o durante el reposo (Angel, Guertin, Jiménez y McCrea, 1996). A pesar de lo anterior, se han propuesto diversos circuitos neuronales (conformados predominantemente por interneuronas espinales) que al ser modelados electrónicamente o por computadora presentan una actividad rítmica alternante (Grillner, 1981, 1985) que, en la mayoría de los casos, no manifiesta las características temporales de las fases extensoras y flexoras de la locomoción de los vertebrados terrestres.

GENERADOR ESPINAL DE MOVIMIENTOS EN LA LAMPREA

En lugar de realizar una descripción muy detallada de los posibles elementos neuronales de los GCPs de vertebrados superiores, Stern Grillner, en 1985, decidió enfocar sus estudios a un sistema nervioso más simple: el de la lamprea.

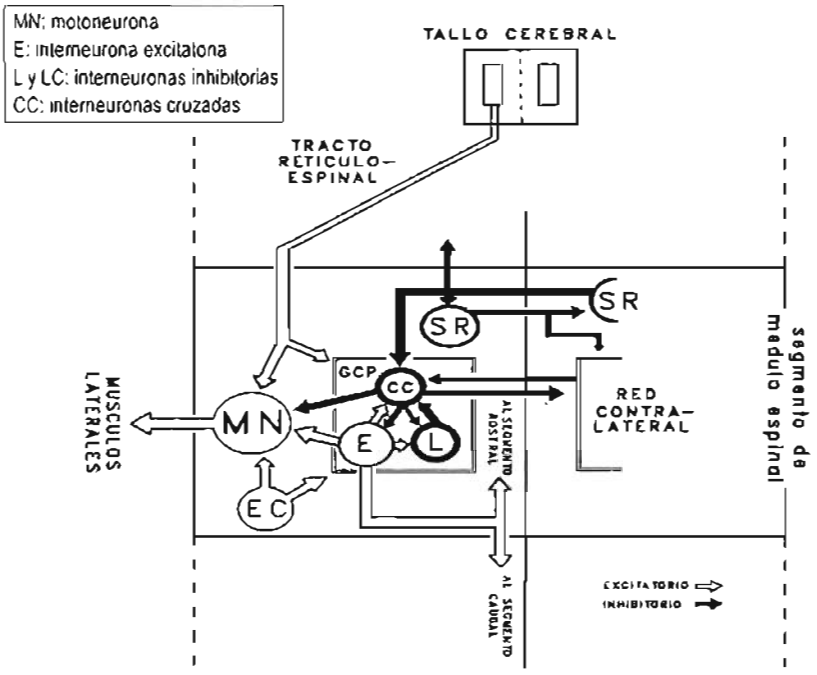
La lamprea es un pez sin mandíbulas, cuyo cuerpo se encuentra integrado por casi cien segmentos. Cada segmento presenta dos paquetes musculares laterales (miotomos) y un ganglio nervioso, que contiene dos grupos de neuronas que controlan cada uno de los miotomos laterales

La lamprea se desplaza por el agua mediante movimientos ondulatorios (a una frecuencia de 0.2 a 10 movimientos por segundo) que se producen por la activación de los miotomos segmentales. Entre la activación de un segmento corporal y la del siguiente, se presenta un retardo temporal (de aproximadamente 1% de la duración total del ciclo de nado) que crea la característica "onda" que se propaga a lo largo del animal, en sentido rostro-caudal, y lo desplaza hacia adelante.

La lamprea posee un sistema nervioso (con tallo cerebral, médula espinal, tractos nerviosos ascendentes y descendentes, núcleos motores, etcétera.) similar en su organización funcional al de otras clases de vertebrados superiores, pero más simple.

Tanto el tallo cerebral como la médula espinal de la lamprea pueden aislarse quirúrgicamente del resto del animal y mante-

Figura 6



nerse *in vitro* por varios días. En esta preparación es posible producir un patrón alternante de actividad eléctrica en las raíces ventrales (por donde surgen las fibras motoras de la médula espinal) semejante al que se observa en el animal intacto. Esto se logra mediante la aplicación de neurotransmisores excitadores (por ejemplo, glutamato o serotonina) en la preparación (Grillner *et al.*, 1981) o por la estimulación eléctrica del tallo cerebral (McLellan y Grillner, 1984). Más aún, si se secciona la médula espinal de la lamprea en pequeñas partes que contengan algunos segmentos, es posible generar en éstos la característica actividad rítmica en las raíces ventrales. Con base en sus observaciones, Grillner y Matsushima (1991) proponen que la capacidad de generar la actividad locomotora en la lamprea está distribuida a todo lo largo de la médula espinal y que en cada segmento existen circuitos neuronales que se encargan de generar las secuencias estereotipadas de movimientos.

Según estos autores, en cada segmento de la lamprea se localizan dos arreglos de neuronas, uno a cada lado de la médula. Éstos están constituidos por tres interneuronas (una excitatoria y dos inhibitorias; E, L, LC, ilustradas en la Figura 6) cuya actividad modula la respuesta de las motoneuronas que controlan la contracción de cada miotomo lateral.

Cada arreglo de interneuronas recibe influencias sinápticas excitatorias y/o inhibitorias de distintas estructuras espinales y del tallo cerebral. Esto es, pueden ser activados por vías descendentes provenientes de la formación reticular del tallo cerebral, por circuitos neuronales de segmentos vecinos (rostrales y/o caudales) y por axones provenientes de receptores sensoriales de la piel o de los músculos, incluyendo las influencias inhibitorias de los circuitos contralaterales de la médula, de los segmentos vecinos, así como de un tipo especial de neuronas espinales, que son sensibles al estiramiento de la propia médula espinal (Viana di Prisco y colaboradores, 1990; EC en la Figura 6).

Los estudios de Grillner y colaboradores han permitido establecer, sin lugar a dudas, la existencia, en la médula espinal, de circuitos neuronales que generan la locomoción de los vertebrados.

SECUENCIA DE EVENTOS NERVIOSOS QUE DAN ORIGEN A LA LOCOMOCION DE LOS VERTEBRADOS

Gracias a los estudios de Grillner y colaboradores, fue posible establecer la siguiente secuencia de eventos nerviosos que conducen a la generación de actividad locomotora en la mayoría de los vertebrados:

a) Precediendo a la actividad locomotriz, se produce un incremento en la actividad de las neuronas retículo-espinales del tallo cerebral del animal, lo que constituiría el comando u orden descendente para que se inicie la locomoción. b) La actividad supraespinal excita a todas las neuronas de los circuitos generadores de patrones locomotores en la médula espinal. c) Cada arreglo de interneuronas genera las secuencias rítmicas de excitación e inhibición de las motoneuronas que controlan los músculos laterales o de las extremidades, según sea el caso. d) La alternancia en la actividad de los circuitos segmentales, ipsi y contralateral, surge por una acción inhibitoria recíproca entre tales circuitos, generando movimientos locomotores alternados, característicos de cada tipo de vertebrado. e) Los receptores periféricos de la piel y/o de los músculos, sensibles al estiramiento informan a los circuitos generadores espinales sobre la ejecución de cada uno de los movimientos, confiriendo al animal la capacidad de adaptarlos a las condiciones ambientales.

Esta secuencia de eventos nerviosos ha permitido inferir algunas de las propie-

dades de conectividad de los distintos elementos neuronales que conforman a los GCPs espinales y la forma en que participan en la generación de la locomoción en los vertebrados superiores.

COMENTARIOS FINALES Y PERSPECTIVAS

La evidencia experimental obtenida hasta el momento, tanto en el hombre como en el gato, la rata, la lamprea y en algunos peces (Cohen y colaboradores, 1988) ha permitido establecer, con cierta seguridad, que la actividad locomotora de todos los vertebrados, terrestres y acuáticos, se genera por la activación de circuitos neuronales que se localizan en la médula espinal y en el tallo cerebral.

Gracias al estudio experimental de la locomoción, ahora es factible desarrollar algunas terapias ortopédicas que pueden ser aplicadas a pacientes con lesiones o malformaciones del sistema locomotor. Por ejemplo, secuencias apropiadas de estímulos eléctricos aplicadas a través de electrodos implantados crónicamente en todos los músculos de las piernas de pacientes parapléjicos, podrían permitirles ponerse de pie y/o desarrollar un patrón de locomoción parecido al de la marcha.

El conocimiento de los circuitos básicos de neuronas que conforman los GCP podría aplicarse a la construcción de autómatas con libre movimiento o de prótesis con movimiento programado.

A pesar de que en la actualidad se comienzan a vislumbrar los posibles alcances del estudio de los mecanismos íntimos de la locomoción, aún queda un camino muy largo para comprender apropiadamente la organización funcional del sistema locomotor de los vertebrados superiores, entre los que se incluye el del hombre.

BIBLIOGRAFÍA

REVISIONES

Baldissera, F., Hultborn, H. y Illert, M. "Integration in spinal neuronal systems"; en: Brooks, V.D. (Ed.), *Handbook of Physiology, The Nervous System, Motor Control*, American Physiological Society, Maryland, Waverly Press, Cap. 12, 1981, pp. 509-596.

Cohen, A.H., Rossignol, S. y Grillner, S., (Eds.), "Neural control of rhytmic movementes in vertebrates", Wiley, New York, 1988.

Grillner, S., "Control of locomotion in bipeds, tetrapods and fish", en: Brooks, V.D. (Ed.), *Handbook of Physiology, The Nervous System, Motor Control*, American Physiological Society, Waverly Press, Maryland, 1981, pp. 1179-1236.

Grillner, S., "Neurobiological bases of rhytmic motor acts in vertebrates", *Science*, 228, 1985, pp. 143-149.

Grillner, S., Buchanan, J.T., Wallen, P. y Brodin, L., "Neural control of locomotion in lower vertebrates. From behavior to ionic mechanisms", en: Cohen, A.H., Rossignol, S. y Grillner, S. (Eds.); *Neural control of rhytmic movements in vertebrates*, Wiley, New York, 1988, pp. 1-40.

Pearson, K.G., "The control of walking", *Scientific American*, 235, 1976, pp. 72-87.

Pearson, K.G., "Central pattern generation: A concept under scrutiny", en: McLennan, H., Ledsome, J.R., McIntosh, C.H.S. y Jones, D.R. (Eds.), *Advances in Physiological Research*, Plenum Press, New York, 1987, pp. 167-185.

ARTICULOS ORIGINALES

Angel, M., Guertin, P., Jiménez, I. y McCrea, D., "Group I extensor afferents evoke disynaptic EPSPs in cat hindlimb extensor motoneurones during fictive locomotion", *Journal of Physiology* 496.3, 1996, pp. 851-861.

Engberg, I. y Lundberg, A., "An electromyographic analysis of muscular activity in the hindlimb of the cat during unrestrained locomotion", *Acta Physiologica Scandinavica*, 75, 1969, pp. 614-630.

Feldman, A.G. y Orlovsky, G.N., "Activity of interneurons mediating reciprocal Ia inhibition during locomotion", *Brain Research*, 84, 1975, pp. 181-194.

Grillner, S., McClellan, A.D., Sigvardt, K., Wallen, P. y Wilen, M., "Activation of NMDA receptors elicits 'fictive locomotion' in lamprey spinal cord in vitro", *Acta Physiologica Scandinavica*, 113, 1981, pp. 549-551.

Grillner, S. y Matsushima, T., "The neural network underlying locomotion in Lamprey. synaptic and cellular mechanisms", *Neuron*, 7, 1991, pp. 1-15.

Loeb, J.E., "The distal hindlimb musculature of the cat: interanimal variability of locomotor activity and cutaneous reflexes", *Experimental Brain Research*, 96, 1993, pp. 125-140.

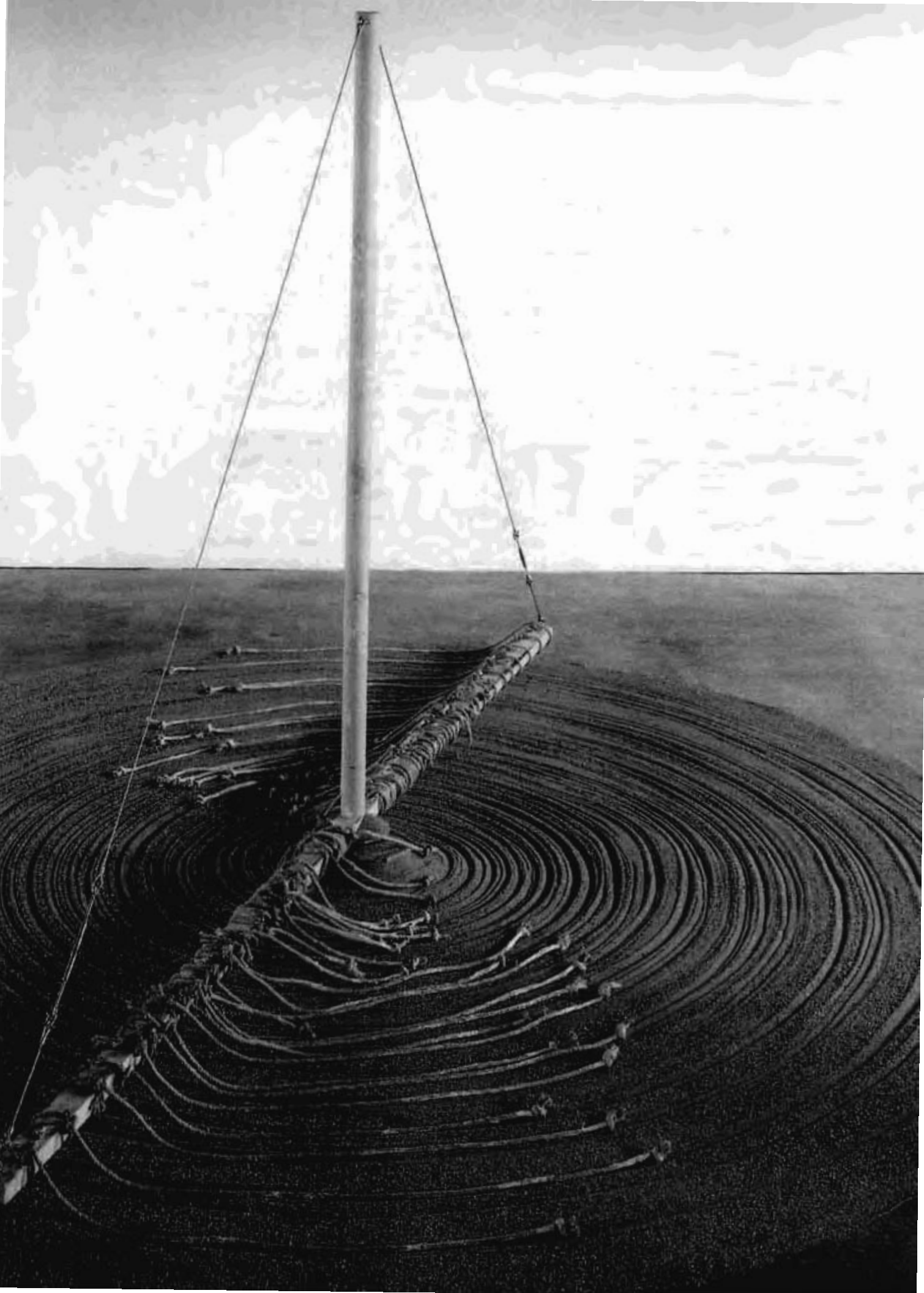
McLellan, A.D. y Grillner, S., "Activation of 'fictive swimming' by electrical microstimulation of brainstem locomotor regions in an in vitro preparation of the lamprey central nervous system", *Brain Research*, 300, 1984, pp. 357-361.

Rossignol, S., Lund, J.P. y Drew, T., "The role of sensory inputs in regulating patterns of rhytmical movements in higher vertebrates", en: Cohen, A., Rossignol, S. y Grillner, S. (Eds.), *Neural Control of rhytmic movements in vertebrates*, Wiley, New York, 1988, pp. 201-283.

Shik, M.L., Severin, F.V. y Orlovsky, G.N., "Control of walking and running by means of electrical stimulation of the mid-brain", *Biophysics* 11, 1966, pp. 756-765.

Viana di Prisco, G., Wallen, P. y Grillner, S., "Synaptic effects of intraspinal stretch receptor neurons mediating movement-related feedback during locomotion", *Brain Research*, 530, 1990, pp. 161-166.

(Ismael Jiménez Estrada es profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.)



Elementos 31 (1998), 33-38

legado del **atomismo** presocrático en la química

Claudio A. Téllez

En un trabajo anterior[1] comentábamos que el concepto de átomo, como un cuerpo indivisible, nació como una respuesta a la Escuela Eleática. Los atomistas Leucipo y Demócrito rescataron la pluralidad frente al monismo de Parménides y rescataron también los conceptos de movimiento, de generación y de corrupción. Opuestos a la férrea lógica de Parménides, resurgieron con las tesis que valoran al conocimiento adquirido por las experiencias sensibles. Sin embargo, todas estas afirmaciones y discursos filosóficos no tendrían frutos si las ideas, en sus estructuras puras, en sus esencias, no hubiesen trascendido.

Si nos preguntamos ¿cómo trascendieron?, tendremos tal vez una respuesta ambigua sobre las inserciones de los conceptos antiguos en la ciencia actual. Si le preguntamos a un científico sobre la validez de las tesis de los atomistas griegos, tendríamos como respuesta, la mayoría de las veces, que las ideas de esos filósofos ya están obsoletas, y que el átomo indivisible fue dividido por J.J. Thomson en los inicios del siglo XX. ¿Nada quedó entonces de los conceptos que nos dejaron como herencia los atomistas griegos? No podemos ser tan taxativos. Hubo una transferencia de las ideas, pero sería absurdo e ingenuo pensar que las nociones de movimiento, de forma y tamaño de los átomos, de "peso" (en su significado anterior a Newton) y velocidad, pasaron en forma lineal a la ciencia moderna, manteniendo su significado tal como los griegos entendían.

La historia nos señala los hitos más importantes del pensamiento a través de épocas bien definidas. Procurar trazar la evolución en la historia de los conceptos del atomismo sería una tarea muy lejana del alcance de este artículo. Si el atomismo pareció llegar a su término a los inicios del siglo III a.C., en los últimos años del siglo IV, Epicuro retomó las antiguas tesis del atomismo y formuló un sistema propio. Lucrecio, en el siglo I a.C., revitalizó el atomismo e influenció a los estudiosos medievales. En el siglo XVII, el filósofo y médico alemán D. Sennert (1572-1637) postuló una teoría física renovadora del atomismo de Demócrito introduciendo en sus argumentos la doctrina de las entidades mínimas de J.C. Scaliger. P. Gassendi (1592-1655) se adhirió a las ideas de Demócrito y es considerado como el precursor de la química moderna, responsable de la conexión de la teoría corpuscular con la química (pocos son los años que separan a Gassendi de R. Bayle (1626-1691).

Este artículo tiene como objetivo indicar con qué modificaciones o en qué estado de evolución reaparecen los conceptos de los atomistas presocráticos en las diferentes áreas de la química.

¿QUÉ IDEAS DE LOS PRESOCRÁTICOS PERMANECEN EN LA QUÍMICA ACTUAL?

En primer lugar, el alcance de la palabra átomo. En griego, el verbo cortar es "temno" (τεμνο), la palabra cortar es "tomé" (τομη). Para indivisible existe la palabra "ameristos" (αμε–ριστοζ). Átomo, significa entonces "no cortado". El concepto de indivisibilidad surgió como una respuesta a la escuela de Parménides de Elea que sustentaba la divisibilidad de los cuerpos.

En la actualidad llamamos átomos a los elementos químicos que conocemos de la Tabla Periódica y sabemos que hoy es posible la fisión nuclear, la formación de iones, la degradación radioactiva. Es posible, en principio, separar algún constituyente de estos átomos. En el sentido de los griegos, estos elementos no serían partículas compactas y carentes de vacío. Sabemos que nuestros átomos están constituidos por un conjunto de partículas subatómicas, denominadas de acuerdo con sus cargas y masas como nucleones (protones y neutrones), leptones (electrones, electrones tipo neutrino, muones, muones tipo neutrino, tau, tau tipo neutrino) y quarks

Figura 1a. Forma de los átomos de acuerdo a los atomistas griegos.

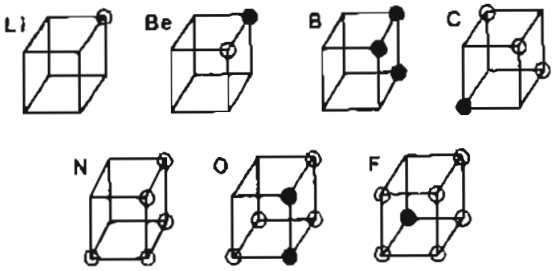


Figura 1b. Modelos de átomos cúbicos de acuerdo a G.N. Lewis.

(*up*, *down*, *strange*, *charm*, *bottom*, *top*). En el sentido de la génesis de la palabra átomo, para los griegos, los átomos eran partículas indivisibles; por ejemplo, los leptones y quarks. Así, etimológicamente, la palabra átomo en su significado actual estaría mal empleada.

FORMAS Y TAMAÑOS

Aecio comentaba: "...(los átomos) eran pequeños e imperceptibles y poseían toda clase de formas, figuras y diferencias de tamaño"[2] No estaríamos errados al suponer que los atomistas presocráticos, influenciados por el conocimiento pitagórico de la época, imaginaban a los átomos de diferentes formas geométricas (Figura 1a). En el siglo XX, científicos de renombre han postulado átomos con forma de cuerpos geométricos. G.N. Lewis[3] propuso un modelo estático de átomo cúbico y a través del cual llegó aparentemente al concepto de la repetición periódica de las camadas electrónicas y al concepto de estabilidad relativa de las estructuras de los gases nobles[4] (Figura 1b). I. Langmuir[5] extendió las ideas del átomo cúbico de Lewis, pero, dos años después, N.Bohr propuso su modelo atómico de anillos, dando origen a las interpretaciones más modernas del átomo. De la rigidez del modelo de N.Bohr, una nueva concepción de la geometría de los átomos aparece en

el tratamiento mecanico cuántico, donde se introduce el concepto de orbital como la representación gráfica de las diferentes funciones de onda orbital.

Con relación al tamaño, tanto para los atomistas griegos como para el modelo actual, los átomos son tan pequeños que escapan a nuestra percepción visual.

PESO

Con relación al peso, Aristóteles, en su libro *De generatione et corruptione* escribe: "...Demócrito afirmó, sin embargo, que cada uno de los (cuerpos) indivisibles es más pesado conforme su preponderancia".[6] En otra mención a los atomistas, el estagirita expresa en su obra *El Cielo*:

> Quien dice que (los primeros elementos) son sólidos, puede afirmar muy bien que el mayor de ellos es también el más pesado. En los compuestos, sin embargo, como se manifiesta que no todos poseen esta propiedad, vemos que muchas cosas cuyo volumen es menor, son más pesadas.[7]

De los textos de Aristóteles[6,7] se desprende una distinción clara entre elementos y compuestos. En los elementos, la "hyperoché" (preponderancia) es de magnitud y de tamaño. Así, cuanto mayor es un átomo, más pesado es.

En un articulo anterior[1] citábamos a Aecio quien afirmaba lo siguiente. "Demócrito decía que los primeros cuerpos, esto es, los sólidos, no poseen peso. Sin embargo, se mueven en el infinito en virtud de sus mutuas colisiones". Frente a las colocaciones antagónicas de Aristóteles y de Teofrasto por un lado, y las de Aecio por el otro, concordamos con los comentaristas de la BCG[8]:

> Democrito habló del peso de los átomos relativo a su tamaño, no fue, sin embargo, de su interés conectar directamente el peso con el movimiento, ya que éste quedaba justificado por la existencia del vacío y por la "necesidad" entendida como ley mecánica natural.

En la actualidad decimos que los átomos poseen masas diferentes. El peso es una fuerza proporcional a la masa y, naturalmente, este concepto no habia sido vislumbrado por los atomistas griegos. Con la llegada del principio de la gravitación universal, se estableció la diferencia. Somos de la opinión que exigir esto de los atomistas estaría fuera de lugar.

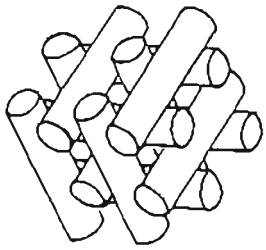


Figura 2. Cadenas rectas de átomos de vanadio.

Dalton enunció la Ley de las Proporciones Múltiples. Él y posteriormente Berzelius[10] publicaron las primeras tablas de "pesos atómicos". Los textos de química general de la década de los años cincuenta publicaron tablas de "pesos atómicos". Recientemente se introdujo el concepto de "masa atómica" para substituir "peso atómico". Peso es una fuerza, la masa está relacionada con la cantidad de materia.

MOVIMIENTO DE LOS ÁTOMOS

De acuerdo con los filósofos presocráticos, los diferentes movimientos de los átomos se debian a la naturaleza de sus pesos, a la causa de sus diferencias mutuas y a otras diferencias, a las colisiones o choques mutuos y a la causa de las vibraciones.

Los atomistas griegos distinguieron los siguientes tipos de movimientos:

1) Aleatorio.
2) Diferentes tipos de movimientos giratorios.
3) Movimiento perpetuo.
4) De lo igual en dirección a lo igual.

La idea de movimiento de los átomos, tal como lo entendían los atomistas, quedó muy bien colocada en los comentarios de Diógenes Laercio. " .. los átomos (cuando) se chocan y giran en todos los sentidos, se van separando y reuniéndose con sus semejantes".[11] De acuerdo con los atomistas griegos, el átomo era la menor particula de materia, tan pequeña que era imposible cortarla. Actualmente imaginamos al átomo como la unidad fundamental de la materia que da origen a la formación de los cuerpos. Si los átomos colisionan y giran en todos los sentidos, de acuerdo con la colocación de Diógenes Laercio, la imágen más próxima de este tipo de movimiento se encontrará siglos más tarde en la teoría cinético molecular de los gases. En este paralelo, la visión más depurada que tenemos es la del movimiento browniano, movimiento que también considera la mecánica cuántica estocástica.

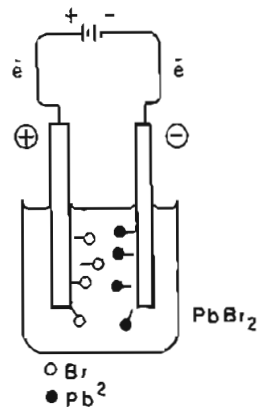


Figura 3. Electrólisis. $PbBr_2$ fundido. (Movimiento de lo igual hacia lo igual.)

Con relación al movimiento perpetuo de los átomos, en el estudio de las vibraciones moleculares, se consideran los diferentes desplazamientos de los átomos directamente enlazados (enlace químico primario) y aquellos indirectamente enlazados (enlace químico secundario) y se calculan las amplitudes vibracionales para temperaturas de 0 °K.

Si hacemos la abstracción de no considerar el movimiento traslacional de los átomos, las partículas subatómicas están en movimiento, giran los electrones y se mueven ondulatoriamente de acuerdo con la última teoría atómica.

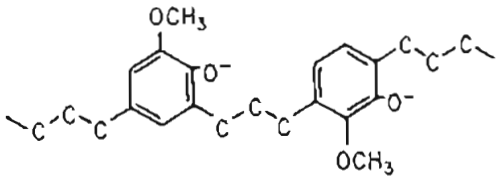
El movimiento de lo igual en dirección de lo igual, tuvo para los griegos el sentido de congregación o de agrupamiento, congregación de indivisibles semejantes para la formación de los cuerpos. Este concepto es válido no solamente para las substancias puras caracterizadas por un único elemento químico. En la formación de superconductores en las aleaciones A-15, encontramos para la estructura de V_3Si[13], infinitas cadenas rectas de átomos de vanadio en cada una de las tres direcciones ortogonales. La Figura 2 representa esquemáticamente la formación de estos enlaces V-V.

En los procesos de óxido-reducción, por ejemplo:

$$Pb^{2+}(aq) + 2e^- = Pb(s)$$
$$2Br(aq) = Br_2(g) + 2e^-$$

distinguimos claramente el movimiento de lo igual en dirección de lo igual. Este proceso se ilustra en la Figura 3.

Los conjuntos de átomos (en el sentido de los griegos), unidos por sus diferencias de formas y tamaños, constituyen hoy las unidades que llamamos moléculas o complejos. Estas moléculas se agrupan también en la dirección de lo igual hacia lo igual para formar, por ejemplo, cadenas de polímeros. Así, en la formación del polietileno la unidad $-CH_2CH_2-$ está repetida n veces. La lignina es un polímero de unidades:



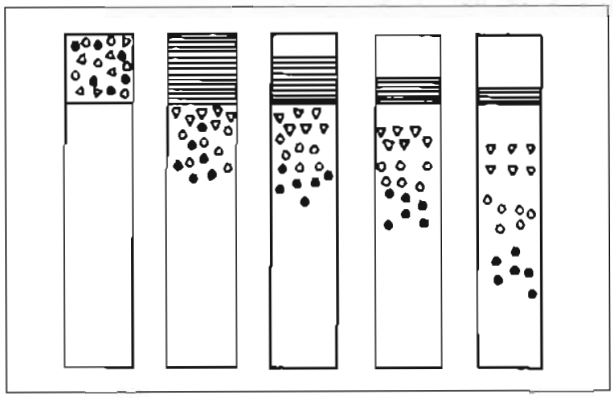


Figura 4. Cromatografía. (Movimiento de lo igual hacia lo igual.)

Esta tendencia de lo igual ir en dirección a lo igual se utiliza en la química analítica fundamental en los procesos de centrifugación, donde el proceso es análogo a lo que los griegos decían como. "las partes leves se dirigen en dirección al vacío exterior, tal como si fuesen levantadas; pero las demás quedan juntas". En los procesos de separación por las diferentes técnicas de cromatografía distinguimos por este movimiento de lo igual en la dirección de lo igual, a los diferentes constituyentes de la muestra que se analiza. En la Figura 4 representamos ejemplos de este tipo de movimiento que ocasiona la separación de cuerpos diferentes.

El movimiento giratorio de diversas formas no es novedad. Un gas diatómico puede distribuir su energía traslacional a lo largo de tres ejes coordinados. De igual forma, podemos considerar que este gas diatómico tiene componentes rotacionales en los tres ejes y hablamos que posee, entonces, tres grados de libertad rotacional (Figura 5).

El electrón, en el sentido etimológico de la palabra átomo, sería una partícula "no cortada", y correspondería a uno de los átomos hipotéticos e imaginarios de los griegos. Esta partícula, de acuerdo al modelo atómico de Bohr-Pauli, tendría movimientos rotatorios en diferentes órbitas. En este modelo atómico se considera al electrón como una pequeña esfera; de acuerdo con Platón: "El más bello de los cuerpos es la esfera" cargada, que gira sobre su propio eje (Figura 6).

Con relación a la formación de los cuerpos, de las citas de Simplicio, que son más exhaustivas que las de Aristóteles, podemos tener conocimiento de la

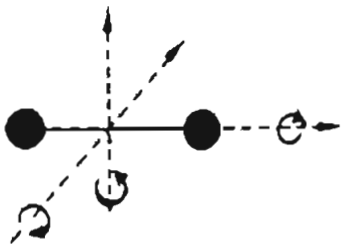


Figura 5. Grados de libertad rotacional.

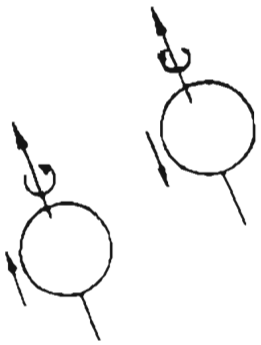


Figura 6. Spin del electrón.

más primitiva teoría de las colisiones, donde los choques efectivos serían aquellos que conducen a la formación de los cuerpos compuestos. Estas colisiones efectivas tendrían lugar siempre que los átomos en cuestión se unan mutuamente de acuerdo a sus figuras, tamaños, posiciones y agrupamientos. Si pensamos en las formas diferentes de los átomos, de acuerdo con lo que los atomistas griegos imaginaban, estos átomos serían esféricos, cóncavos, convexos, triangulares, ganchudos, piramidales, cilíndricos, etcétera. Un choque entre átomos piramidales y esféricos no sería una colisión efectiva; sin embargo, efectivas serían aquellas colisiones entre los átomos ganchudos, entre los átomos cóncavos y convexos y entre aquellos que, de acuerdo con sus simetrías, permitiesen un enlace; la unión entre un par de átomos ganchudos, por ser éstos iguales, significaría en nuestros términos un enlace homonuclear. Pero, la unión entre átomos cóncavos y convexos, más allá de proyectar la idea de un enlace heteronuclear, proyecta la imagen de unión por "encaje" o "ensamble", como por ejemplo, en la formación del compuesto de adición $(CH)_3NBF_3$, de acuerdo a la reacción:

$$(CH_3)_3N: + BF_3 = (CH_3)_3N:BF_3$$

base ácido compuesto de adición

Es muy común en los textos de química usar el modelo de puntos de Lewis para explicar el enlace covalente coordinado; se usa también el modelo de "encaje" o "ensamble" para explicar el enlace covalente simple, doble o triple. Esta idea

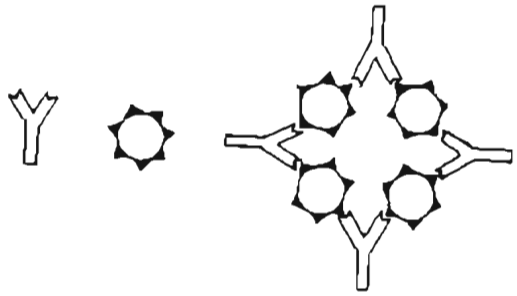


Figura 7. Modelo de "ensamble" o de "canje", reacción anti-GCH + látex-GCH

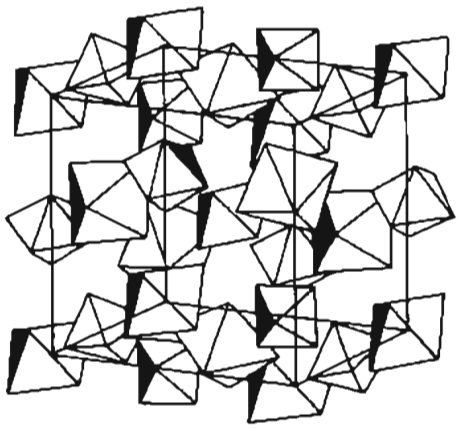


Figura 8. "Átomos unidos en un estrecho contacto mutuo."

ingenua de representar a los electrones por puntos y cruces no es diferente en ingenuidad a la concepción griega antigua.

En la tendencia de lo igual hacia lo igual, como resultado en la formación de los cuerpos, podemos tomar como ejemplo a la electrólisis y a la orientación final de los átomos de vanadio en la formación de un superconductor.[13]

Extrapolando la idea a las moléculas, entre los innumerables ejemplos que podemos tomar de los procesos químicos, presentamos la formación de los polímeros del etileno y la lignina. Los procesos de centrifugación y de cromatografía (líquida y gaseosa), fueron también ejemplos de este tipo de movimiento, los que podríamos ampliar indicando también a los procesos de ósmosis, de difusión y cualquier mecanismo que induzca la emigración de iones por diferencia de potencial químico.

La idea de los átomos ganchudos, la que tal vez no fue una idea particular de los atomistas Leucipo y Demócrito, sino que una extensión de Aecio y de Simplicio, no deja de tener su connotación al introducir la idea de enlace por "ensamble" o encaje. Esta idea no es usada solamente por los químicos para explicar enlaces. Las reacciones de inhibición de la aglutinación pasiva de partículas inertes, en inmunología, proporciona ejemplos típicos de "ensambles" o encajes. Así, por ejemplo, para detectar la gravidez, la reacción final que representamos en la Figura 7, se basa en la reacción entre el anti-GCH activo o el látex-GCH, lo que da como resultado una aglutinación, un cuerpo de bella simetría.

La tendencia de lo igual ir en dirección a lo igual se puede extender a las moléculas más simples, como por ejemplo a la estructura cristalina del complejo $[Co(NH_3)_6][FeC1_6]$[14], consti-

tuida de unidades octaédricas, tanto para los cationes complejos $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, como para los aniones complejos $[FeC1_6]^{3-}$. En estos casos, los conjuntos de átomos diferentes forman las unidades octaédricas, lo que, en términos de los atomistas griegos, serían dos átomos "únicos en un estrecho contacto mutuo". La estructura del complejo al cual hicimos referencia se encuentra en la Figura 8.

CONCLUSIÓN

Lo que aquí hemos expuesto no es una transcripción literal de las ideas de los atomistas, sino un intento de preservación de la arquilectura conceptual, de la que se trajeron a la química actual las tesis antiguas con el objetivo de presentar dónde, en qué áreas y técnicas de la química podemos establecer un paralelismo. Encontramos congruencias entre la teoría atomista y la teoría de las colisiones en el movimiento browniano, la electrólisis, la cromatografía, la centrifugación, la ósmosis, la formación de superconductores, los polímeros y otros procesos de formación de moléculas.

Se discutió el concepto de enlace por "ensamble" o "encaje" como una idea tácita, dejando claro que este concepto no se aplica solamente a la química básica, sino que también se aplica a otras áreas de la ciencia que necesitan de la ciencia química como su instrumento.

BIBLIOGRAFÍA

[1]Téllez, S.C.A., "O Atomismo de Leucipo e Demócrito", *Química Nova*, 15, 1992, p. 95.

[2]Aecio, Biblioteca Clásica Gredos, 359 p.206, 369, p.214.

[3]Lewis, G., *Journal American Chem Society*, 38, 1916, p. 762.

[4]Jensen, W.B., *Journal Chem Ed.*, 61, 1984, p. 191.

[5]Langmuir, I., *Journal American Chem Society*, 41, 1919, p. 868.

[6]Aristóteles, BCG: 414 (68 A 60) p. 230.

[7]Aristóteles, "*Du Ciel*", Soc. d'Edition *Les Belles Letres*. Paris, 1965.

[8]*Los Filósofos Presocráticos*, Biblioteca Clásica Gredos, Madrid,1986, p. 234.

[9]Dalton, J., "*A New System of Chemical Philosophy*", published by S. Russel for R. Bickerstoff, London, 1808.

[10]Berzelius, J.J., *Pogg. Ann*, 1826, 8, 177, 1826, 8,1; 1831, 22, 14.

[11]Diógenes Laercio, Biblioteca Clásica Gredos, 453, p. 244.

[12]Prado de Andrade, A.F., *Processos estocásticos de partículas que interagem indiretamente via efeito de memória e a interpretação estocástica da mecânica quântica*, tesis de doctorado, UNICAMP, Campinas, S.P., Brasil, 1984.

[13]King, R.B., *Inorganic Chem*, 29, 1990, p. 2164.

[14]Morón, N.C., Palacio, F., Navarro, R., Pons, J., Casabó, J., Carlin, *Inorganic Chem*, 29, 1990, p. 842.

(Claudio A. Téllez es profesor de la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.)

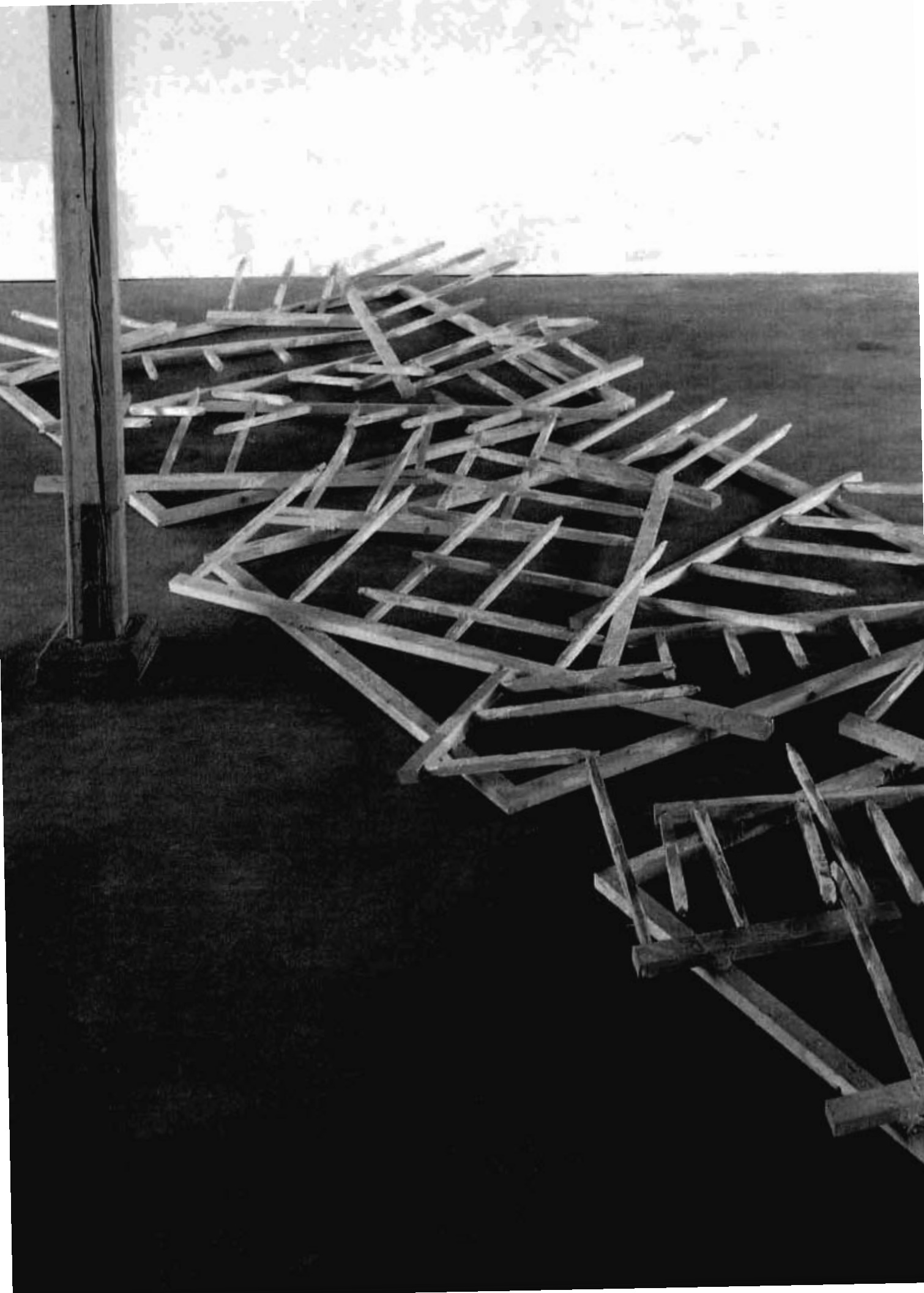
Elementos 31 (1998), 39-46

reflexiones en torno a la **comprensión discursiva**

Silvia Kiczkovsky

Reflexionar sobre la comprensión discursiva en el ámbito académico o en cualquier otro implica, de entrada, la adopción de un marco epistemológico desde el cual abordar el problema. Además, y relacionado con lo anterior, hay otra cuestión a tener en cuenta y es la forma en que entendemos el lenguaje, el conocimiento y la comunicación. Para hablar de esto me ubicaré dentro de las ciencias cognitivas y, más exactamente, en la corriente experiencialista (Lakoff:1987).

Las ciencias cognitivas son una empresa multidisciplinaria que comparten la filosofía, las neurociencias, la informática, la lingüística, la psicología y la antropología y que se propone, desde la ciencia misma y a partir de sus métodos, explicar el problema del conocer. En este sentido, se formula preguntas tales como qué es la razón, cómo le damos sentido a nuestra experiencia, qué es un sistema conceptual, cómo está organizado, en qué medida compartimos todos el mismo sistema, etcétera.



Sin embargo, esta disciplina dista mucho de ser un campo unificado y dentro de ella existen varios paradigmas que a veces presentan posturas muy encontradas. Nos interesa, a modo de introducción, contrastar dos posturas básicas, lo cual nos permitirá elaborar los conceptos de lenguaje, conocimiento y comunicación que indicamos en un inicio. Son las posturas objetivista y experiencialista (Lakoff:1987).

Para la postura objetivista, el pensamiento es la manipulación de símbolos abstractos. Estos símbolos, que son las palabras y las representaciones mentales, adquieren significado por medio de la correspondencia con las cosas que existen en el mundo exterior y todo significado tiene ese carácter. Así, los símbolos son representaciones internas de la realidad externa y pueden establecer correspondencia independientemente de las propiedades particulares de cada organismo. Puesto que la mente humana hace uso de representaciones de la realidad externa, es un espejo de la naturaleza y la lógica correcta refleja como espejo la lógica del mundo externo. Las características del cuerpo humano y la manera en que funciona en su entorno no tienen ninguna relación con la manera en que categorizamos, con la manera en que nuestros conceptos adquieren sentido y con el modo en que organizamos nuestra experiencia del mundo. De esta forma, el pensamiento es abstracto, trasciende nuestros sistemas perceptual y nervioso, esto es, nuestra corporeidad. Por otra parte, el pensamiento es atomístico, puede ser descompuesto en unidades simples que se combinan para formar bloques más complejos y estas combinaciones se establecen a partir de reglas en una idea de composicionalidad. Concebida así, la mente humana funciona al modo de una computadora y, a la inversa, si las máquinas manipulan símbolos que se corresponden con las cosas del mundo, entonces son capaces de tener pensamiento y razón.

En contraposición, para la postura experiencialista el pensamiento es corporeizado. Las estructuras que usamos para conformar nuestros sistemas conceptuales surgen de la experiencia corporal y toman sentido en función de ella. Las bases de nuestros sistemas conceptuales están en la percepción, en el movimiento corporal y en la experiencia de carácter físico o social. El pensamiento, además, es imaginativo. Con esto queremos decir que los conceptos que no están basados en la experiencia directa se conforman a partir de metáforas, metonimias, imágenes mentales que van más allá del simple reflejo o representación de la realidad. Es gracias a capacidad imaginativa que se hace posible el pensamiento abstracto y lleva la mente más allá de lo que podemos ver y sentir. La capacidad imaginativa no es arbitraria; también sienta sus bases en lo corpóreo, en tanto las metáforas, metonimias e imágenes provienen, en primera instancia, de la experiencia física. A diferencia de la postura objetivista, el experiencialismo plantea que el pensamiento no es atomístico sino gestáltico; los conceptos tienen una estructura global que es más que la suma de bloques simples por medio de reglas. Finalmente, y relacionado con lo anterior, el pensamiento tiene una estructura ecológica, esto es, una estructura global, lo que hace que la eficiencia del procesamiento cognitivo dependa de la totalidad del sistema conceptual. En este sentido, el pensamiento es mucho más que la manipulación de símbolos abstractos.

¿En qué medida estas posturas determinan la concepción de conocimiento, lenguaje y comunicación, y qué relación guarda esto con la comprensión discursiva? Obviamente las concepciones dependerán de la postura que asumamos. Desde el punto de vista objetivista, el conocimiento tiene que ver con la representación de la realidad externa por medio de símbolos. Nuestro entorno es un mundo que está predado, estructurado en sí mismo, es un mundo en el cual existen objetos, cualidades, relaciones entre los objetos, todo con una lógica inherente y el lenguaje se considera el medio que permite representar y hablar de esa realidad que nos rodea. Vemos entonces al lenguaje como un medio de representación, donde cada unidad es una palabra que corresponde a una cosa o a una cualidad o a relaciones entre las cosas, y la combinación de esas palabras por medio de reglas nos permite representar hechos que acaecen en el mundo, siguiendo la noción de composicionalidad. Entonces, la comunicación es el traslado de información codificada en lenguaje desde un emisor hacia un receptor y el éxito de la misma depende de que pueda ser captada tal como fue emitida, en una relación uno-uno. Ésta es la idea de la metáfora del canal, descrita por Michael Reddy (1979).

Reddy plantea que es nuestro sistema conceptual el que nos hace ver las cosas de determinada manera. Lo interesante es que ese sistema se expresa y podemos rastrearlo en el lenguaje. De este modo, las expresiones lingüísticas nos indican la forma en que estamos conceptualizando determinados fenómenos. Si, por ejemplo, decimos: "Intenta transmitir mejor tus pensamientos" o "No has captado bien la idea", estamos frente a la noción de que la comunicación consiste en hacer pasar de un lado al otro (emisor-receptor) las ideas y los pensamientos y esto se realiza por medio del lenguaje que es lo que permite que esa

transmisión se lleve a cabo. Ejemplos como "No he podido poner esta idea en palabras" o "Dices palabras vacías" o "El contenido de esta palabra no me convence", nos hacen ver que las palabras son especies de contenedores que empaquetan ideas y las transmiten formando frases, oraciones y párrafos. Así, la concepción de la metáfora del canal es que el emisor pone las ideas, sentimientos o pensamientos en palabras, las manda al receptor y el receptor recibe y desempaqueta las palabras para tener el contenido de las mismas (codificar-decodificar), tal como se muestra en estos ejemplos: "No encuentro la idea correcta en este texto", "El significado está oculto en esta palabra", "Busca las ideas principales que hay en este párrafo". Desde esta comprensión de la comunicación, los significados son objetos independientes de nosotros que podemos manipular, poner en palabras, enviarlos, desempaquetarlos y quedarnos con ellos o no, más allá de nuestras necesidades, pensamientos o acciones. La comunicación debe ser absolutamente exitosa; todo lo que el emisor envía debe ser recibido y captado por el receptor en una correspondencia uno-uno y de no ser así es porque algún tipo de ruido interno o externo está bloqueando el canal. Ejemplo es la frase común: "¡Cómo es posible que no me entiendas si estoy hablando claro!".

A esta metáfora del canal, Reddy opone otra metáfora a la cual llama de los "fabricantes de herramientas" que es obviamente una bella imagen que nos permite comprender el fenómeno de la comunicación desde otra perspectiva. Según ésta, existen cuatro individuos que viven en compartimientos aislados con condiciones ambientales específicas cuyas características son algunas compartidas y otras no. En la parte del medio en la cual se unen los compartimientos hay un espacio por el cual pueden enviar mensajes pero la comunicación no es directa, son señales. Cada compartimiento debe ser entendido como la mente de cada uno de los individuos y las señales, como el lenguaje que permite la comunicación. Un día uno de los individuos, que vive en un bosque inventa un rastrillo hecho de madera que le sirve muy bien para limpiar las hojas que dejan caer los árboles. Le envía un mensaje a los otros con un dibujo del rastrillo para que lo compartan con él. Sin embargo, el que recibe el mensaje vive en un medio en el cual no hay muchos árboles sino más bien piedras y no comprende muy bien para qué puede servirle ese instrumento tan frágil. Resuelve tomar la idea pero modificarla y hacer un azadón de piedra que le permita remover las enormes rocas que tiene en su terreno. Al mostrarle su invento al primero, éste no entiende qué pasó con su idea original, pero después de mucho pensar se da cuenta de que es posible que el terreno de su amigo sea muy diferente al suyo. De este modo comienza a establecerse una rica comunicación a través de señales que permite que estos individuos puedan enriquecer su forma de vida en las diferencias de cada quien. Desde esta perspectiva, la comunicación es un proceso de construcción que demanda un enorme esfuerzo de interpretación, sobre la base de inferencias y en función de las necesidades de los interlocutores. No consiste en la transmisión uno-uno de mensajes, sino en la construcción y reconstrucción permanente de un flujo de significados que existen no como objetos que podemos manipular, sino como parte de nuestras actividades.

Esta idea está mucho más cercana a la corriente experiencialista, desde la cual y en contraposición al objetivismo, el conocimiento depende de nuestra experiencia, corresponde a la manera en que la organizamos en función de las características específicas de nuestros cuerpos, de las del entorno, y de la interacción que establecemos con él. El conocimiento no es reflejo del mundo, sino la construcción de un mundo en común, un mundo de significados que compartimos y que emergen desde los sistemas conceptuales que organizan nues-

tra experiencia y que conformamos sobre la base de nuestra corporeidad y de nuestros mecanismos imaginativos. El lenguaje, así, deja de ser un medio de representación para ser considerado un mecanismo cognitivo que nos permite construir y compartir los mundos en los que vivimos.

EXPERIENCIALISMO: LOS MODELOS COGNITIVOS

¿Cómo se organiza la experiencia?, ¿cómo le atribuimos sentido? Tal parece que no a la manera de un diccionario, sino más bien a la manera de una enciclopedia, para usar otra metáfora. Para Lakoff, la experiencia se organiza a partir de modelos cognitivos idealizados. Estos modelos se construyen en la experiencia; tienen como origen lo corpóreo y recurren a mecanismos imaginativos para su complejización. Sus bases son estructuras preconceptuales de dos tipos: esquemas de imagen cinestésicos y categorías de nivel básico.

Las primeras tienen que ver con la forma en que percibimos nuestro cuerpo y establecemos relación con el espacio. No se trata de imágenes descriptivas, ricas en detalles, sino de esquemas que no se limitan a la percepción visual, aunque ésta sea una condición importante. Son patrones dinámicos que funcionan a la manera de un esquema abstracto de imagen y que, por lo tanto, comparten una extensa variedad de experiencias distintas que ponen de manifiesto la misma estructura recurrente. Estas estructuras son de tipo gestáltico, esto es, son todos coherentes en los cuales ninguna de las partes puede tener una significación independientemente del todo que las configura. Tenemos, por ejemplo, esquemas de dinámicas de fuerza como la coacción, la atracción, la obstrucción, la desviación que provienen de la experiencia de nuestros cuerpos en relación con el espacio circundante; esquemas de contención, que provienen de la experiencia de que concebimos nuestros cuerpos como poseyendo un adentro y un afuera; esquemas de equilibrio que implican las fuerzas que intervienen en el mantenimiento de la postura erguida, esquemas espaciales de arriba-abajo, adelante-atrás; esquemas de parte-todo que también provienen de percibir nuestros cuerpos como todos conformados por partes; esquemas de centro-periferia, etcétera.

Las otras estructuras preconceptuales son las categorías de nivel básico. Las categorías juegan un papel fundamental en la organización de nuestra experiencia. De hecho, no podríamos aprehender el flujo de acontecer es en el que nos vemos inmersos si no tuviéramos la posibilidad de categorizar. Tradicionalmente, las categorías han sido consideradas como un conjunto cuyos miembros comparten las mismas propiedades que les son inherentes. Esto implica una postura desde la cual se considera que podemos captar el mundo que nos rodea tal cual es, que las categorías están dadas y que nuestras características corpóreas o culturales no tienen nada que ver con éstas. Eleanor Rosch, desde la psicología cognitiva y como resultado de trabajos de experimentación, plantea que las categorías no tienen límites precisos dentro de los cuales se encuentran todos sus miembros, sino que más bien existen prototipos, esto es, miembros que son mejores ejemplos que otros y que son los que el común de la gente considera como más representativos de una categoría dada. Por otra parte, postula que las categorías se conforman no por propiedades inherentes a lo categorizado, sino por propiedades que son interaccionales, es decir, propiedades que dependen de las características propias de lo categorizado, pero también de las características de nuestras formas de interacción tanto perceptual como motora y de la cultura y el entorno en que estamos inmersos. Dentro de las categorías existen algunas que son más básicas que otras y esto depende de que provienen de nuestra interacción directa con lo categorizado y de que no utilizan recursos imaginativos. Estas categorías son las primeras que aprende un niño, podemos formar una imagen mental de ellas, generalmente son expresadas por palabras cortas, son las más empleadas en la vida cotidiana, las más fáciles de recordar. Son categorías como flor, gato, comer, caminar y las que aparentemente nos hacen ver el mundo de forma "objetiva", esto es, nuestros conceptos se corresponden exactamente con lo que hay a nuestro alrededor.

Estas dos estructuras preconceptuales

que acabamos de describir son los modelos cognitivos más básicos, a partir de los cuales podemos construir modelos mas complejos por medio de procedimientos imaginativos como la metáfora, la metonimia. Cuando hablamos de procedimientos imaginativos no estamos considerando la imaginación en su acepción común, esto es, en la idea de que podemos inventar fantasías o relatos fantásticos o imágenes descriptivas, sino como un mecanismo creativo que nos permite dar coherencia a la experiencia. Así, según este punto de vista, es preciso entender la metáfora no como un recurso estrictamente lingüístico y retórico, sino como un mecanismo cognitivo que consiste en la proyección de elementos desde dominios concretos de la experiencia hacia dominios abstractos. Y esto es lo que quisimos expresar al decir que el conocimiento es corpóreo y no trascendente, y que utilizamos recursos imaginativos que nos permiten configurar mundos que están más allá de nuestra experiencia sensible. La metaforización también depende de lo corpóreo, en tanto las proyecciones se realizan desde dominios concretos que surgen de nuestra experiencia directa de la "realidad" y estructuran gran parte de nuestro sistema conceptual, aunque no nos demos cuenta por hacer uso de ellas de manera automática e inconsciente.

Además de modelos cognitivos de esquemas de imagen y modelos metafóricos y metonímicos, Lakoff postula la existencia de modelos proposicionales, esto es, modelos que no hacen uso de recursos imaginativos y que están conformados por una serie de elementos y una estructura que consiste en las propiedades de los mismos y las relaciones que guardan entre ellos. Estos modelos son los más cercanos a las ideas del objetivismo, en tanto sus elementos corresponden a categorías de nivel básico, esto es, a conceptos sobre los cuales tenemos una experiencia directa. Entre ellos están las proposiciones simples, compuestas por predicados y argumentos y los guiones o escenarios, compuestos por secuencias de eventos que conforman una situación; el escenario del restaurante, un evento comercial o los días de la semana, son ejemplos de modelos cognitivos proposicionales en los cuales el significado de cada uno de los conceptos que los constituyen emergen de un trasfondo que es el modelo en su totalidad. No podemos comprender la idea de "martes" sin el trasfondo de los otros días que constituyen la semana y "la semana" como modelo es una construcción cultural que nos permite organizar el tiempo. Es difícil comprender el significado de "comprador" en tanto no está relacionado con la situación de evento comercial y con otros conceptos como vendedor, comprar, vender, mercancía, pagar, cobrar y las relaciones que se establecen entre ellos. No son significados aislados, dependen de los marcos organizativos de la experiencia y, como tal, están anclados a la misma. Por último, están los modelos cognitivos simbólicos correspondientes al lenguaje. Se diferencian de los otros porque poseen un componente fonológico que establece correspondencia con los planos conceptuales. Estos tipos de modelos conforman los sistemas conceptuales organizados a la manera de redes intrincadas que responden a una noción de organización ecológica del conocimiento.

EL SIGNIFICADO

El significado desde el marco conceptual que estamos manejando, no puede ser visto como una cosa con existencia propia. Involucra más bien lo que es significativo para nosotros. Nada tiene significado en sí mismo, puesto que la significación deriva de la experiencia de funcionar como seres de un determinado tipo en un cierto entorno.

Las categorías de nivel básico tienen significado para nosotros porque se caracterizan por el modo en que percibimos la forma global de las cosas en términos de parte-todo, por la interacción motora que

establecemos con ellas y por la función que les atribuimos. De este modo, el significado de "silla", por ejemplo, no se limita a una definición dada por rasgos semánticos como asiento, con cuatro patas, con respaldo, sino a la imagen de la forma global, la relación de cada una de sus partes con nuestro cuerpo, en tanto podemos apoyar en ella las asentaderas y la espalda, y también la función de usarla para sentarnos. Los esquemas de imagen tienen significado para nosotros porque se basan en la manera en que sentimos nuestro cuerpo y su relación con el espacio y estructuran nuestra percepcion y movimientos. Situaciones tan disímiles como "salir de una habitación", "dar a luz", "exteriorizar sentimientos" comparten un mismo esquema de imagen que es el de un contenedor con una trayectoria que va desde adentro hacia afuera. Los conceptos metafóricos tienen significado en tanto están basados en categorías de nivel básico o en esquemas de imagen, más correlaciones experienciales. "El índice de natalidad subió o bajó", implica comprender la cantidad en términos de espacio (arriba-abajo). Casi siempre conceptualizamos "más" como arriba, "menos" como abajo. Esto es una proyección metafórica desde un dominio de esquema de imagen espacial hacia el dominio de la cantidad. Esta proyección no es arbitaria, está motivada en nuestra experiencia de manipular objetos. Cuando llenamos un vaso con agua el nivel va hacia arriba, es más; cuando lo vaciamos, el nivel baja, es menos

Si desde esta perspectiva nos interrogamos por el fenómeno de la comprensión, veremos que está absolutamente ligado al desarrollo de nuestros sistemas conceptuales o modelos de conocimiento como forma de organización de la experiencia. Habría dos tipos de comprensión: la primera se refiere a la comprensión de situaciones que se experiencian de manera directa. Por ejemplo, cuando vemos un gato sobre un tejado. En este caso, estamos ante dos categorías de nivel básico, "gato" y "tejado", y una relación de soporte entre las dos entidades, una relación de tipo espacial. La segunda es indirecta y se relaciona con modelos imaginativos, metafóricos o metonímicos. Por ejemplo, cuando estamos frente a la aserción de que "la lengua es el objeto de estudio de la lingüística". Nos movemos entonces en un dominio absolutamente abstracto y nos vemos en la necesidad de establecer procedimientos de proyección de algunos elementos desde el dominio concreto de los objetos hacia el de la lengua como sistema. En este caso, la comprensión está mediada por este mecanismo y las redes conceptuales a las que recurrimos en ese proceso son más amplias y complejas.

Comprender, entonces, implica el desarrollo de complejos sistemas conceptuales que constituyen el trasfondo desde el cual emergen los significados que compartimos. Hablar de desarrollo nos remite a una idea de proceso y de temporalidad. La construcción de estos modelos se da en el tiempo y a partir de las múltiples experiencias que tenemos en los diversos ámbitos en los que participamos en el vivir cotidiano. Es una construcción que no es arbitraria, sino que responde a nuestras características corpóreas y culturales y a las características de nuestro entorno. Son los mundos del sentido común que compartimos. Comprender es poder participar plenamente en algún dominio de la experiencia.

COMPRENSIÓN Y DISCURSO

Hasta ahora no hemos involucrado al lenguaje en esta discusión. Nos hemos quedado en lo meramente conceptual. Sin embargo, sabemos que el conocer humano es posible gracias al lenguaje. Es el lenguaje en su aspecto discursivo el que nos permite configurar la mayor parte de los mundos en los que vivimos. Si no aprendemos por medio de experiencias directas, podemos aprender por medio de discursos. Pero no sólo por eso es importante. Desde nuestro planteamiento, el lenguaje es un mecanismo cognitivo y con él llevamos a cabo importantes operaciones cognitivas. Podemos nombrar y ese nombrar que acompaña a la imposición de límites de un objeto, conforma el objeto. Podemos definir y ese definir implica el establecimiento de relaciones de identidad o de atribución o de subordinación entre entidades. Podemos clasificar, en aras de dar orden a las entidades

Concebir al lenguaje como mecanismo cognitivo nos abre una perspectiva diferente. Podemos considerar al discurso no como un objeto sino como un proceso, el proceso por medio del cual configuramos mundos. El discurso entonces surge en la trama de experiencias vividas por los individuos en los diversos contextos en los que participa y se transforma en una actividad más que forma parte del hacer de ese dominio de experiencia. La competencia discursiva de un individuo se relaciona con su competen-

cia en el ámbito de actividad al cual el discurso pertenece. Ser competente en el discurso de la biología, por ejemplo, implica ser competente en los otros ámbitos de las actividades de la biología: desde poder reconocer una célula al microscopio, hasta poder escribir un artículo. Esta competencia se adquiere en el hacer (incluido el discursivo), a través de las múltiples interacciones en las que participamos.

Más arriba mencionamos a los modelos cognitivos simbólicos. Dijimos que estos modelos se establecen por el apareamiento de elementos lingüísticos y elementos conceptuales. Las categorías lingüísticas sintácticas (nombres, verbos, adjetivos) al combinarse conforman estructuras sintácticas. La idea que plantea la lingüística cognitiva es que existe una relación de motivación entre las estructuras sintácticas y las conceptuales. De esta forma, el discurso, concebido como actuación lingüística, nos permite hacer emerger mundos desde el trasfondo de nuestros sistemas conceptuales y, a partir de la gramática, organizar y expresar lingüísticamente los conceptos. Pero es más que esto. Porque la estructura sintáctica expresa también las relaciones de significado que establecemos entre los conceptos y esas relaciones expresan a su vez las operaciones cognitivas que llevamos a cabo. Es en ese sentido que el lenguaje es un mecanismo cognitivo más y el discurso un configurador de conocimiento.

Cuando decimos, por ejemplo, "La ballena es un mamífero", estamos relacionando dos entidades "ballena" y "mamífero" por medio de una relación de identidad que nos permite clasificar. Esta es una operación cognitiva, pero esa operación es posible en la medida en que hay una estructura sintáctica que me permite expresarla. Por lo tanto, el discurso expresa la manera en que el sujeto construye una red de significados y su organización gramatical nos permite rastrear los procesos cognitivos involucrados en el proceso.

¿Qué relación tiene esta perspectiva discursiva con la comprensión? Cuando leemos un texto, estamos frente a un complejo entramado de significados que va más allá de la simple suma de palabras y oraciones que nos remiten a objetos, acciones o hechos en el mundo. Un discurso es una red de significados que trasciende la barrera de las unidades oracionales donde se entrecruzan diversos niveles de interpretación que se relacionan con los niveles de construcción dentro de la complejidad de los sistemas conceptuales desde los que emerge. Tenemos palabras que no tienen un significado en sí mismas, sino en función de los modelos cognitivos de los que forman parte. Comprender su significado implica poder evocar estos modelos en su totalidad y por ende haberlos construido en algún momento de la experiencia del vivir. Hay además significados que escapan a lo meramente proposicional y que expresados verbalmente nos remiten a esquemas de imagen cinestésicos que a veces conforman la base de la significación del texto. Hay otros significados que emergen de complejos modelos metafóricos. Los tipos de relaciones semánticas que se establecen entre los conceptos son fundamentales en tanto expresan las relaciones que el texto está tejiendo y, por ende, el mundo que se está configurando. Desde una perspectiva lingüística, son las estructuras sintácticas las que le permiten al lector reconstruir el universo del texto, lo cual no quiere decir reproducirlo, en tanto organizan el mundo de significados. Pero para poder acceder a ese mundo de significados que es un texto, es necesario compartir los sistemas conceptuales desde los cuales pudo emerger. Como vimos más arriba, estos sistemas conceptuales surgen de nuestra experiencia como seres de un determinado tipo en un determinado entorno; de nuestra corporeidad y de nuestras capacidades imaginativas. Además, se van construyendo en nuestro vivir, en los múltiples dominios en los cuales participamos a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la comprensión no supone un acto estrictamente lingüístico, sino la totalidad de nuestro ser: nuestras aptitudes y capacidades corporales, nuestros valores, nuestros estados de ánimo y actitudes, toda nuestra tradición cultural, el modo en que estamos ligados a un comunidad lingüística, nuestras sensibilidades estéticas. Nuestra comprensión, lingüística o no, es nuestro modo de estar en el mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Johnson, M., *El cuerpo en la mente. Fundamentos corporales del significado, la imaginación y la razón*, Editonal Debate, Madrid, 1991.

Lakoff, G., *Women, fire and Dangerous Things What Categories reveal about the mind* The Unibversity of Chicago Press, Chicago, 1987.

Lakoff, G., Johnson, M., *Las metáforas de la vida cotidiana*, Ed. Cátedra, Madrid, 1986

Langacker, R., *Foundations of Cognitive Grammar*, Volume I, University Press Standford, California, 1987

Reddy, M.J., "The Conduit Metaphor. A Case of Frame Conflict in our Language about Language", en: Ortony Andrew (ed.), *Metaphor and Thought*, Cambridge University Press, Cambridge, 1979, 284-323.

(Silvia Kiczkovsky es profesora del Colegio de Lingüística y Literatura Hispánica de la Universidad Autónoma de Puebla.)

Elementos 31 (1998), 47-51

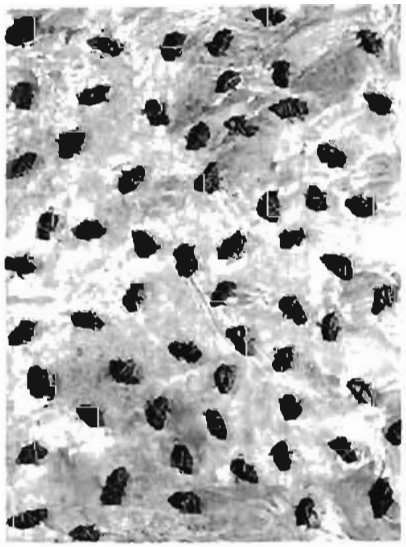
Marcos Winocur

cómo un cientista social ve las **MATEMÁTICAS**

Una tempestad se ha desatado sobre las ciencias, que es decir sobre el conocimiento humano organizado. Trastocadas, sobreviven las disciplinas clásicas como la física, la biología, las matemáticas, con nuevos y urgentes requerimientos formulados desde la ciencia aplicada. Las matemáticas se vuelcan en multitud de modelos útiles para las demás disciplinas y están presentes en los retos de la computación, la informática, la cibernética, la inteligencia artificial, términos cuyos contenidos aún no están del todo delimitados. La biología ha operado una revolución cuya terminal de ciencia aplicada es hoy la ingeniería genética. Para la física las líneas convergentes son tanto la energía termonuclear –que conduce a la usina o a la bomba– como la astronáutica, cada una con logros espectaculares.

También el impacto se ha dejado sentir al seno de las llamadas ciencias sociales. ¿Continúa siendo la historia exclusivamente el trazado del hombre de las civilizaciones? Va más allá, rebasando su periodo de doce o quince mil años. Hay una historia que no desdeña a nuestro antecesor el hombre primitivo remontándose así a dos, tres o cuatro millones de años atrás, y toma el nombre de antropología. Una historia que tampoco cesa en ese punto sino que, siempre considerándola retrospectivamente, abarca la evolución de las especies, el nacimiento y desarrollo de la vida en el planeta y también el pasado del planeta mismo, del sistema solar y del universo en su conjunto, llamándose cosmología y cubriendo un periodo estimado en quince mil millones de años a partir del *big bang*.

Y bien ¿cómo se siente el hombre de nuestros días ante estos fenómenos? ¿Aplastado por el alud de conocimientos que de pronto le cayeron encima? Más bien por la incapacidad para absorberlos. Hoy saber de todo no es una virtud.



Para dominar algo más o menos bien, para contarse en las avanzadas de una disciplina, es obligado a renunciar a todo lo demás. El hombre de hoy no puede avanzar con la sabiduría de la época, como otrora; sólo dentro de un área restringida. Es el precio de la especialización. Cuanto más, el hombre de hoy puede aspirar a saber de un poco todo y de todo un poco. Y esta segunda parte consiste en informarse superficialmente, como cualquier televidente o lector de periódicos. Lo que otrora fue conocimiento enciclopédico humanístico hoy se ha vuelto su caricatura, la *todología*. Es el drama del filósofo. Está forzado a seguir de cerca los pasos de las ciencias, de donde viene su alimento. Pero debe conformarse con síntesis, si las encuentra. Cierto, se echa mano al trabajo en equipo y a la interdisciplinaridad. Y es el camino. Un cerebro, por bien dotado que esté, no da abasto. Con esto encuentra una vía de disolución, y la tan arraigada individualidad del "yo lo descubrí, yo fui el primero" cede ante la colectivización de la inteligencia. Y estamos muchas veces sin saber distinguir las modas de los aportes, lo caduco de lo que permanece... cada vez más requeridos por la intersubjetividad, acelerados, urgidos los cerebros por ganar el conocimiento que hemos decidido nos falta sin falta.

DOS MUNDOS

Y nos quedamos pensando. La física, la biología... sean. Una en el reino inorgánico, la otra en el reino orgánico, no cuesta imaginarlas en su lugar. ¿Y las matemáticas? Siempre inasibles pues su reino "no es de este mundo" sino de las abstracciones, en lo ideal. Allí continúan morando, sobre todo si de matemáticas puras se trata. También sobre ellas cayó la tempestad. ¿De qué manera las afectó, cuál fue la problemática a que se enfrentaron en lo que va del siglo XIX al XX y cómo ésta ha contribuido a definir su perfil? A considerar la pregunta dedicaré las páginas que siguen o, mejor dicho, a un par de cuestiones atinentes que tal vez pudiera llamarlas del infinito y de lo absoluto en matemáticas.

Y bien, desde el griego Pitágoras hace dos y medio milenios hasta Cantor, más de un matemático ha creído reconocer en su disciplina las huellas de lo divino. En el primer caso por la supuesta exactitud del número, en el segundo por considerarse a las matemáticas como infinitistas. No obstante, se trata de un rasgo derivado, que se encarga a los fundamentos, es decir, finalmente, a la filosofía. No es lo nodal de las matemáticas. Si se me preguntara por ello me remitiría a Dedekind, el hombre situado estratégicamente en lo que va de un siglo al otro: entre su antecesor Bolzano y su discípulo Cantor, que es decir: entre la paradoja del infinito y la teoría del infinito, Dedekind prueba que la primera es el fundamento de la segunda. Y bien, con él entonces diría que lo nodal en matemáticas son las relaciones.

¿Qué hago cuando numero una colección de objetos? Aplico la mente según "una capacidad general sin la cual el pensamiento es imposible. Sobre esta base única y completamente inevitable debe erigirse toda la ciencia del número" Así razonaba Dedekind.

En fin, manejo una colección de objetos cuando ya tengo a mi disposición otra colección, esta vez de números, que llamo conjunto; pero ¿cómo he llegado a poseer a éste? Precisamente, a partir de la correlación uno a uno entre objetos y números; sólo entonces arribo a la conclusión que esas colecciones tienen el mismo cardinal o, lo que es igual, que una colección ideal llamada conjunto las representa mediante un número ideal. Así, 5 vacas, 5 estrellas y 5 palos poseen

algo en común: 5. De ahí, de la comparación entre colecciones de objetos que he reunido según mis necesidades me lo imponen y sin lo cual mal podría ejercer la facultad de pensar, paso a crear la colección mental de números: en el caso el conjunto de los enteros o números de contar.

IR HACIA DIOS O HACER MATEMÁTICAS APLICADAS

En suma, las relaciones. Pero estas se complican a poco de andar. Yo estaba tentado de escribir *topos uranos*, ese otro mundo donde moran las ideas según Platón, pero más vienen a cuento los Infiernos. En los Infiernos de las matemáticas puras todos conviven aun cuando aquí en la Tierra se lleven mal: números enteros y número imaginario, álgebra tradicional y álgebras no conmutativas, geometría euclideana y geometrías no euclideanas; y los demás. ¿Están las matemáticas puras a la espera de un Bohr que encuentre lo complementario en lo contradictorio?

Mientras tanto allá arriba en los Cielos, o mejor, allá abajo en los Infiernos, un número irracional es infinito en acto al tiempo que acá, en la Tierra, es infinito en potencia. Allá es π, acá sólo sabe expresarse en términos de números racionales. Así, es únicamente operable como 3,1416..., la deducción deja suponer tras sí a un π trascendente. Infinito en acto *como si* el número irracional estuviera acabado sobre el eje (en el conjunto) de los números reales al cual pertenece. Nadie sabe dónde puesto que su progresión no toca fin y se considera que jamás lo hará, pero debe estar, todo él, allá arriba en la inconmensurable profundidad de los Cielos o allá abajo, en la inconmensurable profundidad de los Infiernos.

Entonces viene a resultar que yo, Marcos, cientista social, atrapado estoy en un dualismo: "acá-allá". Dualismo supuesto como sigue. El infinito en potencia debe ser la continuidad del infinito en el acto. Continuidad necesaria a la manera, diría Cantor, como los seres humanos lo somos del Creador. Como si el infinito en el acto habitara los Infiernos de las matemáticas puras, que piadosamente llamaré los Cielos, allá donde se guardan todos los números; y dueño de la llave, el infinito en acto fuera el Supremo Proveedor, haciéndolos caer sobre el eje de los números reales de uno en uno.

Dualismo... dos mundos. De esto me platicaron una tarde en *alcohólicos anónimos*, con acentos de narración vivida: –...que si pulque de apio, que si pulque de melón, allí quedaron tendiditos los dos; yo pedí dos sábanas a un vecino y los cubrí; me pareció poco y anduve buscando un plástico para cubrirlos porque había comenzado a lloviznar; ya era de noche y el policía me dijo: –¿Pa qué? ya total no sienten nada. Y él ¿qué sabe? ¿Qué sabe si en el otro lado los muertitos no sienten el frío que les hace aquí?

Y sin embargo mi conocimiento no pasa del infinito en potencia, acá donde la llovizna moja a los muertitos y donde lo único que puedo postular es que a *a* sigue *a*+1. Que así tendré al sucesor como propiedad de cada número: generar uno más a partir de la presencia de sí mismo. Que si *a* entonces *a*+1. Pero ¿tendré siempre *a*?

¿Consiste entonces la propiedad matemática en necesidades operativas? Sí. Pero los *como si* son producto de una lógica. Ella dice que el número trascendente π, relación entre diámetro y circunferencia, es tan número como el número 1, sólo que inconmensurable. ¿De qué se trata? De asumir un infinito en acto cuya índole escapa a la percepción pero que atrapo luego en la deducción: *debe* ser y *debe* corresponder a lo que "acá" manejo, mi infinito en potencia. Y hago *como si*. *Como si* el infinito en acto existiera. Entonces...

...el mundo de las matemáticas resulta de la simulación de un mundo posible, allí donde lo absoluto se da por existente. Por lo demás, del mundo de las matemáticas sé por un área de superposición con el mundo físico y a partir de éste: π, valga el ejemplo, reina entre las cosas de la tierra porque las cosas de la Tierra son circunferencia y son diámetro. Y somos audaces, tentamos con π las cosas de los Cielos al lanzar una sonda al espacio exterior. Así, cuando hemos querido comunicarnos con otros mundos escogimos los referentes que con mayor probabilidad fueran comunes: π, la relación geométrica, viaja a bordo de una sonda como número hecho código universal.

Y queda en pie la cuestión del infinito o de las totalidades absolutas, sin que sea necesario ir muy lejos. Está *ab initio* de las matemáticas. El número 1 es finito individualmente considerado, pero ¿tiene sentido un número natural que no reconozca sucesor? Tan es finito 1 como es perteneciente a una serie infinita, para la cual no se sabría encontrar último número.

Todo esto me lleva hacia dos líneas de reflexión. La primera, retornando al mundo físico que dio origen al número, se plantea: la realidad ¿qué relación guarda con las matemáticas? Tal la primera línea de reflexión, que se conforma con poco: le basta relacionar matemáticas puras con aplicadas, y que estas sirvan para transformar nuestro mundo. Y la segunda, que preocupaba a Cantor: en tanto totalidad infinita los números naturales "existen en el más alto nivel de la realidad como ideas eternas en el Intelecto Divino", según lo expresara en carta a su colega Hermite, fechada en 1895.

Las matemáticas aparecen así como suspendidas entre dos realidades. Con ellas el hombre hace una lectura de lo real en la Tierra, otra lectura en los Cielos. Entre éstos y la Tierra las matemáticas puras me comunican con Dios o se vuelcan a transformar el más vasto entorno al cual el hombre pueda tener acceso. Cuestión de elegir.

RUSSELL: "NUNCA SABEMOS DE QUÉ HABLAMOS (...)"

Existe una idea difundida acerca de las matemáticas como la disciplina de lo exacto, a lo cual se llega mediante el ejercicio de la verdad. ¿Es científicamente aceptada? Los resultados que las matemáticas arrojan pueden ser exactas o no según los casos; si media el infinito no podrán ser exactos. En cuanto a los fundamentos de las matemáticas no responden a una determinada verdad, sino que pueden ser una cosa o su contraria según admitan o no la existencia del infinito en acto. Alejandro –matemático e historiador de las ciencias, mi profesor hace unos años y a quien sometía a la tortura de las consultas de un cientista social– me dijo: "Un matemático muy bien puede trabajar por la mañana a lo Cantor (infinitista) y por la tarde a lo Kronecker (finitista) sin por ello sentir remordimientos de conciencia".

En un sentido, sí, se aspira a dar con la generalidad: 1 sea 1 aquí y donde quiera. Pero esa pretensión no es absoluta. Los entes matemáticos funcionan dentro de sistemas relativos, donde unos bien pueden negar a otros. De modo que conviene no perder de vista esta idea: las verdades matemáticas, arrancando de los axiomas, son convencionales.

Así, en aritmética digo 5 y son tanto 5 vacas como 5 estrellas o 5 palos; y en álgebra, todavía generalizando más, digo *a* como un número que, satisfaciendo ciertas condiciones, tanto es 5 como 6, 7 o *n*. A esta aspiración a la generalidad anónima se agrega la comentada falta de exigencia respecto a contenidos de verdad desde la formulación de la axiomática misma, lo cual ha llevado a concluir que las matemáticas puras están integradas en su totalidad por proposiciones cuya pretensión es la siguiente: que si una de ellas es verdadera entonces las otras también lo son.

Tal condición y la señalada aspiración a la generalidad anónima ha llevado a Russell a una expresión digna de su ingenio: "Así, las matemáticas pueden definirse como la ciencia donde nunca sabemos de qué hablamos ni tampoco si es verdad lo que decimos", según lo escribe en su artículo *Las matemáticas y los metafísicos*. Cabe aclarar que *verdad* se viene empleando en el sentido de concordancia con la realidad: entre el pensar matemático y la lectura del mundo físico.

En cuanto a la exactitud, insisto, la cuestión tiene que ver con la naturaleza finita o infinita de los entes matemáticos que se manejen. No puedo pretender exactitud cuando tengo entre manos aquello fuera de toda medida, lo inconmensurable. Tal es el caso de entes infinitos como los números irracionales o los transfinitos cantorianos.

La diferenciación entre unos y otros no es absoluta. Un irracional puede ser considerado como un número de *n* número de dígitos, es decir, finito. Que está dispuesto a seguir hasta donde yo lo detenga y que toma cuerpo cuando yo lo detenga, no antes, y en ese momento es finito. ¿Su infinita

potencialidad? Sólo tomo en cuenta lo que opero, su finita actualidad. A la vez, un racional puede ser considerado como un número seguido de un infinito número de ceros, agregados a su derecha... se objetará: agregar así los ceros es como sumar nada, es hacer trampas. Estaríamos de acuerdo si se tratara de un número finito de ceros. Pero se trata de un número infinito de ceros. ¿Quién sabe lo que es eso? ¿Cuál es el resultado? Mis verdades son verdades supuestas, postulados que afirmo para un sistema matemático dado, donde el resultado que advierto para *n* número de ceros lo extrapolo para infinito número de ceros. Esto, como verdad unívoca, pertenece al dominio de lo vedado a nuestras facultades.

CONCLUSIONES

Si para la creación en el comienzo fue el verbo, para las matemáticas en el comienzo son los axiomas. Un sistema de axiomas es un conjunto de enunciados indemostrables y en esto reside su virtud: constituyen el fundamento y ninguna razón que no sea ellos mismos los antecede, ninguna puede serles superior. Los axiomas se cuentan entre los dioses de las matemáticas; autores como Bourbaki en sus conocidos *Elementos (Teoría de conjuntos)* busca desmistificar al referirse al método axiomático:

> [...] no es otra cosa, hablando con propiedad, que ese arte de redactar textos cuya formalización es fácil de concebir. No se trata de una invención; pero su empleo sistemático como instrumento para nuevos descubrimientos es uno de los rasgos originales de la matemática contemporánea.

En otras palabras, los axiomas son independientes, no derivados y, como se sabe, el edificio en cada uno de sus teoremas reposa sobre ellos. Los teoremas son las demostraciones de casos posibles, cada vez más complicados, de aplicación de los axiomas. Éstos postulan lo general, los teoremas lo verifican en lo particular. Ahora bien, si es cierto que los axiomas no requieren de contenidos de verdad, una exigencia lógica los informa: no deben ser contradictorios entre sí. Puedo por ejemplo postular este sistema de axiomas:

–De un punto a otro no se puede trazar una recta.

–Somos solitarios.

–La luna no es un queso.

O puedo postular todo lo contrario:

–De un punto a otro sí se puede trazar una recta.

–No somos solitarios.

–La luna es un queso.

Lo que no puedo es postular ambos a la vez:

–De un punto a otro no se puede trazar una recta.

–De un punto a otro sí se puede trazar una recta.

–Somos solitarios.

–No somos solitarios.

–La Luna no es un queso.

–La Luna es un queso.

De modo que si la verdad no me ata, la lógica sí y desde el comienzo mismo, desde la formulación de los axiomas; y continúa haciéndolo en las demostraciones subsecuentes, en los teoremas.

Las matemáticas se han convertido en el mayor sueño del hombre, allí donde lo posible es lo real. Habitan en el *topos uranos* de Platón y de cuando en cuando son llamadas a la Tierra para cumplir un destino, sea un modelo, sea una tecnología. Así ocurrió con una de las geometrías no euclideanas, llamada por la teoría de la relatividad para la relectura del cosmos y para la bomba atómica. Los matemáticos son los grandes soñadores, sus ecuaciones se mueven blandamente, sin encontrar la resistencia que los objetos materiales oponen en la Tierra. Si acaso una preocupación les mueve, es la lógica. Pienso que a ella y a nadie más, los matemáticos rinden tributo.

NOTAS

[1] Thullier, P., *"¿Llevan las matemáticas a Dios?"* en: *Mundo científico*, Barcelona, vol. 7, No. 67, pp. 322-325 (1987).

[2] Ferrater, Mora, J., *Diccionario de filosofía*, Sudamericana, Buenos Aires, 1958, p. 978.

[3] Dauben, J.W., "Georg Cantor and pope Leo XIII: mathematics, theology and the infinite", en: *Journal of the history of ideas*, vol. 38, No. 1, USA, enero-marzo 1977, p. 94.

[4] Russell, B., "Las matemáticas y los metafísicos", en: *Misticismo y lógica*, Buenos Aires, Paidós, 1975, p. 92.

[5] Bourbaki, N., *Elements de mathématique. Théorie des ensembles*. Hermann, París, 1970, p. E I.8.

(Marcos Winocur es investigador del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma de Puebla.)

Elementos 31 (1998), 52-54

cinco **minutos...**

José María Delgado García

Este texto corresponde al discurso de clausura de la III Maestría de Neurociencia de la Universidad Internacional de Andalucía, en su sede iberoamericana de La Rábida, Huelva, leído por el doctor José María Delgado García, el 7 de mayo de 1998. El carácter iberoamericano de esta sede le viene dado por un pasado de honda tradición americana y a su emplazamiento en el más emblemático lugar colombino. A sus más de cincuenta años de tradición como casa de estudios dedicada a temas americanos, se unen ahora un presente y un nuevo futuro al ser la única universidad europea dedicada exclusivamente, en sus aspectos docentes y de investigación, a los estudios sobre América Latina y el Caribe, y a las relaciones de esta región con Andalucía, España y toda Europa. En suma, un auténtico centro iberoamericano en el que los estudios interdisciplinarios, y los esfuerzos de cooperación en materia de investigación y desarrollo tecnológico, ciencias sociales y humanidades entre universidades latinoamericanas y europeas, tienen un adecuado marco institucional donde desarrollarse.

A lo largo de mis ya muchos años de laboratorio he aprendido que el científico es una suerte de poeta de lo cuantificable, de lo que se puede pesar y medir. O también un pintor que trata de extraer lo real de lo aparente, un labrador que araña la superficie de todo lo que existe y busca desesperadamente la respuesta a preguntas básicas: ¿Por que hay algo en vez de nada? ¿Cómo produce el cerebro el estado consciente? ¿Puede realmente un trozo de materia altamente organizada, como es el cerebro, entender el Universo?...Y así sucesivamente. Por el contrario, el poeta es un científico de su propio interior: nadie mejor que él describe y analiza su mundo interno, que no es otra cosa que cómo su cerebro interpreta el entorno que le rodea. Da la sensación que científicos y poetas se especializan en dos regiones distintas (fuera/dentro) de todo lo que existe, pero de algun modo convergen cuando se trata del conocimiento de la función cerebral. Por ejemplo, un poeta de aquí al lado, Juan Ramón Jiménez, nos previene: *¡No corras, vé despacio,/ que adonde tienes que ir es a ti solo!/ ¡Vé despacio, no corras, que el niño de tu yo, reciennacido eterno,/ no te puede seguir!* O don Miguel de Cervantes nos recuerda que el viaje más grato y ameno que se puede emprender (y el más difícil, habria que añadir) es el que lleva a uno mismo. En primera conclusión pues, podríamos decir que ahora que ustedes han sufrido una inmersión, inesperada por sus dimensiones, en el ámbito de la neurociencia habrán terminado por aceptar que entender nuestro cerebro es entendernos a nosotros mismos, que entender los mecanismos de la percepción es entender nuestra visión del mundo, que comportarse es desarrollar nuestro pensamiento en el espacio, y que pensar es moverse dentro de uno mismo en busca de nuevos puntos de vista, de nuevas estrategias, de nuevas soluciones a un problema interminable.

Además de la ciencia que aprendieron, habrán observado que La Rábida es un fantástico lugar de encuentros en el que uno queda prendido para siempre. Hay días en que la luz cae sobre La Rábida como una lluvia de hojas doradas que, más que iluminarnos, nos difumina y adelgaza, nos pierde en un laberinto de pinos y eucaliptos. Así, amigos y amigas, alumnos y alumnas, colegas de años atrás reaparecen súbitamente entre los rayos de sol que se cuelan por los árboles.

Habrán observado también que este Centro genera realidades casi mágicas que no sé si su equipo rectoral conoce. Muchas medianoches veo cruzar el patio de La Rábida a un hombre blanco cargando un saco de carbón. Y muchos mediodías veo cruzar por el mismo sitio a un hombre negro cargando un saco de harina. También he visto a mujeres blancas con paquetes de café y a mujeres negras con paquetes de azúcar. Incluso neurólogos y neurocirujanos han puesto sus manos clínicas junto a las básicas manos de neuroanatomistas y neurofisiólogos para hacer algunos experimentos en común. Se cumple por tanto lo dicho. La Rábida es un excelente lugar de encuentro para la ciencia y para la convivencia.

La neurociencia es una actividad científica que produce pocos beneficios económicos. Ninguna empresa pagará *royallies* por saber que la conciencia parece que ocurre a un ritmo de 40 hertzios entre el tálamo y la corteza cerebral. Por otra parte, recuerden lo que ocurrió cuando los estadounidenses pisaron por vez primera el suelo de la Luna. Los poetas tuvieron que cargar sus bártulos y marcharse cuando menos a los anillos de Saturno. Igual de antipáticos aparecemos los neurocientíficos cuando tratamos de explicar que las emociones no residen en el corazón, sino en una complicada estructura cerebral que se denomina sistema límbico. Cuando menos esto obligará a los fabricantes de medallas del amor a cambiar de diseño: en vez de un corazón tendrán que representar un modelo en tres dimensiones de la amigdala, el hipocampo y la circunvolución del cíngulo.

Pero las cosas no cambian tanto. Como en la imagen clásica, nosotros caminamos por el filo de una navaja, con nuestros conocimientos a un lado y nuestros sentimientos al otro. La luna tomada a pequeños tragos es el mejor tratamiento que se conoce para aquellos afectados por el llamado mal de la vereda, tan frecuentemente observado en esta sede rabideña. Y el hecho de que nuestros sentimientos ocurran en otra parte de nuestro organismo no invalida la frase que hace un año leí en el patio del Museo de Antropología de la Ciudad de México: "Esos tollecas eran ciertamente sabios. Solían dialogar con su propio corazón".

Como podría decir Cesar Vallejo, el cerebro es un traspiés entre dos estrellas. No son dos estrellas del firmamento, sino nuestro pensamiento y nuestro comportamiento Sea para pensar lo que sea, sea para hacer algo o nada, pensamiento y conducta nos fluyen con tanta facilidad que nos olvidamos, o mejor dicho que nunca hemos reconocido, que ambos son fruto de la actividad cerebral. Para el siglo que se avecina, los comunicólogos nos van a poner a todos en común: esto es, todos estaremos en contacto. Pero recuerden que el gran misterio, que la última frontera por conquistar seguirá estando en nuestro propio interior y, además, por mucho tiempo. A veces alguien me pregunta por qué este curso de neurociencia se imparte en lengua española. La palabra es liviana e invisible, pero tiene un valor

incalculable. Por ejemplo, la palabra "cuidado" nos puede salvar la vida, pero si nos la dicen en chino seguro que el coche nos atropella. Los idiomas no deberían combatir entre sí, sino complementarse en lo posible. Hay regiones de la realidad donde uno sólo puede adentrarse armado de palabras españolas: la calma, el sosiego, las guerrillas, el botijo, pendejo, gili... Si una palabra, como "cuidado", nos salva la vida, dos palabras, como " te quiero", nos la conmueve. Muchas palabras juntas, como "dendrita", "neurotransmisor", "datrina", "amigdala", "cerebelo", etcétera, algunas de ellas en catalán y otras en portuguès, han construido frase a frase nuestra peculiar manera de entender el cerebro y de explicar la neurociencia.

Me contaron que estabas enamorada de otro/ y entonces me fui a mi cuarto y escribí ese artículo contra el Gobierno/ por el que estoy preso, dice Ernesto Cardenal en uno de sus epigramas. Tanto Alberto Ferrús como yo hemos, si no estado presos, sí tenido que lidiar con muchas dificultades por hacer este curso en un rincón de España y no en la capital del reino, por hacerlo en español y no en inglés, por obtener una financiación en equipo de prácticas que pocos organismos privados o públicos nos quieren conceder... Así y todo, yo al menos no me arrepiento de nada de lo que hice. Si alguien alguna vez les pregunta cómo se nos ocurrió embarcarnos en esta empresa sería bueno que le contesten con las primeras palabras del famoso discurso de un americano ilustre, Martin Luther King: "Una vez tuvimos un sueño..." Y parafraseando de nuevo a Ernesto Cardenal habría que decir: puede que ustedes asistan a cursos mejores que éste, pero nunca encontrarán profesores más dedicados a sus alumnos que los que tuvieron aquí.

Hay que terminar. La última lección es la más difícil de todas porque tiene que hablar de despedidas y eso es siempre triste. Si cuesta trabajo desplazarse unos miles de kilómetros para llegar a un sitio como La Rábida, más cuesta después volver. La Sede Iberoamericana de la Universidad Internacional de Andalucía tiene un nombre más largo que los espaguetis que se sirven en su comedor. Pero, a fin de cuentas, y a pesar de su largo nombre, esta sede es de recursos limitados y poco os puede dar en apariencia. Andalucía no es precisamente la región más rica de la Unión Europea. Pero fíjense en una cosa. Ustedes vinieron aquí para obtener un título: un trozo de papel con un par de firmas que les avala como maestros y maestras en neurociencia. Y, sin embargo, se llevan mucho más. Llevan todo lo que aprendieron en las clases y en las prácticas, todos los profesores y profesoras con los que charlaron y convivieron durante unos días, todos los amigos y amigas que hicieron. Alguno o alguna incluso lleva el sistema límbico hecho unos zorros. Aprendieron a estar juntos, a convivir, a no separarse con miedo, a que, como diría Gabriel Salinas, a que solos bien poco valemos. Aprendieron en suma que es más importante hacer camino al andar que alcanzar una meta. La Rábida es pobre y poco os puede dar, pero ustedes vuelven ricos en amigos, ricos en experiencia y ricos en conocimiento.

El tiempo a la vez que nos hace nos deshace. Somos las estelas en la mar que decía Machado, el breve brillo de la cola de un cometa. Fernando Pessoa sentía compasión por las estrellas por todo lo que tenían que durar. Nosotros ciertamente no tenemos ese problema.

Soy hombre: duro poco/ y es enorme la noche..., nos dice en *Piedra de Sol* el recientemente desaparecido Octavio Paz. Y, sin embargo, nuestros anhelos, nuestros deseos, el mundo de conocimientos que construimos puede sobrevivirnos decenas de años, siglos incluso. La obra de la mente nos resulta a veces más insoportable que el peso de una roca, pero otras veces nos ilumina y se mantiene inalterable a lo largo de los años como el más puro de los diamantes. Algo similar confío que ocurra con todos ustedes.

Así termina Octavio Paz su poema

...Pero miro hacia arriba:
las estrellas escriben.
Sin entender comprendo:
también soy escritura
y en este mismo instante
alguien me deletrea.

La Rábida, Huelva

Elementos 31 (1998), 5

GÜNTHER UECKER
el hombre vulnerado

Dieter Honisch

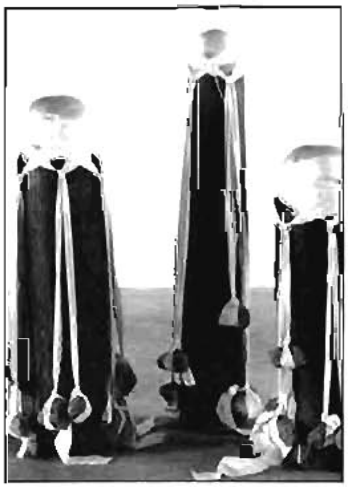
La exposición itinerante de Günther Uecker, que organizó el Institut für Auslandsbeziehungen (Instituto de Relaciones Exteriores) de Stuttgart y que fuese inaugurada en septiembre de 1996 en Santiago de Chile (en 1997 se presentó en el Museo del Chopo de la Ciudad de México), tiene como base la idea de dibujar –en una obra coherente, ininterrumpida, interdependiente– un autorretrato, describir el estado actual del propio trabajo y, simultáneamente, rememorar. Günther Uecker creó esta obra entre el otoño de 1992 y la primavera de 1993 en su taller, un viejo almacén en el puerto de Düsseldorf.

No es sólo el arte el objeto de este trabajo, sino también su reacción a la violencia en contra de los extranjeros en Alemania, la xenofobia y la difamación de los disidentes.

En catorce objetos y herramientas –como los llama el mismo Uecker– dio, en una especie de retrato interior, su visión de la vida y del sufrimiento, reflexionó sobre experiencias, registró sensaciones y trató de descubrir en signos sensibles las fuerzas elementales de lo real: las agresiones, las heridas, los devastamientos, a los que él opone gestos reconciliadores y salvadores. Estas herramientas apaciguadas ya no son capaces de agredir o de herir. Ellas mismas se han transformado en víctimas, un instrumentario inservible y lamentable. De casualidad han resultado catorce objetos que recuerdan las estaciones de la pasión de Cristo.

Desde que existe el hombre, a cada agresión también se le adjuntan palabras. Uecker las sacó de la Biblia, con excepción de unas pocas; las escribió, por decirlo así, en una escritura que parecía verter lágrimas: primero en alemán, como una confesión, después también en el idioma de los países en donde se presenta esta exposición. Ya que en esta obra Uecker es culpable y víctima a la vez, se transforma en credo, en exhortación y no en una atribución de culpa unilateral.

Muchas fotos documentaron el trabajo en esta obra y mostraron al artista actuando, hiriendo y vendando las heridas provocadas. De esta manera, el ser humano vejado –que finalmente es el artista mismo– fue el tema de esta exposición. En esta obra, en la que Uecker trató de redefinirse en nuestra época, reconocemos no sólo un importante documento de la historia contemporánea, sino también una nueva definición de su posición artística.



Dieter Honisch, Hermann Pollig
(Prólogo del catálogo de la exposición)

Dieter Honisch. *En tren de reflexionar sobre el arte, una y otra vez hay artistas que afirman que el arte sólo viene del arte y que no es otra cosa que arte, como por ejemplo Ad Reinhardt, a quien estimas, como ya sé.*

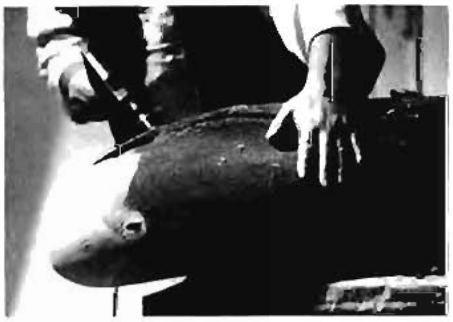
En ti y en lo que haces, siempre he tenido una sensación totalmente diferente, como si ejecutaras ciertas acciones o ntuales que forman parte de la vida: estar activo, pensar, decir callar –todas cosas que pertenecen más bien a la naturaleza del hombre que al arte, a un estilo determinado, a una determinada corriente. Te mueves en el arte –como alguna vez has dicho– "como un campesino sobre el campo" o como un obrero; a diferencia de lo que se suele creer, no sólo has transformado los clavos en materia artística, sino también el acto de clavarlos y muchas otras actividades triviales. El objeto de tu arte es la vida misma.

¿Se podría llegar de aquí a la conclusión de que no es que hayas querido enriquecer tu vida con el arte, sino que, a la inversa, has intentado ampliar tu experiencia vital hacia el arte, que en Alemania después del nazismo estaba vacío de contenidos realmente creíbles? ¿No eres acaso algo así como un notorio transgresor?

Günther Uecker. Para comenzar por algo que parece tomado de la vida misma: mi tema es ciertamente la vida y la muerte. Y lo que pueda hacer surgir en términos artísticos resulta de esa experiencia de vida y de la intuición del origen así como del futuro. Estoy sumamente excitado entre el nacimiento y la muerte, y voy formulando mis sensaciones, del mismo modo en que llegan a expresarse las experiencias de vida en un camino existencial. Debo decir así que las fuentes de mi arte no residen en el arte, sino afuera.

He allí, creo, la gran diferencia, pues la expresión se transforma en mediaciones, tal como las conocemos del arte Es natural que siempre aparezcan citas que se pueden comparar con la historia del arte, con la historia de la capacidad de expresión artística. Las acciones que cometo desembocan a veces allí, y de acuerdo con nuestras convenciones se puede afirmar que se trata de arte también en el sentido tradicional. Sin embargo, los procesos que llevan a que todo esto pueda ser visto y mirado en tanto arte provienen de una experiencia propia, de un estado de conmoción, de una excitación, que llegan a veces incluso hasta una tensión obsesiva, que luego se expresan en acciones y que se condensan con la ayuda de mis habilidades artísticas. Vale decir, pintar actuando, crear actuando, transformar actuando el material en expresión humana.

Dieter Honisch. *Ese carácter contradictorio, que también observo, debe haber sido ocultado precisamente por el carácter de unidad de tus obras, por aquello que denominas su densidad poética. El clavo que utilizas una y otra vez constituye, hasta el día de hoy, la marca de tu escritura, a pesar de que hay otros materiales que también son tu sello –arena, madera, cuerda y ceniza. ¿A qué atribuyes la fijación de la opinión pública con tus clavos como metáfora de la agresión? Puede deberse a esa conciencia que no busca sino el reconocimien-*



to de lo ya conocido, aquella que por ejemplo tan sólo hoy percibe al "Beuys antes de Beuys", y que encuentra difícil comprender a Uecker después de ZERO y más allá del clavo? Después del año *1966 surgió en tus manos una gran obra que fue presentada en innumerables muestras y publicaciones, particularmente en Europa Oriental –pienso en Pecs, Lodz y Moscú, pero también en Leipzig y Schwerin–, donde hoy se te conoce mejor que en Occidente, y no obstante se te sigue considerando el artista de los clavos, el artista de ZERO.*

Ahora bien, puede ser que resulta más fácil ganarse una "image" que librarse de él. De fácil comprensión y reconocible por cualquiera, abarca constelaciones a veces complicadas, e incluso distorsiona quizás la mirada sobre el motivo principal de tu trabajo. ¿En qué consiste ese motivo?

Günther Uecker. El motivo principal consiste en un intento de acercarme a la pintura. Siento a la pintura –por cierto, se trata de una definición difícil, en caso contrario llegaría a ella a través de la acción– como la expresión más profunda de estados del alma. En ese afán de aproximarme a la pintura a través de acciones pictóricas, experimento infortunios y quizás pueda afirmar como principio: en el camino hacia la pintura, mi fracasar es mi arte. Voy construyéndome andamios, así me armo de medios de ayuda, intento esa impertinencia de señalar con el dedo, ese recurrir a las malas artes para acercarme a la forma, es decir a lo artístico, que en el sentido de la expresión pictórica significa lo máximo para mí en comparación con la música.

En ese afán de acercarme a los fundamentos pictóricos caigo naturalmente en actividades destructivas, en la inclusión de objetos porque intento impulsar algo hacia adelante, aquello que está aplicado pictóricamente sobre la superficie. Si uno observa mis fundamentos, es decir literalmente el fondo de mis cuadros, verá que han sido tocados, al principio de manera invisible, quizás tan sólo la huella de mis dedos, la impronta de mi sensibilidad, sin que se manifieste de manera ópticamente fuerte, hasta llegar más tarde a la realidad de mi presencia corporal en acción.

Son condensaciones pictóricas, como el rocío de la mañana, y sobre ellas, en esa presencia sensorial insuficiente, actúo en el sentido de la destrucción, de la estructuración o en el sentido de clavar clavos para traerlo ante la mirada.

Para apaciguar las relaciones entre las cabezas de los clavos y los fondos subyacentes, donde se encuentran incrustados los clavos, torcidos o sosteniendo algo, para apaciguar las rupturas, las heridas. Son tan sólo incrustaciones en nuestro mundo real, aquel que se encuentra entre nuestros ojos y la superficie de la imagen. Acaso se podría comparar la superficie del cuadro con la superficie del agua, azotada por viento y marea, en constante transformación.

Esto sería lo que quiero decir –si se puede llegar a establecer una referencia a la naturaleza–: acercarme a aquello que en tanto pintura vuelve presente lo real, referido a un campo. Antes, en la pintura ilusionista se trataba del recorte del campo visual, aquí se trata de un campo limitado de proporción humana, un campo de acción.

Dieter Honisch. *Es decir que el parámetro que aplicas para valorar tu acción artística no es una idea o un ideal estético, sino la autenticidad de la vida por ti vivida que tiene lugar en este mundo y no en un lugar ideal bajo circunstancias cambiantes claro, pero con el potencial existencial o con el repertorio de lo que brinda tu persona.*

Llama la atención que tu arte en realidad no evidencia una evolución. Los elementos básicos: rectángulo, cuadrado, círculo, estructura, clavos, luz, sombra, blanco, arena, movimiento, ya se configuraron a fines de los cincuenta y principios de los sesenta; y desde entonces los vuelves a citar una y otra vez, combinándolos de las maneras más diversas. Sin embargo, se puede comprobar que se va ampliando tu campo de acción; del cuadro como punto de partida de tu obra, pasando por objetos hallados o fabricados por ti hasta los espacios o determinadas situaciones. Tus clavos dirigidos contra el cuadro conquistan la realidad, como si fuera una "campaña de los clavos", y penetran en el ámbito vital de los seres humanos, lo toman, ocupan sus representaciones. Las cabezas de los clavos forman superficies homogéneas, especializadas y en movimiento; o bien los clavos dirigen agresivos sus puntas contra el observador. Ese ejercicio férreo, que en los Bailarines de Nueva York *(New York Tänzer) ya tenía algo de lúdico, va perdiendo su potencial de agresión. Se podría hablar casi de una "desmilitarización" de tu arte: los clavos de hierro se transforman en estacas de madera, las sogas en líneas trazadas en la arena, las huellas de tus manos en color y en ceniza, las pizarras de madera en lienzos, las heridas infringidas a los objetos reciben vendajes y cuidadosas cubiertas. A pesar de seguir siendo el mismo repertorio, ha variado la tonalidad.*

Uno tiene la impresión de que en los años 60 saliste a dar batalla, agrediste los fetiches de la cultura y del consumo, después de las revueltas estudiantiles levantaste barricadas y te aislaste detrás de empalizadas, y ahora tus objetos parecen salidos de un hospital de campaña. Me da la sensación de que tu arte se ha alejado del carácter formulario del arte concreto, emprendiendo una retirada hacia los contenidos del Arte Povera, al que tus objetos actuales –a pesar de su presencia formal– se acercan por la austeridad franciscana de su apariencia. ¿Cómo se explica este cambio ostensible en tu concepción material y en tu filosofía de vida?

Günther Uecker. Es que fundamentalmente lo que hago es penetrante. También conlleva una cierta impertinencia: la percepción puntual de lo elemental, como un sentimiento que fluye, como agua que corre, una superficie que refleja, una montaña frente a mí, inalcanzable en tanto intangible. Uno podrá escalar hasta la cima, pero cuál es la experiencia de la montaña si se exagera la altura. El intento de la penetrancia fue entonces para mí una ejecución necesaria para unirme, ensamblarme con las cosas.

Los dedos también se podrían mostrar como manos que rezan, que hurgan en la nariz, que señalan a otros hombres. Son acciones que tienen su propia expresividad. Se trata de una energía de la acción que parte del hombre, introducida en el mundo. También es una penetración. Es como un fornicar al mundo, es una caricia, a la vez un estar a la defensiva, porque –como bien has señalado– uno puede parapetarse con ayuda de tales estructuras. Es probable que se trate de armas surgidas de mi constelación psíquica, expresión y lenguaje en imágenes.

Es que el análisis de los diversos experimentos llevó finalmente a que se trazaran determinados campos tal como se traza el terreno para establecer una demanda judicial. O a la manera también en que uno se apropia de la tierra a través del trabajo en el jardín. Nos resulta conocido por la tradición judía, la profetizada vida sedentaria se funda en el hecho de crear el jardín de la vida, donde no sólo el lenguaje de la ley, de la legislación, determinan la acción humana, sino también la transmisión del campo. Ese campo es entonces el paraíso artificial, donde, salido de la naturaleza, el hombre puede desarrollarse libre en consolidación con su vecindario. Esa forma del campo significó para mí también la limitación del cuadro. Con la ayuda del material, el espacio de acción en ese campo se volvió para mí un medio del lenguaje de las imágenes. Pegar objetos, insertar clavos constituía de alguna manera el intento de darse un lenguaje con medios plásticos, darse expresión; en realidad, hasta 1966 sólo hubo un trabajo con los fundamentos de mis cuadros: disciplinar cada vez más determinadas categorías plásticas, investigarlas hasta que brindaran una base apropiada, sobre la que me pudiera mover con libertad de acción, hasta llegar incluso al desenfreno del derviche. De alguna manera, me abrió el terreno para mi expresividad artística. Cada vez más, esos campos se fueron transformando en un espacio expresivo en el sentido de todos mis sentimientos. Y los últimos trabajos en realidad son acciones de mi perturbación, de mi desesperación, de mi reflexión, que parten de seres humanos que ponen en peligro a otros seres humanos. Y esa vulneración del hombre por el hombre se fue transformando cada vez más en el tema de mi arte; también la amenaza al hombre por el hombre en su desarrollo civilizatorio sobre esta tierra, en la sumisión de la energía material para la utilización del poder del hombre sobre el hombre.

Dieter Honisch. *Es probable que esa actitud de exponerse a situaciones que pueden parecer extremas para el hombre común e inexorables para los implicados sea la mejor y menos académica de las enseñanzas que puedas brindar a tus alumnos.*

La cuestión reside, sin embargo, en cómo esas experiencias, seguramente muy importantes, se pueden trasponer a la realidad que llamamos arte. Ludwig Wittgenstein alguna vez escribió que lo que representa un cuadro es su sentido propio. No se refería aquí a lo que habría que tratar en términos iconográficos, sino a aquello que la obra de arte expresa como totalidad, más allá del tema representado, en la constitución o materialidad sobre la que se funda. Es así como hay obras de arte autoritarias y democráticas, intrincadas y abiertas, concretas y llenas de ilusiones, aquellas que nos avasallan con sus mensajes personales y también otras que incluyen y dan un lugar al observador.

En tu arte siempre me ha fascinado su apertura, también el vacío de contenidos que hacía posible volver a ocupar un espacio después del nacionalsocialismo y de la guerra. No obstante los campos y objetos salidos de tu taller no son anónimos: la distancia de los clavos depende del grosor de tus dedos, la extensión de los campos de la apertura de tus

Schreien

brazos, de tus pies, de tu cuerpo, de modo tal que siempre estás presente para los sentidos en tanto creador.

Tus trabajos tienen para mí algo de informe de actividades o de sumario, de inventario de la situación. A diferencia de muchos artistas que conozco, en realidad siempre estás en plena actividad y metido en acciones que intentan extraer del material lo que éste pueda dar de sí. ¿Cuán importante es para ti la idea o un tema, la actividad misma, y cuál es el papel que desempeña el material con el que trabajas?

Günther Uecker. Hacer surgir un cuadro tiene que ver con que exista la necesidad de poner algo en imagen. Hay en mí energías apremiantes que me amenazan si no las pongo en imagen. Allí se encuentra también la causa de mi permanente actividad. Puesto que si no trabajara siempre, es decir si no transformara todo el tiempo esas energías para ponerlas en imagen, de modo tal que tenga el cuadro frente a mí, probablemente esas energías se dirigirían en mi contra; y su expresión, perceptible en la imagen de modo denso y explosivo, llegaría a tener un significado igualmente peligroso. Es decir que no son los cuadros pintados los que me ponen en peligro. Se lo podría expresar de ese modo, así de simple. Y lo que tengo luego ante mí, el cuadro elaborado, es el espanto de mí mismo, puesto que no se trata de imágenes deseadas que tengan por objeto una determinada forma estética. Hay esas imágenes. Y la superación del cuadro en el sentido de esa compulsión maníaca consiste en vaciar los campos. Me libero de la determinación maníaca hacia la libertad del vacío que significa el fundamento para seguir viviendo, para sentir alegría de vivir, para mi sensualidad. Y volviendo a Wittgenstein, luego el sentido, esa sensualidad, también esa alegría vital sólo son posibles en la obra a través de ese proceso. No hay allí nada representado, sino que surge del trabajo continuo. Es por esa razón que trabajo en series dentro de una temática, de una obra a la otra; voy depurando, culminando a veces en una pieza maestra, donde el arte queda superado y aquello que todavía es manifestación expresiva ha sido experimentado por uno mismo, salió de uno mismo, se ha transformado en la libertad del vacío como fundamento vital para -aquí recurro a un concepto más bien negativo- la adaptación.

Es que el ser humano es el más desarrollado para la adaptación. Si no tiene esa capacidad flexible de transformarse en el curso de unas décimas de segundo, si no aprovecha esa posibilidad de adaptación determinada por su historia, con toda probabilidad se termina extraviando. Es algo que conocemos de otras especies del reino animal: los que sobreviven son los seres mutables con mayor capacidad de adaptación, con mayores talentos creadores. Por eso, deberíamos considerar el concepto de la adaptación a la experiencia del mundo, tanto la amenazante como la afortunada, como el fundamento para la posibilidad de permanencia en este planeta. Y ahí sólo vale para mí el hombre vacío. En 1965 escribí un texto sobre eso, sobre el hombre vacío que en realidad es aquel que sobrevive. Los fundamentos espirituales para seguir viviendo probablemente estén dados en la capacidad de transformación del apremio maníaco y de la voluntad de expresión, de acción expresiva, a través de la superación del arte; y se muestran en los campos vacíos como un mensaje vital desarrollado por mí pero que también me alcanza a mí. Si no fuera así, no volvería a hacerlo una y otra vez. Es allí donde veo en el arte su sentido, en transformarlo en una experiencia para los sentidos. Y aquí también, tengo para mí, el arte, a través de la superación del arte con ayuda de los medios del arte, es presente de la imagen a través de la experiencia sensorial en la imagen.

(Extracto de la entrevista incluida en el catálogo de la exposición de Günther Uecker *Catorce instrumentarios apaciguados*, Instituto para las Relaciones con el Extranjero, Stuttgart, República Federal de Alemania, 1993. Traducción de Silvia Fehrmann.)

libros

libros libros libros

UNA HISTORIA DE LA MENTE
LA EVOLUCIÓN Y EL NACIMIENTO DE LA CONCIENCIA
Nicholas Humphrey
Gedisa, Barcelona, 1995

¿Cómo fue que el agua del cerebro se convirtió en el vino de la conciencia? ¿Cuándo adquirió la materia las cualidades de la mente? En este libro penetrante e informativo, Nicholas Humphrey, psicólogo experimental, guía al lector en un viaje que abarca millones de años, en busca de las claves del modo como evolucionó la conciencia. En *Una historia de la mente*, se propone una teoría nueva y radical. Al explorar la división entre sensación y percepción, muestra cómo las sensaciones crudas se hallan en el centro de todos los estados conscientes: "siento, luego soy". Y describe cómo la conciencia sensorial puede haberse desarrollado a partir de las respuestas corporales del dolor y placer de nuestros antepasados primitivos.

Desde el "dolor fantasma", experimentado por personas que han perdido algún miembro, hasta la misteriosa facultad de la "visión a ciegas", Humphrey nos guía hasta los íntimos mecanismos de nuestra mente y vuelve comprensibles las cuestiones más difíciles. La relación entre alma y cuerpo es uno de los grandes desafíos aún planteados a la ciencia y la filosofía. El autor osa resolver el "problema mente-cuerpo"... y puede que ya no volvamos a mirarnos a nosotros mismos del mismo modo.

LA CUESTIÓN DE LOS ANIMALES:
TEORÍA DE LA MORAL APLICADA
Peter Carruthers
Cambridge University Press
Gran Bretaña, 1995

¿Tienen derechos morales los animales? El movimiento en favor de los derechos de los animales ha cobrado un impulso considerable en los últimos años, promovido en parte por la argumentación teórica de los filósofos de la moral. De hecho, es sorprendente que casi todos los autores de libros y artículos publicados sobre el tema en los últimos tiempos hayan propugnado la entidad moral de los animales. Ello no obedece a que exista un consenso entre los filósofos de la moral de que los animales tienen derechos, sino a que, por una razón u otra, quienes opinan lo contrario han preferido, en su mayoría, guardar silencio.

Este libro, provocativo y a la vez juiciosamente argumentado, tiene por objeto reestablecer el equilibrio, y está dirigido a todos los interesados en los derechos de los animales, cualquiera que sea su opinión sobre el tema. Constituye también una dinámica introducción a la ética y demuestra la importancia real de las cuestiones teóricas de esa disciplina.

Para Stephen L. Darwall, de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, esta obra constituye "una reflexión sumamente inteligente y filosóficamente profunda acerca de nuestras obligaciones para con las demás especies animales".

LA TERCERA CULTURA
MÁS ALLÁ DE LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA
Edición de John Brockman
Tusquets Editores, Col. Metatemas, No. 43
Barcelona, 1996

Hace treinta y cinco años, C.P. Snow escribió sobre la polarización de "las dos culturas" –literatos por un lado y científicos por otro. Aunque confiara en que surgiría una tercera cultura capaz de tender un puente entre unos y otros, sólo recientemente, tras la masiva acogida de libros como el de Stephen Hawking, la ciencia ha comenzado a cambiar el panorama intelectual, situándose en el centro del debate sobre la naturaleza humana y la naturaleza del universo.

John Brockman tuvo la idea, acertada y oportuna, de reunir en un libro a científicos y pensadores que, desde áreas tan diversas como la biología evolutiva, la informática, la neurofisiología, la psicología y la física, debaten hoy cuestiones fundamentales como el surgimiento del universo, de la vida y de la mente.

Los físicos Davies, Doyne Farmer, Gell-Mann, Guth, Penrose, Rees y Smolin; los evolucionistas Dawkins, Eldredge, Jay Gould, Jones y Williams; el filósofo Dennett; los biólogos Goodwin, Kauffman, Margulis y Varela; los informáticos Hillis, Langton, Minsky y Schank; y los psicólogos Humphrey y Pinker, se proponen aquí como un ejemplo de intelectuales de la tercera cultura, que introducen nuevas formas del discurso intelectual.

LA MUERTE Y SUS VENTAJAS
Fanny Blanck-Cereijido
Marcelino Cereijido
SEP-FCE-CONACyT
Col. La ciencia para todos, No. 156
México, 1997

"Tú morirás y en este libro trataremos de explicarte por qué y cómo. Pero, aunque no te interese de manera personal, el tema de la muerte es tan imprescindible para comprender el funcionamiento de la vida, la mente y la sociedad, que sería aconsejable que lo incorpores a tu visión del mundo." Eso nos dicen los autores en este libro, pero no con el fin de aterrorizarnos. Quizá piensan, como el gran Woody Allen: "A mí no me asusta morir. Sólo que no quisiera estar presente cuando ocurra". Lo que pasa es que el fenómeno de la muerte, curiosamente, es de los menos estudiados por la biología, pero este olvido está siendo subsanado rápidamente y los avances en tal campo se multiplican. Uno de ellos, incorporado a este libro, es el descubrimiento de una 'muerte celular programada': las células pueden suicidarse activando ciertos genes que, con limpieza, ejecutan tal trabajo. El tema del libro es serio, pero sus autores lo tratan con buen ánimo, del que no está excento el buen humor. La muerte, junto con el nacimiento, es el fenómeno biológico más constante y generalizado de la vida y, si la muerte codificada en los genes impulsó la evolución que un día te generó, es bueno que sepas lo que se sabe hoy de ella.

FUNDAMENTOS DE HEMATOLOGÍA
G.J. Ruiz Argüelles
Editorial Médica Panamericana
México, 1998

En esta segunda edición de *Fundamentos de hematología*, acompañan al autor veintisiete especialistas que pertenecen a la Agrupación Mexicana para el Estudio de la Hematología, A.C. (AMEH) y están presentes en las instituciones de salud más prestigiadas de México. Contiene los mismos capítulos que la primera edición, pero con algunos cambios y actualizaciones. En este sentido, debe reconocerse el entusiasmo y la experiencia de todos los autores, quienes han aceptado modificar y actualizar sus capítulos, lo cual ha permitido mejoras significativas en el texto.

Gracias al valioso apoyo de Jim McArthur, quien es también uno de los autores de este texto, se han incluido imágenes a color de la colección de diapositivas de la Sociedad Americana de Hematología; además, se han agregado tablas y figuras con el objeto de apoyar el contenido del texto.

Estructurado en veintidós capítulos, el libro aborda desde los conceptos básicos de la hematopoyesis y la interpretación de la citometría hemática, hasta los procedimientos modernos de terapéutica transfusional, sin dejar de lado el análisis sistemático de la patología hematológica, eje central del libro. Este trabajo representará, sin lugar a dudas, una referencia obligada para los estudiosos del tema

CIENCIAS
Revista de Difusión de la
Facultad de Ciencias de la UNAM
Número 49
Enero-marzo, 1998

¿Qué sería del ser humano sin memoria? Y por su naturaleza social, ¿qué sería de los humanos sin memoria colectiva? Es cierto que los procesos neuronales que rigen la memoria en el cerebro humano son similares a los que tienen lugar en el del resto de los vertebrados. La capacidad de aprender de muchos animales, incluidos moluscos e insectos, muestra que la capacidad de memoria es algo común en esta parte de los seres vivos. El ser humano es tal vez el único animal que verbaliza su memoria y no la manifiesta forzosamente en actitudes visibles, aunque esta creencia se debe, quizá, a las limitaciones para estudiar estos procesos en otros animales. Lo que sí distingue a la memoria humana es su carácter colectivo. Las distintas sociedades que pueblan el planeta siempre han mantenido una memoria colectiva depositaria de su cultura, de su saber y de su identidad.

El hombre busca sentido a su vida por medio de la memoria, de la misma manera que las sociedades buscan en ella el rumbo de su devenir. Según Jacques Le Goff "se debe actuar de modo que la memoria colectiva sirva a la liberación y no a la servidumbre de los hombres". Los textos y las imágenes de este número de *Ciencias* sirven a tal propósito.

EL BAGRE
Cultura y Sociedad
No. 21, abril, 1998

El Bagre es una revista cultural independiente que se publicó por primera vez en noviembre de 1994. Editada en Ciudad Victoria, Tamaulipas, bajo la dirección de Gastón Alejandro Martínez, se realiza gracias al apoyo del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA)

Este último número, bajo el título *La ciencia en el fin de milenio. Imágenes, metáforas y embrujos*, nos presenta una serie de reflexiones acerca del quehacer científico

Carlos Chimal, en *Un laboratorio .. ¿en el baño?* reseña parte de la biografía temprana de Mario Molina, Premio Nobel de Química, y su precoz pasión por la ciencia, haciendo hincapié en la importancia que para el desarrollo de la sociedad tiene la cultura científica y tecnológica. Miruna Achim, en *Lentes diáfanos y palabras muy verídicas*, revisa el desarrollo histórico de la astronomía en la Nueva España. Alejandra Pantoja de Luna, en *Mujeres, astronomía y educación*, conversa con Julieta Fierro, investigadora y jefa del Departamento de Difusión del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Completan el sumario de este número las colaboraciones de Carlos López Beltrán, Héctor Gómez Vázquez, Rodolfo Mata, César Carrillo Trueba, Victoria Schussheim, Jacqueline Quintana y Pablo Rueda.

CRÍTICA
Revista Cultural de la
Universidad Autónoma de Puebla
Número 71
Abril-mayo, 1998

SUMARIO:

James G. Huneker
Una visita a Walt Whitman

Adolfo Castañón
Islas Canarias

Alberto Paredes
Un luminoso espejismo

Julio Eutiquio Sarabia
Tres poemas

Ena Lucia Portella
Una extraña entre las piedras

Leonard Woolf
Virginia Woolf

Antón Arrufat
Poemas

Pablo Baca
No esperar nada más de las estrellas

Reina María Rodríguez
Can I be God?

Juan Liscano
Auto de convicción

Soleida Ríos
Figuras de Brueghel

instrucciones para los autores

Elementos es una revista científica y cultural. Es un medio de comunicación entre la comunidad científica y los estudiantes de nivel medio superior y superior, así como el público en general.

Los artículos se someten a la consideración del Consejo Editorial de la revista y son evaluados por especialistas. Deben ser enviados en diskette (preferentemente en formato de PC compatible con IBM, usando los procesadores de texto *Word* o *Word Perfect* y etiquetados con los nombres del archivo y del procesador que se utilizó) acompañados de dos copias impresas a:

Revista **Elementos**
Dr. Enrique Soto
Universidad Autónoma de Puebla
14 Sur 6301, Ciudad Universitaria
Apartado Postal 406
Puebla, Pue., 72570
Teléfono: (22) 44 16 57
Fax: (22) 33 45 11
email: elemento@siu.cen.buap.mx

Los manuscritos deben entregarse de la siguiente forma:

1. El material deberá ser presentado utilizando un lenguaje claro y sencillo, evitando el uso de términos técnicos especializados. Cuando éstos sean indispensables, deberá explicarse su significado en una nota. Se recomienda el uso de figuras ilustrativas que permitan sintetizar y aclarar conceptos relevantes. Los artículos deberán ser breves (entre diez y dieciséis cuartillas a doble espacio). Se recomienda usar subtítulos e incisos a fin de facilitar la lectura.

2. Las referencias en el texto se indicarán con un número de acuerdo al orden en que aparecen. Debido al carácter de la revista, deberán incluirse sólo referencias a trabajos fundamentales sobre el tema en cuestión. Al final del texto, la lista de referencias deberá escribirse de acuerdo con los siguientes modelos:

Artículos en revistas:

Torres Tejeda, A.G. y Baca, B.E., Reacción en cadena de la polimerasa, *Elementos*, No. 23, Vol. 3, 1995, pp. 16-21.

Artículos en libros:

Bunge, M., La bancarrota del dualismo psiconeural, en *La conciencia*, editor Fernández Guardiola, A., Editorial Trillas, México, 1979, pp. 71-84.

Libros:

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

3. Las figuras, fotografías o gráficas deberán presentarse, separadas del texto, en papel de buena calidad o elaboradas en computadora y almacenadas en el mismo diskette en el que se entrega el texto, pero en archivos independientes de éste. En este caso son aceptables los formatos TIF, PCX o BMP. 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 se deberán incluir 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 se deberá evitar el uso de material gráfico previamente publicado. Sin embargo, cuando ello se considere indispensable, será responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para su reproducción.

4. Deberá especificarse la institución a la que pertenecen los autores, así como domicilio y teléfono del autor responsable.