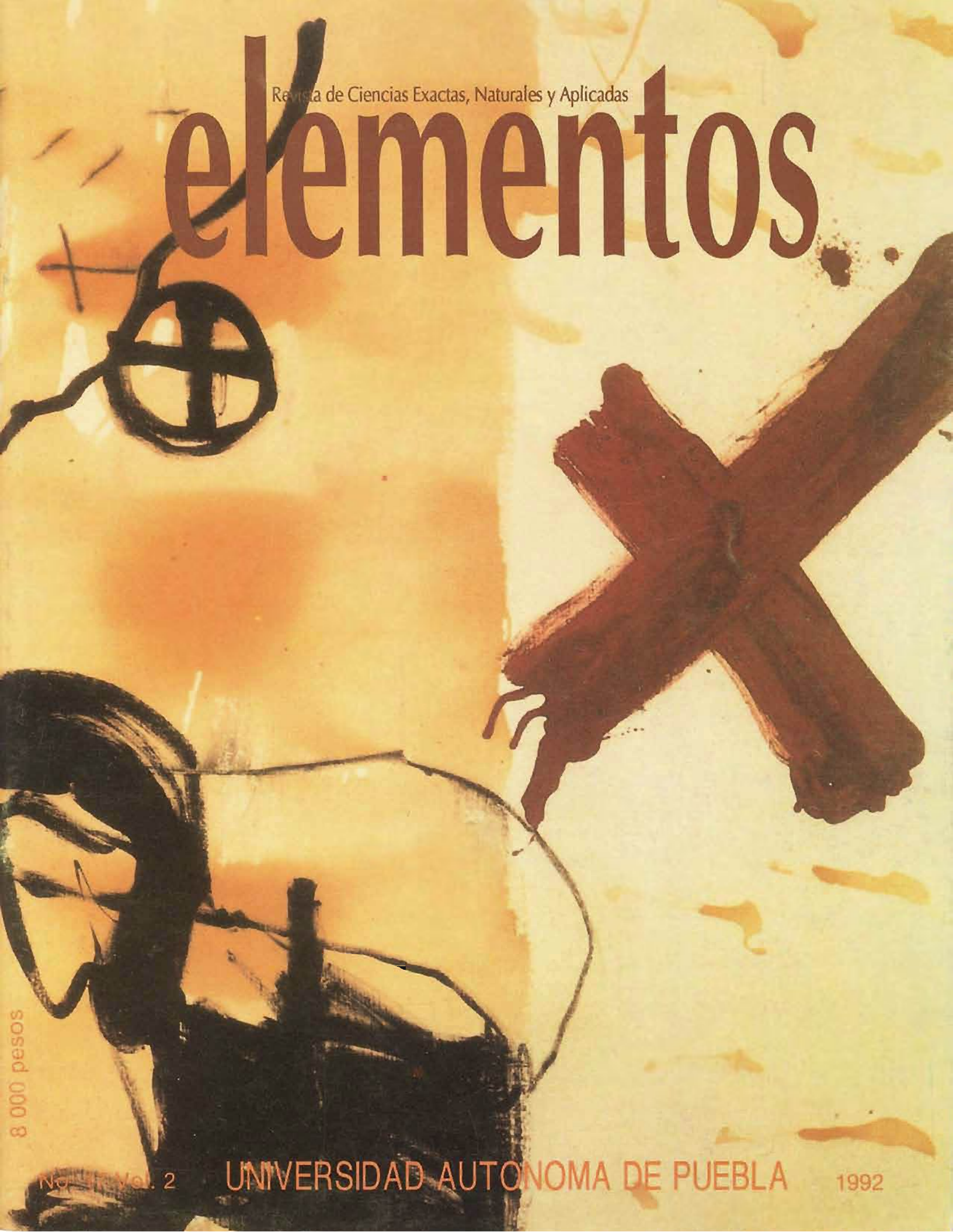


Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

elementos



8 000 pesos

No. 41 Vol. 2

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA

1992

S · U · M · A · R · I · O



ELEMENTOS

Revista de Trimestral de
Ciencias Exactas, Naturales
y Aplicadas

No. 17, Vol. 2, 1992

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA

Rector

Lic. José Dóger Corte

Secretario General

Lic. Víctor Espindola Cabrera

Vicerector de Investigación y Estudios de Posgrado

M. C. Enrique Dóger Guerrero

Director

Dr. Enrique Soto Eguibar

Consejo Editorial

Beatriz Eugenia Baca

Ma. de la Paz Elizalde González

Enrique González Vergara

Julio Mendoza Álvarez

Hugo Navarro Castañeda

Francisco Pellicer Graham

Leticia Quintero Cortés

Jesús Reyes Corona †

Luis Rivera Terrazas †

Raúl Serrano Lizaola

Cristóbal Tabares Muñoz

Gerardo Torres del Castillo

Edición y Diseño

Marcelo Gauchat

Formación

Jorge González Aragón

Portada

Antoni Tàpies

Financiada parcialmente por SEP-
DGICSA (Convenio 91-04-21-001-465).

3

LA EPILEPSIA: HISTORIA, CONCEPTOS Y APORTACIONES

Simón Brallowsky

11

DE FRACTALES Y DINÁMICA

Guillermo Sienra L

19

UN ESPEJO DE HIELO

Hugo Diego Blanco

28

MODELOS DE ENLACE QUÍMICO

José Antonio Chamizo G

33

DESARROLLO DE LA ASTRONOMÍA EN LA PUEBLA COLONIAL

María Guadalupe López Molina

Marco Arturo Moreno Corral

41

EL PAPEL DE LOS RECEPTORES SINÁPTICOS EN LA DEGENERACIÓN Y MUERTE NEURONAL

Amira del Rayo Flores Urbina

45

¿CUÁNDO EL HOMBRE PRIMITIVO ADQUIERE CONCIENCIA DE LA MUERTE?

Marcos Winocur

49

EL ESPÍRITU COMO NATURALEZA

Antonio Escohotado

55

LA CIENCIA HOY

55

El pueblo del gran río

57

Taxol: ¿Una cura efectiva
para el cáncer?

58

El automóvil eléctrico

60

La estatua interior

62

¿Qué son las revoluciones
científicas? y otros
ensayos

¿ Significa una pérdida o una ganancia para nuestra cultura el hecho de que el estudio de las humanidades haya dejado de ser el centro de los sistemas educativos? Hemos leído como una viva y punzante pregunta el ensayo que Octavio Paz* dedica a la posición que la vida intelectual ocupa en el desarrollo de la civilización. “El lugar del latín y del griego —escribe Paz— lo ocupan hoy las ciencias. El cambio ha sido natural y justificado. Menos natural y del todo injustificada ha sido la preeminencia del *cientismo*, una superstición moderna. Cada ciencia puede hablar con autoridad de su dominio particular: no hay ciencia sino ciencias. Pero el cientismo traslada el discurso de la física, la química o la biología a dominios que no son los de las ciencias naturales: la historia y las sociedades humanas, el individuo y sus pasiones. Por otra parte, ¿es posible el ejercicio de la ciencia sin ese acervo de sabiduría que son las humanidades? Tal vez, pero el costo es inmenso. Ni Freud ni Einstein olvidaron nunca a los clásicos.”

Creemos que estas reflexiones de Octavio Paz atañen en muchos sentidos a la forma y al contenido de nuestro quehacer científico, y por esa razón las queremos compartir con nuestros lectores.

LA EPILEPSIA: HISTORIA, CONCEPTOS Y APORTACIONES

Simón Brailowsky

Instituto de Fisiología Celular
Universidad Nacional Autónoma de México

*Por eso nunca he concebido que
la medicina tuviera necesidad
de un supuesto inventado, tal
como lo regulen las cosas
invisibles y enigmáticas*

Hipócrates

La epilepsia es una enfermedad neurológica que goza de gran reputación. Esta reputación es extraña y particular. Tiene la característica de ser extrema y no dejar incólume a nadie. Provoca alejamiento o reverencia, temor o atracción. La encontramos en todas partes y puede afectar a cualquiera, sin consideración de edad, sexo o cultura. La condición esencial para su existencia es la presencia de un sistema nervioso, lo que implica que su historia filogenética es antiquísima.

Además de muchas otras cosas, la epilepsia enseña. Nos presenta índices valiosísimos de la función cerebral, pues sus manifestaciones son producto de los mismos mecanismos que son responsables de las funciones normales. La diferencia es la magnitud de esta expresión.

Pero antes de tratar la relación entre la epilepsia y la función cerebral quisiera comenzar refiriéndome a ese aspecto fascinante de la enfermedad: su historia.

El interés en las epilepsias, ya sea a través de la búsqueda de sus causas o de tratamientos eficaces para su control, data probablemente de épocas prehistóricas. El hallazgo de cráneos trepanados, los cuales tienen miles de años de antigüedad, y se han encontrado tanto en África como en Europa y el Perú, indica que el hombre ha tratado de in-

tervenir en la expresión de las funciones cerebrales desde hace mucho tiempo. Sin embargo, el origen cerebral de las epilepsias no se conoció sino relativamente tarde, y fue el corazón el órgano más frecuentemente implicado en la aparición de crisis convulsivas, tanto en Europa como en América. De acuerdo con Gross (1987)¹, antiguos escritos médicos egipcios señalan al corazón, y no al cerebro, como el órgano más importante y como el asiento de la mente y el centro de las facultades intelectuales.

También en la América prehispánica encontramos esta concepción:

En cuanto a este órgano (el corazón) como centro de la conciencia, se dice en los textos de Sahagún que el ser humano siente en su corazón, que en su corazón se desatina y que el desmayo es un amortecimiento del corazón. La epilepsia era concebida como una forma grave de amortecimiento, ocasionado por una fuerte opresión sobre este órgano. Así lo indica su nombre, *yolpapatzmiquilizli*, amortecimiento por intensa compresión en el corazón.²

En relación más específica a la epilepsia en el contexto americano, el Códice Badiano (1552) distingue dos formas diferentes de crisis epiléticas:

Huapauzilizli: alteraciones epiléticas caracterizadas por quietud y con-

vulsiones (epilepsia tipo gran mal), y *Hihixcayotl* alteraciones epilépticas caracterizadas por temblor (crisis mioclónicas).³

Más aún, el Códice Badiano nos refiere una receta para el tratamiento de las crisis epilépticas (enfermedad comicial):

Cuando es reciente el mal sagrado sirven las piedrecillas que se hallan en el buche del halcón, de los pajarillos *huactli* y del gallo; la raíz de *quetzalatóniyatl*, cuerno de venado, incienso blanquecino, incienso blanco, cabello de muerto, carne quemada de topo encerrado en una olla. Todo bien molido en agua caliente. El que tiene este mal debe beber, hasta vomitar, la anterior mixtura. Y le puede ser útil, antes de que la beba, tomar el jugo de un arbusto que se llama *tlalacótic*, y cuya raíz ha de ser molida.

Observa el tiempo en que la epilepsia ha de venir, porque entonces, al aparecer la señal, el epiléptico póngase en pie y púncesele los cartílagos y los costados. Coma una mixtura hecha de hojas de *quetzalatóniyatl* y *tetzitlin*, y hierba *acocoxhuatl*, molidos en agua. Debe comer también cerebro cocido de comadreja y de zorra. Se le deben dar sahumerios con buen olor de nido de ratones quemados en las

brasas y de incienso blanquecino y de plumas del ave llamada *cozcacuahutli*.

La concepción "cardiocéntrica" o mágica (posesión demoníaca) de las epilepsias predominó hasta iniciado el siglo XIX, el momento de lo que podríamos llamar la época de oro de la neurología occidental. Jean-Marie Charcot en Francia, T. Meynert en Viena y Hughlings Jackson y William Gowers en Londres dieron un impulso definitivo no sólo al estudio científico de las epilepsias⁴ sino también al de la fisiología cerebral. Por ejemplo, H. Jackson, en 1870 relaciona los paroxismos motores localizados (en este caso, los músculos de la mano) con contracciones vasculares (teoría de Brown-Séquard) en la región de la arteria cerebral media. En el mismo año, dos jóvenes berlineses, E. Hitzig y G. Fritsch, descubren la función motora de la corteza cerebral justamente en la región sugerida por H. Jackson.

A pesar de que las influencias galénicas y su teoría humoral eran aún consideradas, los experimentos de Volta y Galvani con la "bio-electricidad" añadían nuevas dimensiones a las hipótesis sobre el origen de las epilepsias. La noción de "descarga" aplicada al súbito inicio de una crisis convulsiva, podía provenir de la analogía con la chispa voltaica de las jarras de Leyden.

Al mismo tiempo, aunque en otras tierras, Camilo Golgi en Italia y Santiago Ramón y Cajal en España, enriquecían el conocimiento de la neuroanatomía gracias a sus preparaciones de tejido cerebral teñidas con plata. La teoría reticular se enfrentaba a la doctrina celular para determinar si el cerebro funcionaba a base de redes con continuidad celular o de elementos independientes. Cajal tuvo razón y las ideas sobre la fisiopatología neurológica tuvieron que partir de esta base para construir sus hipótesis.

Desde el punto de vista electrofisiológico, los experimentos de Caton y de Pradich-Neminsky mostraron el electroencefalograma (EEG) y los potenciales evocados por estimulación sen-



Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)

sorial obtenidos de la corteza cerebral de animales. Solo unos años después (1930), Hans Berger publica los primeros registros del EEG humano.

La dimensión neuroquímica apareció en la misma época con los experimentos de O. Loewi (1921), mostrando los efectos “humorales” de la estimulación eléctrica del nervio vago (nervio principal de control del aparato cardiovascular y gastrointestinal) de un corazón “donador” sobre uno “receptor”: la acetilcolina liberada en uno disminuía la frecuencia de contracción del otro.

Estas dos dimensiones, la eléctrica y la química, se unieron desde entonces para convertirse en un lenguaje fundamental en neurociencias a través del cual expresamos nuestras hipótesis, nuestras muchas dudas y nuestras escasas certidumbres sobre el funcionamiento normal y patológico del cerebro.

En la actualidad, estamos agregando nuevos lenguajes a esta búsqueda: la genética molecular es uno de ellos. Así, experimentos en los que se inyecta en un oocito de rana material genético (ARNm), se induce la expresión en las membranas celulares de canales iónicos u otras proteínas con funciones de transporte o receptores para neurotransmisores. Es posible, por medio de un microelectrodo, detectar la actividad de sólo un “parche” de la membrana del oocito y determinar el funcionamiento de la proteína que se ha insertado y expresado. Esto representa la materialización de estos tres lenguajes al mismo tiempo (neuroquímico, electrofisiológico y neuroanatómico).

El aura epiléptica

La epilepsia es una enfermedad que se ha ligado a la cultura desde hace muchos siglos (o quizás desde siempre). Si meditamos un poco sobre este hecho, nos percatamos de que no hay muchos padecimientos que hayan mantenido tan largo tiempo esta asociación. Es claro que un gran grupo de enfermedades tiene un fuerte determinante económico-social v.g. las enfermedades infecto-contagiosas, pero la influencia de la

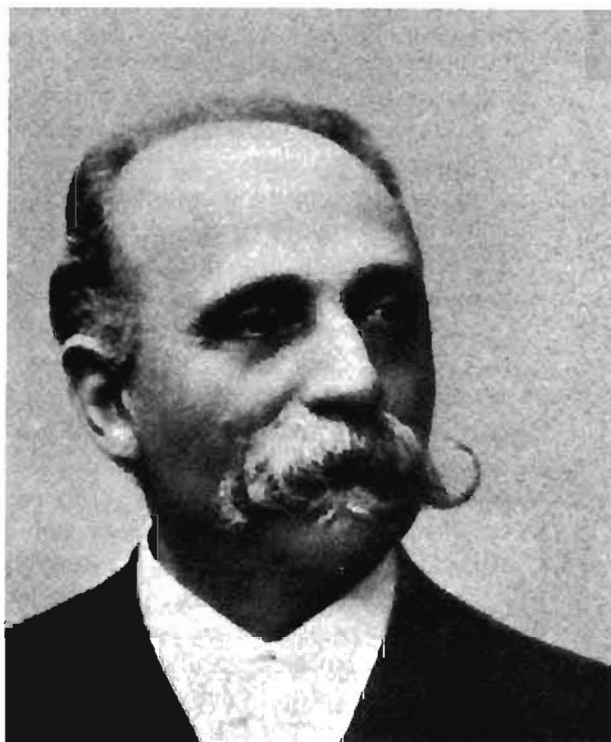
ideología sobre nuestra concepción de una patología y viceversa, es excepcional en el caso de la epilepsia.

La enfermedad sagrada *Morbus sacer* figura en documentos de la antigua Mesopotamia (5000 a.C. aproximadamente) en donde se la relacionaba con la “mano del pecado” y con el dios de la Luna (más tarde nos referiremos a la interesante asociación entre el término “lunático” y la epilepsia). La relación entre la epilepsia y la religión es antiquísima. No fue hasta el año 400 a.C. que el origen divino de esta enfermedad fue cuestionado por Hipócrates.

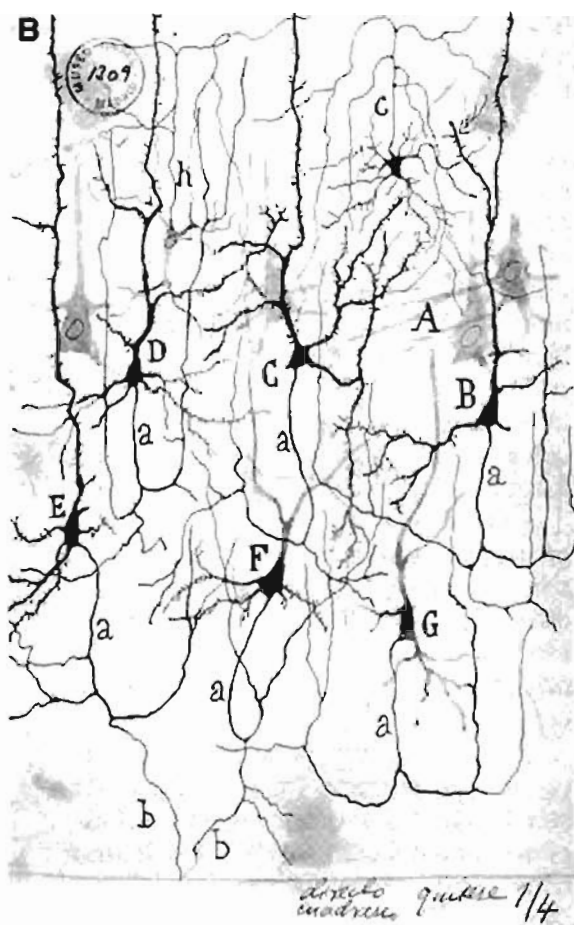
Hablemos ahora un poco sobre ese misterioso, y por lo mismo, maravilloso fenómeno asociado a algunas variedades de epilepsia: el aura, signo premonitorio por excelencia que ha dado origen a múltiples leyendas y a uno que otro profeta.

Pero antes, consideramos importante para un correcto entendimiento de este fenómeno, avanzar algunas definiciones que deberán servir como marco conceptual ulterior. La primera de ellas es la de epilepsia.

La epilepsia es una afección crónica, de etiologías diversas, caracterizada por



Camillo Golgi (1844-1926)



Dibujo de Ramón y Cajal que muestra las células en las capas más profundas de la corteza visual del gato

la repetición de crisis resultantes de la descarga excesiva de neuronas cerebrales ("crisis epilépticas"), independientemente de los síntomas clínicos o paraclinicos eventualmente asociados⁵.

En otras palabras, nos referimos a una alteración de larga duración, ya que la epilepsia dura años y puede originarse por diversas causas v.g. traumáticas, infecciosas, vasculares, tumorales o desconocidas. Se manifiesta por cambios bruscos y repetidos en la conducta o en la actividad eléctrica cerebral. Una sola crisis no hace el diagnóstico de epilepsia. Como en los casos de las convulsiones febriles o las debidas a intoxicaciones medicamentosas, que no son epilépticas. Estas crisis se producen por un aumento en la excitabilidad cerebral que conduce a la activación excesiva de las células nerviosas. Dependiendo de dónde se encuentren estas neuronas que

se activan en forma excesiva, se producirán síntomas particulares. Por ejemplo, un foco epiléptico (i.e. el grupo de neuronas "epilépticas") localizado en el área visual dará lugar a sintomatología visual en el momento de la crisis. Recordemos entonces que la forma en que una crisis epiléptica se manifiesta nos informa del área cerebral implicada. La relación entre estas descargas focales y la forma particular del aura epiléptica se sitúa en este contexto.

El término "aura" ha acumulado acepciones de acuerdo con su uso y el contexto. La palabra proviene del griego y se traduce como brisa o viento ligero. Galeno (394 a.C.) escuchó el término durante la descripción de una crisis. El paciente reportaba el inicio del ataque como una sensación que comenzaba en la pierna y que de allí subía en línea recta por el muslo, el flanco, la parte lateral del cuello y luego a la cabeza. A partir de ese momento el paciente no recordaba más. A la pregunta de la naturaleza de esa sensación que subía desde la pierna, respondió: "como una brisa fría". Con el tiempo, se vio que los signos premonitorios de las crisis no se circunscribían a esta sensación de viento frío, sino que también podía ser de tipo autónomo (v.g. náusea, vértigo, taquicardia, etcétera), motor o psíquico.

Fue importante distinguir estos signos premonitorios, ya que se pudieron ensayar procedimientos físicos para posponer o inhibir la progresión del ataque; por ejemplo, estimular la piel por arriba del área que generaba el aura en el caso del paciente de Galeno. A pesar de que no sabemos qué sucede en estos casos de interrupción de las crisis, éste es un hecho relativamente frecuente e interesante. Tal es el caso reportado por Robert Efron (Universidad de California, Davis) de una paciente que tenía un aura sensorial que se manifestaba como sensación de comezón en un dedo de la mano, que invadía los otros dedos, después el resto de la mano, el antebrazo, el brazo, el cuello y poco después de llegar a la cabeza, evolucionaba con pérdida de conciencia y crisis convulsi-

vas. La paciente en cuestión notó que si se rascaba fuertemente por arriba de esta "onda" ascendente, podía abortar la convulsión. El doctor Efron trató entonces de condicionar esta inhibición dando instrucciones a la paciente de observar fijamente una pulsera al tiempo que se estimulaba el brazo con un cepillo (procedimiento que la paciente usaba para inhibir la crisis). Después de un tiempo de repetir este procedimiento, la paciente era capaz de controlar sus ataques simplemente observando la pulsera (este caso recuerda el condicionamiento clásico pavloviano). Como decíamos, no conocemos el mecanismo íntimo de este proceso, pero a pesar de su simpleza presenta cierta especificidad. Ésta se evidenció cuando la paciente en cuestión, de vacaciones en la playa, perdió la pulsera. Los padres, alarmados, la reemplazaron el mismo día con otra que obtuvieron en la vecindad. A pesar de la sustitución, cuando la paciente sintió el aura y, por tanto, la inminencia de la crisis convulsiva, el procedimiento de observar la pulsera para interrumpir la crisis no resultó. No fue hasta que se consiguió una pulsera idéntica a la anterior que el procedimiento volvió a funcionar.

Se han descrito muchos tipos de aura. Mencionábamos las motoras (v.g. pequeños movimientos involuntarios de las extremidades), las sensoriales, las autonómicas y las psíquicas. Entre estas últimas se consideran las de tipo alucinatorio, las oníricas, las intelectuales y las llamadas por algunos "extáticas".

La epilepsia, la literatura y la magia

...que en su condición epiléptica, existía un momento antes del ataque mismo (considerando que el ataque sobreviniera durante las horas de vigilia) cuando repentinamente, en medio de la tristeza, de la oscuridad y la opresión, su mente se inflamaba y todas sus fuerzas vitales se expandían al mismo tiempo, en una explosión poco usual. Su conciencia y su sensación de estar vivo se incrementaban diez veces más durante estos momentos, que se repetían como relámpa-

gos. Su mente, su corazón se iluminaban de manera insospechada. Toda excitación, toda duda, todo problema se apaciguaban, resueltos en una calma superior llena de armoniosa felicidad y esperanza, llena de inteligencia y de razón última. Y sin embargo, estos momentos, estos destellos no eran sino el presentimiento de aquel segundo final (nunca más de un segundo) con el cual el ataque mismo comenzaba. Este segundo era, por supuesto, insoportable.

Estas palabras del príncipe Mishkin, el héroe de la novela *El idiota*, de Dostoyevski, expresan de manera dramática lo que un paciente epiléptico puede experimentar cuando presiente la llegada de la crisis. La interpretación que se ha hecho de estos signos anunciatorios ha variado según la época.

Una de las interpretaciones que sigue manifestando influencia hasta nuestros días es aquella que se originó en los principios de la era cristiana. Fue el periodo de los éxtasis y los trances proféticos, considerados como formas de posesión. El paciente (la "víctima") es presa del poder de algún ente sobrenatural, o es invadido por una fuerza fantasmagórica o divina, a la cual debe obedecer. Las manifestaciones de esta posesión iban desde la convulsión generalizada con pérdida de la conciencia (sin duda la forma más aparatosa de una crisis epiléptica en la que, dicho sea de paso, lo único que puede hacerse es proteger al paciente de que se lastime o se muerda) hasta un estado de inspiración extrema en el que el profeta recibía el mensaje divino.

Con la expansión comercial de Roma, Persia y los pueblos árabes, las mitologías europeas se poblaron de nuevas deidades. Estos entes enriquecieron prodigiosamente la escatología de la Iglesia católica y, como efecto colateral, llenaron al paciente epiléptico de demonios.

La manera en que el hombre medieval combatía la epilepsia era, por una parte, racional, pero supersticiosa, y por la otra, mágica y religiosa. La primera hacía uso de dietas, drogas, extractos de animales, amuletos, ritos

relacionados con la Luna (como decíamos, al epiléptico se le consideraba como un tipo "lunático"). La segunda forma de intervención se centraba en la oración y el ayuno. Sin embargo, hasta ese momento, la literatura médica estaba más llena de superstición que de magia y ello se reflejaba en cómo la gente consideraba al paciente epiléptico.

Durante el Renacimiento había poca gente que dudaba de la existencia y del poder del demonio, quien personalizaba al enemigo de Dios. Pero todavía se discutían las formas en que Satán y sus huestes actuaban sobre sus víctimas, y los médicos aún se preocupaban de hacer la distinción entre locura y epilepsia, ambas consideradas por algunos como formas de posesión.

La relación entre epilepsia y brujería contaba en aquella época (hacia 1580) con un texto: el *Malleus malificarum*, libro clásico de cacería de brujas en el que se reportaban casos de epilepsia inflingida por medio de huevos que se habían enterrado junto a los cuerpos de

brujas. No sabemos a ciencia cierta cuántos pacientes epilépticos fueron "exorcizados" y de qué manera. El libro admitía, sin embargo, que existía una tremenda dificultad para distinguir a la epilepsia de la brujería.

La conjunción entre enfermedad natural, epilepsia y la participación de poderes sobrenaturales aparecía en todo su esplendor en el acto de la profecía, considerada como el conocimiento de lo pasado, el presente o el futuro, por medios inaccesibles al sujeto común y corriente. Hacia 1600, la existencia de epilépticos profetas (o viceversa) era bien conocida. En Inglaterra, Meric Casaubon los describe en su libro *A treatise concerning Enthusiasme* (1656) y en Francia, Jean Taxil (1602) menciona los casos de las Sibilas, los sacerdotes de Baal y de los coribantes, los sacerdotes de Cibeles, como sujetos con poderes proféticos que se asociaban a la presencia de convulsiones. Taxil también menciona, citando al explorador Leri (*Histoire d'un voyage fait en la terre de Bresil*, aparecido en 1578), el caso de los sacerdotes (ahora les llamaríamos chamanes) de los Tupinambos y de los Margayates, quienes se veían atacados por la epilepsia cuando el diablo los atormentaba y cuando se les revelaban cosas futuras.

Sennert (1641) clasificaba estos casos como de "éxtasis", y los definía como personas que permanecen, por largo tiempo, con sus mentes separadas de sus cuerpos y que, al despertar, relatan cosas maravillosas que dicen haber visto y oído.

La relación entre epilepsia y profecía fue también sugerida mediante uno de sus sinónimos: *divinatio*. El origen de este sinónimo apunta hacia el Oriente y, entre los doctores del Renacimiento, existía la creencia de una abundancia de profetas epilépticos entre los árabes. Esta creencia partía, probablemente, de la leyenda que adjudicaba a Mahoma, el fundador del Islam, padecer epilepsia.

En los tiempos de Mahoma se esperaba que el adivinador también predijera eventos futuros. Se creía que éste re-



Fedor Dostoevski (1821-1881)

cibía su inspiración de los *jinn*, demonios capaces de producir la locura y la epilepsia. Las alucinaciones que pueden acompañar a la epilepsia del lóbulo temporal podían ser interpretadas como visiones provenientes de los *jinn*, y cualquier persona que tuviera alucinaciones podía ser considerada como epiléptica.

La epilepsia del lóbulo temporal, también llamada “psicomotora”, se presenta por la existencia en esta región, de una zona de hiperexcitabilidad neuronal. Dado que en esta región se localizan áreas relacionadas con las emociones y la memoria, su activación explosiva se manifiesta como la aparición de un conjunto de imágenes que pueden incluir cualquier modalidad sensorial y que se presentan llenas de significado para el sujeto. Las alucinaciones olfativas y auditivas son características de este tipo de epilepsia parcial o focal. También lo es un estado particular de conciencia alterada llamado “estado de ensoñación” (*dreamy state*). En este estado, el paciente presenta modificaciones de la conciencia reflexiva que hacen difícil la interpretación de estímulos sensoriales y que se reportan como alucinaciones críticas puras u oníricas. El cuadro clínico de este tipo de crisis también incluye la ocurrencia frecuente (ya que a todos nos sucede en cierta medida) de la impresión de que ya hemos visto a una persona a la que en realidad no conocemos, o que ya hemos estado en cierto lugar que tampoco conocemos, o justo lo inverso. Se trata de las sensaciones de *déjà vu* (lo ya visto), o *déjà vécu* (lo ya vivido), o lo *jamais vu* o *jamais vécu*. En otras palabras, se trata de la ocurrencia de frecuentes sensaciones anormales de extrañeza o de familiaridad. Las crisis psicomotoras pueden también pasar por la modificación de la conciencia del ser en el mundo, ya sea en la relación del yo con sí mismo, ya sea en la del yo con el mundo exterior. Estos estados se favorecen por el cansancio o el alcohol.

Y regresando al Oriente, en el Corán se habla de las visiones que tuvo Mahoma, en las que un mensajero divino—el

arcángel Gabriel, según el mismo Mahoma— le comunicaba las palabras que más tarde constituirían el Corán. En uno de los versos (Sura 17,1), se glorifica a Alá, “quien llevó a su siervo (*i.e.* Mahoma), por la noche, desde el inviolable sitio de adoración (La Meca) al sitio más lejano de adoración (Jerusalén)”. Ignoramos si este vuelo desde La Meca a Jerusalén fue un sueño, una alucinación o una experiencia mística, posibilidades todas de una crisis epiléptica del lóbulo temporal. En cualquier caso, la tradición islámica reconoce que durante estos estados de inspiración, Mahoma se encontraba en una condición anormal, signo adicional de su verdad profética. Ibn Khaldún (1332-1406), el autor de uno de los primeros textos de historia universal conocidos (*La Muqaddimah*), incorporó estos estados dentro de su compleja Teoría de la Profecía. No es de extrañar que a partir del cristianismo bizantino, en Occidente se trató de impulsar la idea del origen “patológico” de las profecías de Mahoma.

En el contexto del tema que nos ocupa, el punto que nos parece interesante subrayar es la posibilidad de considerar a una enfermedad como fuente de profetas, de shamanes o de mediums. No debemos tampoco desdeñar la conjetura de considerar a la enfermedad como fuente propiciadora de acceso a estados alterados de conciencia o a hipersusceptibilidad hacia percepciones extrasensoriales o de clarividencia. El psiquiatra puede contribuir más que nosotros a esta discusión.

La epilepsia y la ideología

Mahoma no ha sido el único gran personaje de la historia considerado como epiléptico. Taxil, en su tratado sobre la epilepsia (1602), nos habla del catálogo de epilépticos famosos hecho por Aristóteles en el que se incluía a Hércules, Sócrates, Platón, Empédocles, las Sibilas, etcétera, y donde agregaba a la lista a Julio César, Calígula, Petrarca y hasta a Carlos V. La historia ha mostrado que la lista de Taxil debe modificarse, en

parte por su confusión entre los términos aristotélicos de melancolía y de epilepsia.

Es también interesante hablar de esta creencia de la antigüedad que consideraba a los epilépticos como personas de gran inteligencia. Esto constituía una extensión de la tesis aristotélica de que la melancolía y el genio se hallaban asociados. Rondelet (1507-1566) decía que la epilepsia era más frecuente en Florencia que en otras regiones de Italia, debido a la muy delicada y sensible sustancia del cerebro de sus ciudadanos, hecho que él pensaba se demostraba por su gran claridad, sabiduría y juicio. Tommaso Campanella, en su obra *La città del Sole*, describía a los habitantes de su utópica ciudad como frecuentes usuarios de remedios contra "la enfermedad sagrada, de la cual muchos de ellos sufrían". Y agregaba: "Esto es un signo de gran talento, pues Hércules, Sócrates, Mahoma, Escoto y Calimaco la sufrían". Destaca el caso de Dostoyevski y de la fascinación que su enfermedad le producía, pero también podríamos mencionar a Flaubert e incluso a Van Gogh, quien —de acuerdo al gran epileptólogo francés Gastaut— también padecía de epilepsia focal y se amputó una oreja durante una de sus crisis.

No está de sobra recordar que los historiadores son humanos y, como tales, son entes impresionables. Su catálogo de los personajes que padecieron epilepsia se restringe a personajes de cierta fama (justificada o dudosa) y puede encerrar subjetividad. Se trata, sin embargo, de una triste celebridad.

Para terminar, quisiéramos decirle al lector que el cerebro es riquísimo en sus expresiones y que es posible estudiar éstas desde muy variados puntos de vista. La epilepsia nos provee un campo en el cual hacer estas exploraciones. Nuestra búsqueda no sólo nos enseñará a conocer mejor el funcionamiento cerebral, sino también nos permitirá contribuir a la solución de un problema clínico importante. Esperamos haber dado una idea de nuestras concepciones actuales sobre la epilepsia y sobre los

enfoques que utilizamos para estudiarla. Y, sobre todo, que haya servido de inspiración para el lector y de acicate para su curiosidad.

Queremos cerrar este artículo subrayando el contraste que existe entre la creencia antigua del paciente epiléptico como un individuo más cercano a la genialidad y a la sabiduría que el resto de los mortales, y la creencia actual que toma al epiléptico como un individuo del que hay que alejarse, que da miedo, que es peligroso y al que hay que aislar. Se trata de una ideología tan nefasta como la de la antigüedad, que redundará en concepciones falsas acerca de la enfermedad y acerca de la función cerebral. Más grave, quizá, sea la secuela social de estas creencias, que se expresa como una pobre rehabilitación de estos pacientes, convirtiendo su vida y la de sus familiares y amigos en un camino lleno de obstáculos y de dolor; sabiendo que en más del 85 por ciento de los casos, las crisis epilépticas son totalmente controlables y el sujeto puede llevar a cabo una vida normal en todos los aspectos. Se trata, una vez más, de la influencia de la ideología sobre el conocimiento. Es necesario cambiar este estado de cosas en aras de un mejor tratamiento de esta población, que sólo en México está constituida por casi dos millones de personas.

Bibliografía

1. Gross, C. G., en *Encyclopedia of Neuroscience*, G. Adelman (Ed.), Birkhauser, Boston, 1987, p. 843.
2. López Austin A., *Cuerpo Humano e ideología*, UNAM, México, 1984, p. 188.
3. De la Cruz Martín, "Libellus de Medicinalibus indorum herbis". Manuscrito azteca de 1552, según traducción latina de Juan Badiano, IMSS-FCE, 1992.
4. Temkin O., *The falling sickness*, Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1971.
5. *Dictionnaire de l'Épilepsie, Partie I: Définitions*. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 1973.

DE FRACTALES Y DINÁMICA

Guillermo Sienra L.

Departamento de Matemáticas - ICUAP
Universidad Autónoma de Puebla

*La línea más corta entre
dos puntos es la curva barroca*

Carlos Fuentes

En el siglo XVII, al estudiar Newton fenómenos físicos como la gravitación, descubrió que el cálculo diferencial era la herramienta matemática precisa para estudiarlos. Basándose en el cálculo diferencial pudo determinar con gran exactitud las órbitas de los planetas alrededor del Sol. Desde entonces el cálculo diferencial e integral ha sido utilizado para explicar gran cantidad de fenómenos.

Al mismo tiempo otros científicos como Euler, D'Alembert, Lagrange, Jacobi, Legendre, Hamilton y Fourier durante los siglos XVIII y XIX desarrollaron extensivamente las teorías del movimiento planetario, del calor y de los fluidos entre otras. Para ello usaron y contribuyeron significativamente a la teoría de ecuaciones diferenciales, que desde entonces ha estado estrechamente ligada con el desarrollo de la Física.

En la mayoría de los casos, las ecuaciones diferenciales que se encuentran en la práctica tienen una solución; sin embargo, encontrar ésta en forma exacta no es posible. Fue entonces que H. Poincaré a finales del siglo XIX se preguntó cómo obtener información de las soluciones de estas ecuaciones diferenciales sin tener la forma explícita de la solución, creando así el estudio cualitativo de las ecuaciones diferenciales que hoy se conoce como teoría de sistemas dinámicos, que no es otra cosa que las matemáticas del movimiento.

Dentro de esta rama de las matemáticas, y alrededor de 1960, empezaron a surgir de forma natural ciertos objetos

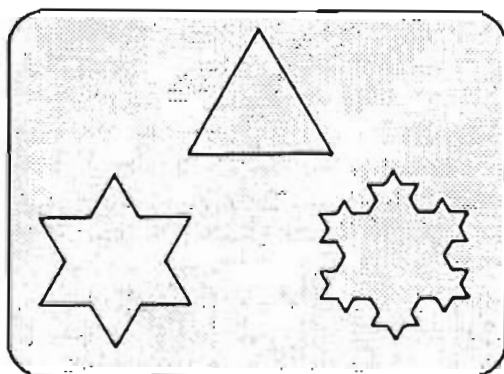
que hoy se conocen como fractales. Algunos de éstos eran ya conocidos por los topólogos desde principios de siglo, pero habían quedado relegados a mera curiosidad geométrica. Recientemente se ha visto que la existencia de fractales es casi un hecho general en los sistemas dinámicos.

Los sistemas dinámicos constituyen hoy en día una fuente para el modelaje de fenómenos en muchas ramas de las ciencias como la biología, economía, química, ciencias sociales, etcétera. Contribuyen a responder preguntas tales como la forma en que se desarrollan las galaxias, cómo surgen y se desarrollan las especies o la manera en que se desarrolla la economía. Los fractales se han encontrado en muchos procesos como por ejemplo las turbulencias, los terremotos, el clima, la actividad cerebral, entre otros. Un hecho importante es que el avance de la computación ha ayudado a esclarecer muchos de estos fenómenos como veremos más adelante.

El estudio de los fractales y los sistemas dinámicos es reciente y su desarrollo es aún incipiente, aunque día a día se publican contribuciones que hacen que esta rama avance espectacularmente, además de que está estrechamente relacionada con casi todas las ramas de las matemáticas *.

*En la Universidad Autónoma de Puebla, diversos grupos de investigadores se dedican a estudiar estos aspectos de la dinámica y los fractales. Entre otros se encuentran los siguientes: Dr. Harold V. McIntosh, del Departamento de Aplicación de Microcomputadoras del ICUAP, sus estudiantes Aarón Cristóbal y Gisela Varela (quienes amablemente me proporcionaron las gráficas de la Figura 10 obtenidas de sus programas) y el M. C. Julio Poisot, de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas.

FIGURA 1



Fractales, definición y ejemplos

Para definir un fractal tenemos que partir de un espacio base, el cual puede definirse dentro del conjunto de los números reales ($\mathbb{R}$) con alguna dimensión específica (n): el espacio de tres dimensiones, el espacio plano de dos dimensiones o una línea que tiene una dimensión. En estos espacios que son conocidos por los matemáticos como $\mathbb{R}^3$, $\mathbb{R}^2$ y $\mathbb{R}$, respectivamente, y sus generalizaciones a n dimensiones $\mathbb{R}^n$, es donde viven los fractales. También hay que considerar lo que llamaremos dimensión fractal y que denotaremos por d_f que está definida como sigue:

Para cualquier subconjunto X del espacio $\mathbb{R}^n$ definamos la dimensión fractal de X , $d_f(X)$ como:

$$d_f(X) = - \limsup_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log n_X(\epsilon)}{\log \epsilon}$$

donde ϵ es cualquier número real y $n_X(\epsilon)$ es el mínimo número de esferas de radio menor o igual a ϵ que es necesario para cubrir X .

Diremos que X es un fractal si el número $d_f(X)$ asociado a X no es un número entero.

A continuación se describen algunos ejemplos para entender este proceso: consideremos primero un intervalo, que denotaremos por I , de longitud igual a uno. Si tomamos $\epsilon = 1/2$ es fácil ver que $n_I(1/2) = 2$ (es decir, dos esferas de radio

$\epsilon = 1/2$ cubren el intervalo de longitud igual a uno); si tomamos $\epsilon = 1/4$, entonces $n_I(1/4) = 4$; en general si $\epsilon = 1/k$ entonces $n_I(1/k) = k$ de donde:

$$\frac{\log n_I(1/2)}{\log (1/2)} = \frac{\log 2}{-\log 2}, \quad \frac{\log n_I(1/4)}{\log (1/4)} = \frac{\log 4}{-\log 4}$$

$$\frac{\log n_I(1/k)}{\log (1/k)} = \frac{\log k}{-\log k}$$

y todos valen menos uno, así que $d_f(I) = 1$. Es fácil ver también que $d_f(\mathbb{R}^2) = 2$ (donde $\mathbb{R}^2$ es el plano) y que en general $d_f(\mathbb{R}^n) = n$, donde n es un número entero y por lo tanto estos espacios no son fractales.

El primer ejemplo fractal que apareció en ecuaciones diferenciales es debido a S. Smale¹, quien al estudiar cierta ecuación diferencial encontró el llamado fenómeno de la herradura, de donde surgió el conjunto que los topólogos conocían anteriormente como Conjunto de Cantor y que se construye de la siguiente manera. Se comienza con un intervalo I , el cual se parte en tres partes iguales quitando el intervalo central, cada una de las partes restantes se divide en tres iguales, y se les quita la central y así sucesivamente.

El límite de este proceso es el Conjunto de Cantor y está constituido por un conjunto especial de puntos contenidos en el intervalo I . Para calcular su dimensión fractal: denotaremos C a dicho conjunto de Cantor y tomaremos para ϵ los valores $1/3, 1/3^2, \dots, 1/3^n$ sucesivamente, del primer paso para construir C se obtiene $n_C(1/3) = 3 - 1 = 2$, del segundo paso se obtiene que $n_C(1/3^2) = 3^2 - 5 = 4 = 2^2$ y en general $n_C(1/3^n) = 2^n$ de donde por la definición de dimensión fractal, resulta:

$$d_f(C) = - \limsup_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log 2^n}{\log (1/3^n)} = - \frac{n \log 2}{-n \log 3} = \frac{\log 2}{\log 3},$$

como el número

$$\frac{\log 2}{\log 3} = 0.6309$$

no es un número entero, entonces C es un conjunto fractal. Hay que observar que si al construir C , en lugar de quitar en cada proceso la tercera parte, quitamos la cuarta parte, obtendremos otro conjunto de Cantor homeomorfo al original pero con dimensión fractal distinta.

El siguiente ejemplo que veremos es el que se ha denominado como copo de nieve, que es un subconjunto del plano $\mathbb{R}^2$ y que se construye recursivamente de la forma que se ilustra en la Figura 1.

Se comienza por un triángulo y cada lado se divide en tres segmentos, el segmento de la mitad se sustituye por un triángulo sin base donde la longitud de cada lado de este triángulo es igual a la tercera parte del lado del triángulo inicial y así sucesivamente. La figura límite es una curva que separa al plano en dos regiones, entre otras cosas se puede probar que el área de la región que encierra esta curva es finita pero su perímetro es de longitud infinita, esta curva es también el típico ejemplo de una curva continua pero que no es diferenciable en ningún punto. Para calcular su dimensión fractal denotaremos por N al copo de nieve, bastará analizar uno de los lados del triángulo inicial. Tomemos para ε la sucesión $\varepsilon = 1/3, 1/3^2, \dots, 1/3^n$, entonces del primer paso de la construcción de N $n_N(1/3) = 4$, del segundo paso $n_N(1/3^2) = 4^2$ y en general del $n+1$ paso $n_N(1/3^n) = 4^n$ de donde

$$d_f(N) = \limsup_{n \rightarrow \infty} \frac{\log 4^n}{-\log(1/3^n)} = \frac{n \log 4}{n \log 3} = \frac{\log 4}{\log 3},$$

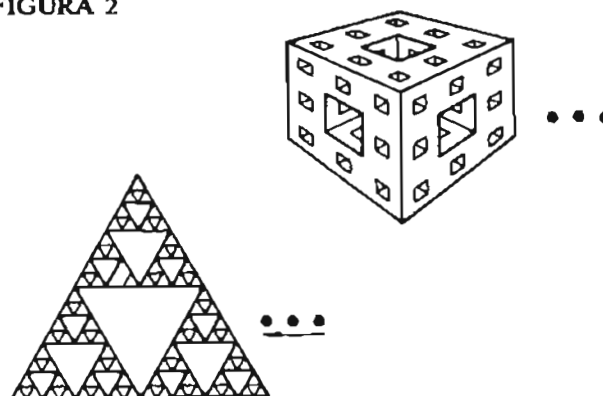
como el número

$$\frac{\log 4}{\log 3} = 1.2619,$$

no es un número entero entonces el copo de nieve es un fractal. Otros ejemplos de fractales conocidos anteriormente por los topólogos están representados aproximadamente en la Figura 2.

La definición de un fractal no es todavía definitiva porque todo depende de la forma en que la teoría y los experimentos avancen, pero hasta ahora esta

FIGURA 2



definición que hemos dado es la más adecuada porque el cálculo de las dimensiones fractales d_f es fácil de obtener cuando hay procesos recursivos como en los casos anteriores.

Existen en la literatura otras dimensiones fraccionarias como la dimensión de Hausdorff que también se usa para definir fractales, pero esta dimensión es más complicada de calcular; de cualquier forma hay relaciones muy estrechas entre invariantes del tipo dinámico con la dimensión fractal, y que refuerzan la aceptabilidad de esta definición.

Respecto a los fractales se han escrito algunos trabajos que destacan por su claridad, uno especialmente relevante es el hermoso libro de Mandelbrot titulado *La geometría fractal de la naturaleza* ².

Sistemas dinámicos

Para explicar lo que se entiende por un sistema dinámico debemos escoger primero un espacio base que puede ser la Tierra, el Sol, el sistema planetario, una mesa, una esfera o el espacio n -dimensional; estos espacios base se llaman espacios topológicos y los denotaremos por B . A continuación debemos definir una función en este espacio base. Por ejemplo, puede ser un estanque con truchas, y la función sería el lugar que tienen éstas después de un cierto tiempo.

FIGURA 3



FIGURA 4.1

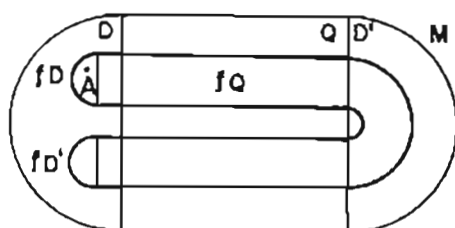
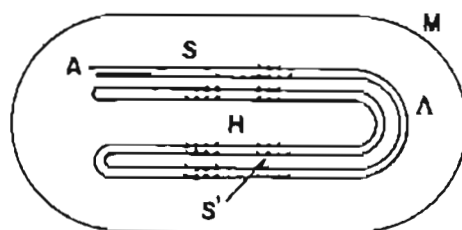


FIGURA 4.2



Esta función se denota por $f: B \rightarrow B$, lo que significa que a un punto cualquiera p en B se le asocia el punto $f(p)$. Como es posible reiterar este proceso, entonces al punto $f(p)$ se le asocia el punto $f(f(p))$ y así sucesivamente. Ello genera una órbita de p , que son los puntos $p, f(p), f(f(p)), f(f(f(p))) \dots$. Cada punto p de B tiene una órbita, y el estudio de estas órbitas es precisamente el sistema dinámico en B , debido a f .

Aunque estos ejemplos tienen como base nuestra experiencia física, todo esto se puede abstraer y generar en un sinfín de sistemas.

Las órbitas de un sistema dinámico se comportan de muy diversas formas. Puede suceder que una órbita consista de un sólo punto, esto es $p=f(p)$, estos puntos se llaman puntos fijos del sistema y por medio de la derivada de f se puede conocer lo que pasa a su alrededor. Hay otras órbitas que consisten de un número finito de puntos por lo que después de repetir el proceso un cierto número de veces se regresa a la posición inicial, y se llaman órbitas periódicas. Otras órbitas son cuasi-periódicas, es decir, que repitiendo el proceso los puntos se mueven cerca de una órbita periódica y hay órbitas donde los puntos viajan y son atraídos hacia otros conjuntos (véase la Figura 3).

Un conjunto del espacio B que resulta de sumo interés en dinámica, es el conjunto límite de órbitas bajo f y que denotaremos por $\Lambda(f)$. Este conjunto $\Lambda(f)$ es invariante bajo f , o sea $f(\Lambda(f)) = \Lambda(f)$ y por lo tanto la dinámica en B se restringe a una dinámica en $\Lambda(f)$.

Desde Poincaré se había pensado que el conjunto $\Lambda(f)$ estaba constituido

por un número finito de órbitas hasta que S. Smale descubrió la siguiente función f (véase Figura 4), donde el espacio base es $\mathbb{R}^2$ y f transforma un rectángulo primero aplastándolo verticalmente, alargándolo horizontalmente y luego doblándolo (como en la Figura 4.1). Por esto se llama mapeo en herradura. Para este mapeo el conjunto Λ es un conjunto de Cantor (véase Figura 4.2) y es un fractal. Los conjuntos $\Lambda(f)$ son comúnmente llamados conjuntos atractores.

A partir de este ejemplo, y de algunos otros, se encontró que fenómenos como éste eran de lo más comunes, es decir que $\Lambda(f)$ no está constituido por órbitas periódicas ni cuasi-periódicas, en estos $\Lambda(f)$ se denomina atractor extraño y en general es un fractal. Un ejemplo de un atractor que es periódico se puede ver en la Figura 5.

Un atractor extraño puede ser construido de la siguiente manera: supongamos que B , el espacio base es como una "dona" llena y $f: B \rightarrow B$ la función que tiene como imagen $f(B)$, una "dona" más delgada dentro de B y que además le da dos vueltas alrededor, como en la Figura 6, así que $f(B)$ atraviesa cada disco transversal en dos pequeños discos. Similarmente $f(f(B))$ es una "dona" más larga y más delgada que le da cuatro vueltas alrededor a B , e intersecta cada disco transversal en cuatro pequeños discos y así sucesivamente.

En el límite, Λ intersecta cada disco transversal en un conjunto de Cantor por lo que Λ es localmente el producto de un arco por un conjunto de Cantor. Globalmente es lo que los matemáticos llaman un haz sobre el círculo, y tiene la

forma de un solenoide, en este caso es un atractor extraño.

Hay atractores que permanecen aún bajo pequeñas perturbaciones de f . Smale probó que un atractor es estable si f separa los puntos en Λ exponencialmente y en una vecindad de Λ , f tiene una dirección de contracción transversal. Estos atractores se denominan como hiperbólicos. Los ejemplos de la figura 4.1 y de la figura 6 son de este tipo. El hecho de que haya puntos que están muy cercanos al atractor y que con el tiempo se separan (exponencialmente), implica una dependencia sensitiva en las condiciones iniciales y da una apariencia caótica e impredecible al movimiento dando la estructura fractal del mismo. Hay un teorema³ que relaciona esta expansión con la dimensión fractal del atractor extraño, de manera que los atractores hiperbólicos (y por lo tanto estables) son en general fractales.

Otro tipo de atractor es el llamado atractor de Hénon⁴, donde Λ es el conjunto límite del mapeo $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$ dado por $f(x,y) = (y+1-ax^2, bx)$ donde $a = 1.4$ y $b = 0.3$. Hénon probó que Λ es atrayente y usó una computadora para demostrar que se ve como en la Figura 7. Para algunos valores de a y de b en estudios computacionales se ha visto que Λ se rompe en un número posiblemente infinito de atractores periódicos. Este atractor no satisface las propiedades de hiperbolicidad mencionadas anteriormente, y por eso hay otras defini-

ciones basadas en sus propiedades ergódicas pero que no veremos aquí.

El gran matemático René Thom atribuye a los atractores un significado básico como modelos en la ciencia. Dice: "Todo objeto o forma física puede ser representada por un atractor Λ de un sistema dinámico en el espacio base de variables internas"⁵.

Una rama de la Física de difícil análisis dinámico ha resultado ser la hidrodinámica; por ejemplo, el sistema $dx/dt = -10x + 10y$, $dy/dt = 28x - y - xz$, $dz/dt = -8z + xy$ que es un caso extremo de simplificación en hidrodinámica y que fue estudiado por E. Lorenz (1963). En estudios de geofísica, presenta una especie de caos y aunque todavía no se demuestra su comportamiento caótico, se le han encontrado atractores extraños⁶ que desde luego son fractales, los que se han analizado por la teoría de nudos⁷. Este problema está estrechamente relacionado con el análisis de los fenómenos de turbulencias.

Ruelle y Takens⁸ fueron los primeros en proponer atractores extraños para modelar turbulencias, porque según las teorías anteriores (como la de Kolmogorov-Landau-Lifschitz) en las sucesivas etapas de la turbulencia surgen atractores a lo más casi-periódicos, los cuales son altamente inestables y difíciles de observar, mientras que los atractores extraños hiperbólicos tienen la combinación paradójica de estabilidad y caos que es tan notable en las turbulencias⁹.

FIGURA 5

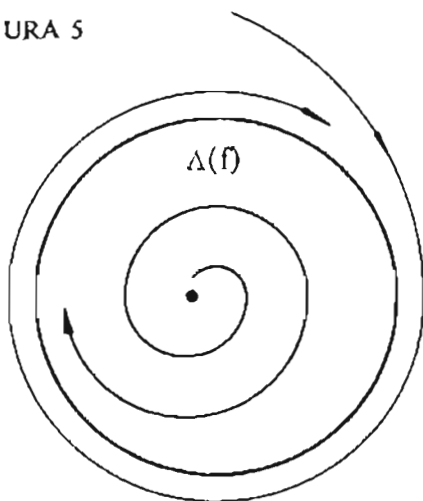
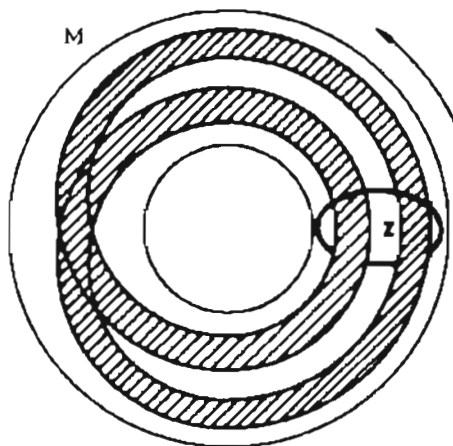


FIGURA 6



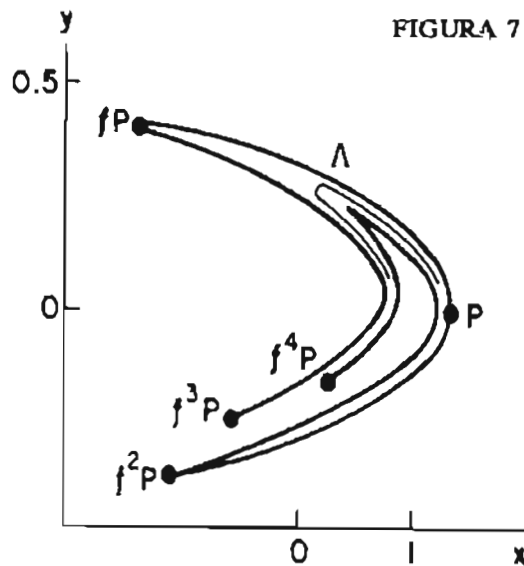


FIGURA 7

En la literatura matemática hay muchas construcciones geométrico-dinámicas de atractores extraños, por ejemplo, se construyen atractores hiperbólicos considerando acciones de espacios expansivos en otros espacios¹⁰.

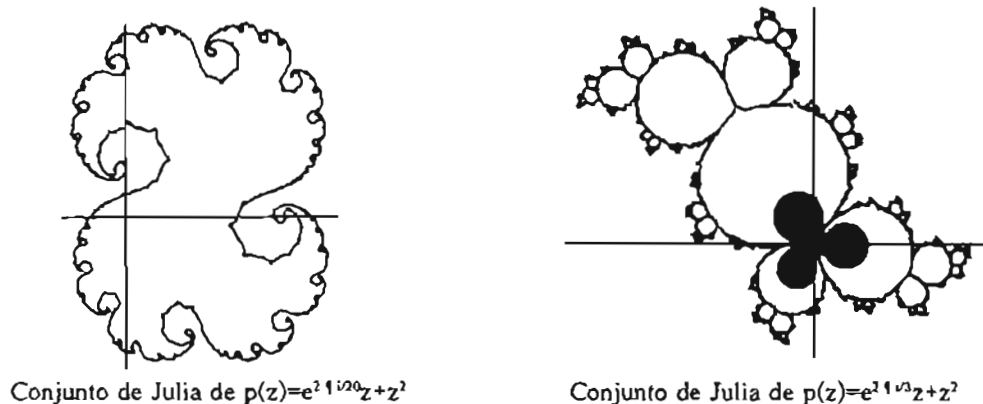
Más dinámica y fractales

Un tipo de dinámica que ha resultado ser fundamental y que envuelve muchos de los fenómenos conocidos y mencionados anteriormente, es la dinámica de las familias de funciones de la forma $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ definida como $f_\lambda(x) = x^2 + \lambda$; ésta es una familia universal en el sentido de que cualquier función cuadrática se reduce a ella. Conforme el

parámetro λ (un parámetro de control) se hace variar y empiezan a crearse cascadas de puntos 2^n para $n=1, 2, \dots$ (que se conoce como duplicación del periodo), sucede que Λ_λ es un atractor cada vez más complicado y que, para ciertos valores de λ , es un conjunto de Cantor. Cuando se hacen variar ciertos parámetros de control la dinámica de la función puede permanecer esencialmente igual o cambiar; cuando cambia se le llama bifurcación de la dinámica, y es lo que sucede en el proceso de la turbulencia, por lo que la familia f_λ (que es por otro lado de las familias más simples) encierra parte importante de este fenómeno¹¹.

Más completo resulta estudiar las familias $f: \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ donde $f_\lambda(z) = z^2 + \lambda$ y el espacio $\mathbb{C}$ son los números complejos. Gran parte de la historia del estudio de estas familias se remite igualmente a Newton, quien diseñó un algoritmo para encontrar raíces de polinomios. Un polinomio es una función de la forma $p_N(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ y se trata de encontrar para qué valores de x , el polinomio evaluado en esos valores vale cero; a partir de este polinomio, Newton construyó una nueva función que llamaremos $N_p(x)$ y que se define como $N_p(x) = x - p(x)/p'(x)$ donde $p'(x)$ es la primera derivada de $p(x)$. En nuestro lenguaje moderno de dinámica, los puntos fijos de $N_p(x)$ corresponden a las raíces de $p(x)$.

FIGURA 8

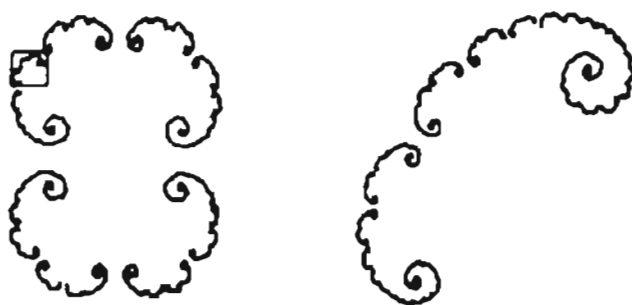


Conjunto de Julia de $p(z) = e^{i/20}z + z^2$

Conjunto de Julia de $p(z) = e^{i/3}z + z^2$

Representa al conjunto de puntos de valores iniciales donde el método de Newton falla, aplicado al polinomio $p(z) = z^3 - 1 = 0$, dando $N_p(z) = (2z^3 + 1)/3z^2$. Este conjunto se conoce como conjunto de Julia.

FIGURA 9



Estas figuras ilustran la naturaleza fractal, del conjunto de Julia, la de la derecha es una ampliación del recuadro marcado en la de la izquierda. Su dimensión fractal depende del parámetro λ .

En el siglo XIX, el matemático alemán Gauss demostró que todo polinomio que tiene los coeficientes $a_n, a_{n-1}, \dots, a_0$ en los números reales o en los complejos, tiene sus raíces precisamente dentro de los números complejos, así que la función de Newton N_p se extiende naturalmente dentro de los complejos y toma la forma

$$N_p(z) = z - \frac{p(z)}{p'(z)}$$

donde z es un número complejo.

Las funciones $N_p(z)$ son una clase particular de funciones llamadas fun-

ciones racionales que se definen como aquellas funciones que son cocientes de polinomios; o sea, $R(z)$ es función racional si $R(z) = p(z) / q(z)$ donde $p(z)$ y $q(z)$ son polinomios. A partir de principios del siglo XX, Fatou y Julia¹² hicieron el estudio dinámico de estas funciones (véase la figura 8). Posteriormente, durante la década 1979-1989, Duady, Hubbard, Sullivan, Thurston, Herman y otros matemáticos han hecho aportaciones muy relevantes sobre estas funciones¹³. Todo esto ha dado lugar a un conjunto de fractales que han resultado ser de gran belleza y de los cuales se incluyen algunos ejemplos (véanse las Figuras 9 y 10).

FIGURA 10



El Conjunto de Mandelbrot. A la derecha, una ampliación del cuadrado del conjunto de Mandelbrot.



Ampliaciones de otras zonas del Conjunto de Mandelbrot.



Referencias

¹ Smale, S. (Horseshoe), *Diffeomorphisms with many periodic points*. *Differential and Combinatorial Topology*, Princeton Univ. Press, Princeton N. Y., pp. 63-80.

² Mandelbrot, B., *The fractal geometry of Nature*, Freeman, 1982.

³ Kaplan, J. y Yorke, J., *Chaotic behavior of multidimensional difference Equations*, Lecture Notes in Mathematics., Springer-Verlag. 730, 1979.

⁴ Hénon, M., A two dimensional mapping with a strange attractor. *Communications in Mathematical Physics*, Vol. 50, 1976, pp. 419-448.

⁵ Thom, R., *Structural Stability and Morphogenesis*, Benjamin, New York, N.Y., 1972.

⁶ Guckenheimer, J., *A strange strange attractor*, Applied Mathematical Series 19, Springer-Verlag, Berlin, 1976, pp. 368-381.

⁷ Birman J. y Williams R., *Knot Holders*. Preprint.

⁸ Ruelle D. y Takens F., On the nature of turbulence, *Communications in Mathematical Physics*, Vol. 20, 1971, pp. 167-192 y Vol. 23, 1971, pp. 343-344.

⁹ Constantin P., Foias C., Temam R., *Attractors representing turbulent flows*, Memoirs of American Mathematical Society, Vol. 53, 1985, p. 314.

¹⁰ Sienra, G., *Geodesic Anosov Flows and strange attractors* (En preparación).

¹¹ Feigenbaum M. J., *Journal of statistical Physics*. 19, 1978 y *Communications in Mathematical Physics* Vol. 77, 1980, p. 65.

¹² Fatou P., *Sur les equations fonctionnelles*, Bulletin Société Mathématique, France, Vol. 47, 1919, pp. 161-2171; Vol. 48 1920, pp. 33-94; Vol. 48, 1920, pp. 208-314.

¹³ Blanchard P., *Complex analytic dynamics on the Riemann Sphere*, Bulletin of American Mathematical Society Vol. II, 1984, pp. 85-141.

UN ESPEJO DE HIELO*

Hugo Diego Blanco

Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

La intuición clínica de Hipócrates y las piadosas curaciones de San Damián también acompañaron a los misioneros en su largo viaje de Europa a China. La opulencia de la corte imperial sirvió de escenario para las discusiones entre los médicos orientales y los de la Compañía de Jesús; la enfermedad y Galeno, la muerte y Vesalio, el *Manual de pulsos* y las terapias de Wang Shu-Ho fueron temas que provocaron extensas conversaciones entre el padre Parrenin y Kangxi.

Los estudios del sinólogo Joseph Needham acerca de la medicina tradicional china, así como la proliferación de clínicas de acupuntura y de Tai Chi en las principales ciudades de Occidente han terminado por borrar el exotismo de las terapias orientales para convertirlas en algo naturalmente cercano a nosotros. Pero en el siglo XVIII las cosas funcionaban de manera distinta; las opiniones de los médicos europeos así como las relaciones enviadas por los jesuitas desde el otro lado de la Muralla China delinearon una sabiduría medicinal más cercana a la magia que a la ciencia.

En las *Cartas edificantes y curiosas...*** podemos leer algunas inusitadas descripciones de la medicina china. En una de aquellas cartas el padre Parrenin explicaba a un miembro de la Real Academia de Ciencias de Francia que los antiguos médicos del Imperio Amarillo conocieron la circulación de la

sangre y fundamentaban su habilidad en la fe en sus libros clásicos, así como en la evidencia producida por el movimiento del pulso. Los letrados cercanos a la corte comentaron a Parrenin que existía un libro canónico de medicina en donde aparecían secretos curativos explicados detalladamente, el libro en cuestión —dijeron— era muy difícil de conseguir y si se lograba encontrar resultaba imposible de entender para un europeo. Estas revelaciones de la correspondencia de Parrenin fueron tomadas con mucha reserva en Francia; para los médicos de París no resultaba claro el sentido de la palabra “conocer”, si los antiguos maestros chinos tuvieron una representación abstracta del movimiento de la sangre entonces —observaron los académicos europeos— no habría que tomar en serio sus indagaciones pues aquella intuición también podría atribuirse a los médicos griegos y latinos.

Los misioneros adoptados por el Imperio en la Ciudad Prohibida escuchaban las conversaciones de los médicos chinos y aunque no encontraban solidez en las palabras de los letrados se sorprendían al comprobar que los tratamientos aplicados devolvían la salud a los enfermos. El padre Bernard Rhodes —un jesuita médico formado en Francia— creía que los diagnósticos realizados a partir de la observación del pulso y algunas partes de la cabeza tuvieron relación con las teorías médicas de los antiguos maestros chinos pero que los practicantes de la medicina en la corte de los Qing únicamente conservaban el procedimiento mecánico de las terapias sin conocer sus fundamentos clínicos.

Ciertos capítulos del anecdotario de la medicina china relatados por los

* Capítulo del libro *Las esferas de la paciencia* que publicará la editorial Vuelta.

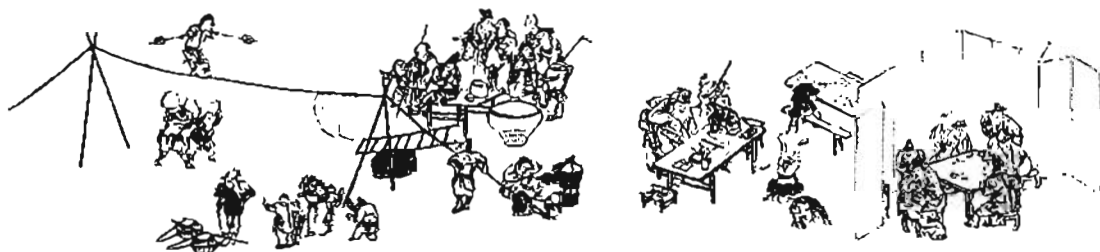
** *Cartas edificantes y curiosas escritas de las misiones extranjeras y del levante por algunos misioneros de la Compañía de Jesús*; Madrid, Imprenta del Supremo Consejo de la Inquisición y de la Reverenda Cámara Apostólica. Año 1753. XV tomos.

padres de la Compañía de Jesús muestran los imaginativos matices con los que algunos hombres del siglo XVIII conocieron la civilización oriental. En el año de 1690 la abuela del Emperador tuvo una enfermedad en los ojos reacia a los tratamientos oftálmicos chinos. Kangxi convocó a sus médicos y ordenó con particular severidad que pusieran a la disposición de la abuela emperatriz los medios necesarios para devolverle la vista. Como los médicos de la corte ya habían hecho uso de todos los remedios posibles, uno de ellos quiso salir del problema repitiendo un tratamiento recomendado por un viejo médico de provincia. "Hay que aplicar —comentó— la hiel de un elefante en los ojos de la abuela." Los médicos de la corte aprobaron la propuesta no tanto por estar seguros de la eficacia de aquella evaporada lección, sino fundamentalmente porque pensaron que el Emperador no la llevaría a cabo y así ellos estarían exentos de responsabilidad. Pero tal era el deseo de Kangxi de contemplar junto a su abuela la Colina de la Longevidad que dispuso inmediatamente la muerte de un elefante y la extracción de la bilis. El mandato imperial fue una flecha que dio en el blanco; cirujanos, mandarines, eunucos y otros curiosos presenciaron el sacrificio del elefante. En el momento en que el verdugo del paquidermo extrajo el hígado y no encontró la hiel un gemido oculto los heló, entonces otros médicos abrieron los intestinos y el estómago, registraron con ansiedad las entrañas del pobre elefante y la bilis nunca apareció. El médico responsable no atinaba a decir una frase coherente, estaba inerte y pálido por el miedo. Su recomendación sólo había servido para sacrificar a un elefante del Zoológico Imperial y presen-

gió con justificada razón un oscuro castigo.

Con temor y vergüenza los médicos se dirigieron al recinto imperial para relatar detalladamente a Kangxi los accidentes de su infructuosa búsqueda. La reacción del Emperador no se hizo esperar, visiblemente molesto se encaró ante sus informantes y los trató como unos ignorantes que no merecían el título de letrados. En medio de aquel ataque de cólera el Hijo del Cielo pidió la presencia de los Han Lin, es decir, los letrados más calificados de la corte. Estos mandarines tampoco acertaban a dar una explicación correcta a la inútil búsqueda de la hiel del elefante. Hablaban con términos insustanciales y abstractos porque temían comprometer su ignorancia en ese tema. Nadie supo cómo, de entre la confusión, apareció un joven bachiller. Aquel esbelto adolescente aseguró que el elefante sí tenía hiel, pero advirtió a los médicos de la corte que nunca la iban a encontrar mientras siguieran buscando cerca del hígado, explicó a los Han Lin y al Emperador una teoría según la cual la bilis se paseaba por el cuerpo del animal obedeciendo a las diferentes estaciones del año y después citó el libro y el autor en donde había aprendido lo que los médicos de la corte ignoraban.

Existía una morbosa expectación cuando se auscultó de nueva cuenta al desafortunado elefante. En el centro del salón se encontraban el joven bachiller y el paquidermo descuartizado rodeados de mandarines, médicos y eunucos. Fue más grande la agitación de los cortesanos que la espera, pues el bachiller localizó fácilmente la hiel. El Emperador recibió el anuncio del acontecimiento y elogió con emoción al inesperado estudiante al tiempo de convertirlo en



Han Lin sin ningún examen previo, meses después lo enviaron a una provincia como juez de los letrados y tres años más tarde Kangxi lo incorporó a su corte para hacerlo director de una Oficina Imperial.

El padre Parrenin conoció esta historia gracias a su amistad con dos viejos letrados quienes fueron testigos del incidente médico. Si el jesuita hubiera estado presente en la Ciudad Prohibida en aquellos años, seguramente habría hecho algunas preguntas al intempestivo Han Lin ya que tenía interés en conocer más detalles de la terapia y del libro de medicina. Uno de los amigos de Parrenin había leído en su juventud ese libro pero desafortunadamente no lo conservaba en su biblioteca y el otro letrado aseguró que lo podía pedir prestado a un Han Lin de su confianza. Cinco días después el amigo del jesuita cumplió con su promesa y llegó con el tomo XV de la *Historia general de las plantas y los animales*. El libro era en verdad una voluminosa antología formada por escritos de muchos médicos y botánicos; en el artículo sobre los elefantes se citaba a un antiguo maestro que escribió: "La hiel del elefante no reside en el hígado, pues tiene sus cuatro estaciones: en la primavera se encuentra en la mano izquierda, en el verano en la derecha, en el otoño en la pierna izquierda y en el invierno en la derecha". El carácter chino empleado en el libro designaba toda la pierna. Esta circunstancia inquietó al misionero, pues la poca precisión del ideograma le impedía conocer la parte definida de las extremidades donde se encontraba la hiel del paquidermo. Seguramente por esta razón Parrenin recomendó al director de la Real Academia de Ciencias que solicitara a los miembros que trabaja-

ban en África una información detallada sobre el asunto de la bilis de los elefantes, pues en aquellos lugares sacrificaban con frecuencia a decenas de esos animales.

Los chinos abrían el cuerpo de los animales para estudiar sus órganos y no practicaban la misma curiosidad en el cuerpo de las personas por poseer un desarrollado escrúpulo sobre la integridad del cuerpo humano. Los misioneros conocieron estas costumbres y aceptaron aquellos principios que formaban "un sentimiento bueno, el cual quizás ha conservado más vidas que las que hubiera sanado la anatomía". Al igual que el padre Parrenin, el jesuita Bernard Rhodes supo de las dificultades existentes para enseñar nuevos métodos a los médicos chinos. Como éstos estaban educados confucianamente en el amor filial y en el "natural horror que tiene el hecho de abrir y cortar el cuerpo de un hombre" los médicos asiáticos nunca aceptaron la importancia del estudio de la anatomía ni siquiera en los cadáveres.

Al finalizar el siglo XVII el padre Rhodes arribó a China; su habilidad de cirujano y sus amplios conocimientos de farmacia lograron la estimación del Emperador y los mandarines. Recibía en la casa jesuítica de Pekín a muchos enfermos desahuciados por los médicos chinos; un letrado le confesó al padre Rhodes que existía una gran diferencia entre los terapeutas europeos y los orientales. Según palabras del misionero, aquel erudito tártaro aseguraba que los médicos chinos mentían desvergonzadamente y además intentaban cualquier tratamiento sin importarles la gravedad de los enfermos, recetaban medicinas sin conocerlas y si alguien se atrevía a dudar de sus opiniones, entonces contestaban con un diluvio de palabras



inentendibles. La única habilidad de los médicos chinos —aseguraba el confidente del padre Rhodes— consistía en su rapidez para sacar dinero a sus pacientes antes de enviarlos a la otra vida. En las *Cartas edificantes y curiosas...* existe una imagen idealizada de los médicos europeos y sus características resultaban inmejorables; hablaban poco, prometían menos y hacían mucho. “Si decía que no había que temer podía confiarse en su palabra, pero si no hablaba y su semblante se entristecía entonces estaba haciendo un presagio mortal.”

La cercanía del médico misionero con el emperador Kangxi permitió a los demás jesuitas mostrar sin ninguna reserva las medicinas europeas. En una ocasión el Emperador fue atacado por una fiebre maligna y los médicos de la corte no podían encontrar remedio a la enfermedad, aceptaron las pastillas que los jesuitas recomendaron; se trataba del mismo medicamento que el rey Luis XIV regalaba a los franceses pobres. Las pastillas de quinina en un día quitaban la fiebre y los enfermos se podían levantar de su lecho en poco tiempo. Algunos mandarines ya las habían usado con buenos resultados, dándoles un nombre chino que traducido literalmente significa remedios divinos. En el momento en que Kangxi se agravó, los médicos de la corte optaron por la alternativa de administrarle la medicina europea y al llegar la noche la fiebre había desaparecido y el Emperador se sentía mejor.

Durante el tiempo que duraron las fiebres tercianas el Señor de los Diez Mil Años hizo publicar en todas las ciudades del Imperio un memorial en donde se asentaba que si alguien conocía una medicina contra aquella enfermedad lo hiciera saber, y de la misma manera se informaba a las personas enfermas del mismo mal, se acercaran al Palacio Imperial para ser curadas con los remedios que llegasen. Todos los días se presentaron ante las puertas de la Ciudad Prohibida decenas de curanderos asegurando poseer el remedio contra aquel mal. Un médico hizo sacar de un pozo un recipiente con agua fría, levanta-

to las manos y los ojos al cielo, presentó el agua al sol y luego la orientó a cada uno de los puntos cardinales, hizo cien genuflexiones y después dio el agua a un enfermo que impaciente esperaba de rodillas su remedio, pero como la medicina no hizo efecto alguno, aquel bonzo fue considerado un embustero.

La imagen europea de la medicina china no se distinguía de la que poseían de la ciencia y la cultura oriental. No es extraño, en consecuencia, que un antiguo proverbio del Imperio Amarillo dijera: “Los chinos tienen dos ojos, los europeos uno y los demás pueblos de la tierra son ciegos”, y fuera escuchado con ironía e incredulidad por los académicos franceses. Lugar común entre las personas ilustradas del siglo XVIII había sido admirar la antigüedad de China, la estabilidad de su gobierno, el amor al trabajo, la docilidad del pueblo, el espíritu de orden y la fidelidad a sus costumbres, aunque poseían enormes dudas sobre las capacidades intelectuales de la civilización oriental. Todavía en el siglo XIX se acostumbraba elogiar las habilidades artesanales de los chinos y menospreciar sus capacidades científicas. El Conde de Segur, en la *Historia universal antigua y moderna*, explicaba la inhabilidad teórica de los pensadores del Imperio Celeste en los siguientes términos:

En cuanto a la civilización intelectual, basta decir que su escritura es jeroglífica y no alfabética. Por consiguiente, consta de tantos signos como palabras hay en el idioma o como ideas hay en los entendimientos, y así el arte de la lectura y la escritura es tan difícil, que hay muy pocos chinos que la posean perfectamente y será más difícil a proporción que se aumenten los conocimientos y sus signos. Los filósofos de China emplean toda su vida en este estudio y poco tiempo puede quedarles para adelantar en aquellas ciencias que requieren un trabajo constante y una contención de espíritu.

El escritor francés Dortous de Mairan, quien publicó el *Tratado físico e histórico de la aurora boreal*, mantuvo una larga relación epistolar con el padre Parrenin y en una de las cartas comentó

al misionero que le parecía extraño el “ingenio de los chinos”, pues en algunas cuestiones era agudo y “tan inferior en lo que se llaman ciencias especulativas. Según sus historias antiguas —continúa Mairan— cultivan estas ciencias hace más de cuatro mil años pero no han creado algún genio importante”. A los escritores europeos, como Fontanelle y Mairan, lectores de las crónicas chinas, les asombraba la profunda ignorancia geográfica de los orientales, no concebían cómo un culto letrado pudiera señalar con el índice, ante un mapamundi desplegado sobre su mesa, que el Imperio Amarillo ocupaba el territorio de toda Asia y Europa así como una parte de África, y en América se encontraran los demás países del mundo; también les llamó la atención que jesuitas como Ricci, Schall y Verbiest hubieran sido los responsables de la reforma del calendario imperial ya que aquella tarea había sido observada durante siglos como una de las más importantes del Imperio. Un pueblo infinito y poderoso —razonaban los académicos franceses— aplicado desde tiempo inmemorial en el estudio de la ciencia y que no pudo dar con seguridad los primeros pasos es sospechoso de ignorancia. Con esta lógica Dortous de Mairan concluyó que de todos los pueblos conocidos los chinos eran “los menos dispuestos y proporcionados para las ciencias; tan incapaces de perfeccionar como de inventar”. No podía ser otra la impresión sobre la cultura china ya que las relaciones sobre el Oriente, desde Marco Polo hasta los jesuitas, fueron consideradas más como ejercicios de fabulistas que de etnógrafos y, efectivamente, eso parecen algunos episodios de la vida de los misioneros en el Imperio Amarillo.

El padre Parrenin escribió en una de las *Cartas edificantes y curiosas...* sus recuerdos de un encuentro con algunos mandarines y la discusión llevada a cabo sobre los estados químicos del agua en el transcurso de un viaje que hicieron con el Emperador por los territorios en donde se practicaba la caza del tigre. Durante aquel invierno el padre Parre-

nin intentó convencer a dos ministros del Imperio y a diez Han Lin de la posibilidad de congelar el agua caliente aunque estuviera cerca del fuego. Aquel singular propósito surgió de las conversaciones que los acompañantes de Kangxi mantuvieron en torno a la congelación de los líquidos en el invierno. Los mandarines explicaban ese efecto de la naturaleza de la misma manera que los filósofos latinos hablaban de cualidades ocultas y términos equivalentes. El misionero se ufanaba de conocer la naturaleza del agua, sus partes integrantes “su figura y el aire mezclado en los espacios que ocupan las partículas en movimiento”. Parrenin aseguró a los letrados: para congelar el agua “basta descomponerla”, es decir —y según sus palabras—; extraer de ella las partes más sutiles que impedían la unión de los otros elementos y así introducir partículas capaces de detener su movimiento.



El jesuita Juan Adam Schall (Siglo XVII)

斗
 田
 出
 筵
 豆
 目
 斤
 戲
 瓦
 盆

Siguió a la disertación de Parrenin un comentario de un Han Lin; "Me gustaría saber —señaló con ironía— ¿con qué instrumentos se podría trabajar sobre unas partes tan pequeñas que escapan a nuestra vista?". Sin la intención de ser desafiante, el jesuita se lamentó por la incredulidad del letrado, pues sólo creía en lo que "ven los ojos", por esa razón acordaron el lugar y la hora donde se realizaría un experimento para borrar las dudas que guardaban los mandarines. La cita fue fijada en la noche porque durante el día ninguno de los que ahí estaban era dueño de su tiempo, pues podían ser llamados por el Emperador en cualquier momento. La voluntad de Kangxi, sin saberlo, también intervino en esta heterodoxa discusión; la noche señalada para la reunión el Hijo del Cielo mandó abrir la barrera que cerraba el campo imperial y envió a un eunuco a la tienda de Parrenin con la orden de presentarse acompañado de un médico. Este incidente hizo que el padre Parrenin faltara a la cita y aunque no era difícil enviar un recado a los mandarines para advertirles el motivo de su ausencia prefirió jugar con la soberbia de los letrados y mantenerlos en la duda. Éstos, por su parte, al ver que el jesuita no daba señales de vida, enviaron a un sirviente a buscarlo y grande fue su sorpresa cuando se enteraron que Parrenin había salido de su tienda desde antes de caer la noche. La reacción de los mandarines era de esperarse, pensaron que el misionero, por hablar de más, prefirió esconderse antes de pasar la vergüenza de no poder demostrar sus insensatas afirmaciones. Uno de los Han Lin perdió la paciencia y recriminó a sus acompañantes por creer que un extranjero pudiera saber más que ellos: "Señores —dijo subiendo el tono de voz— ¿hasta cuándo os dejaréis engañar por un hombre que no satisfecho con haberos entretenido sobre la religión con discursos frívolos y desnudos de pruebas sensibles, quiere también engañaros en las cosas naturales con explicaciones sin fundamento inventadas por su fantasía? ¿Qué se dirá de nosotros —agregó aún más enfadado— si se sabe

que ha reunido aquí a tantos letrados para oír sus fábulas?" Al terminar de decir esto, el mandarín se levantó violentamente para abandonar el lugar y el resto de los letrados, más moderados, se retiraron después sin mostrar mayor incomodidad.

Al día siguiente el padre Parrenin se encontró con los mandarines que seguían al Emperador en el círculo de la caza del tigre. Uno de ellos, que era amigo del misionero, relató lo sucedido por su ausencia, también le dijo que sentía mucho no haberlo prevenido a tiempo para abandonar una empresa superior a las fuerzas humanas, pues intentar congelar el agua cerca del fuego "era violentar a la naturaleza". El misionero se acercó a los mandarines para disculparse y explicarles el motivo de su ausencia. Por cortesía los mandarines no respondieron con sinceridad y por su manera de hablar dieron a entender al jesuita que liberaban su palabra empeñada y que para otra vez sería. "Será —contestó Parrenin— si lo queréis esta misma noche." Como ese día ya no tenía que cumplir ninguna obligación con el Emperador, dijo que a buena hora estaría en el lugar acordado. Efectivamente el misionero fue el primero en llegar, pues los Han Lin sólo pueden retirarse del recinto imperial en el momento en que se cierra. Después de los saludos acostumbrados, cada uno tomó su lugar sobre los cojines de seda y formaron un círculo alrededor de un enorme brasero que había en medio de la gran tienda, cuyos accesos estaban casi cerrados para que aumentara el calor. Los mandarines optaron por comentar cuestiones indiferentes por pensar que el jesuita se encontraba ahí para excusarse o para divertirse a costa de quienes tuvieron la debilidad de creerle.

En el momento en que Parrenin observó a los Han Lin deshacerse de sus bonetes y pieles cebellinas, estimó que el calor del recinto era suficiente. "Ea Señores —dijo frotándose las manos— creo que necesitaremos beber un poco de nieve. ¿Queréis que la tenga lista a buena hora?" La propuesta del jesuita fue escuchada por los letrados con risas

pues la tomaron como una broma, acto seguido el Han Lin que era amigo del misionero le preguntó si hablaba en serio y éste respondió: “¿Cómo me atrevería a hablar de otra manera delante de un grupo tan respetable? Mandad a vuestros sirvientes que me traigan una taza de plata llena de nieve y otro recipiente con agua y os haré ver que nada he dicho que no pueda ejecutar”. La orden de Parrenin fue obedecida al instante, pues desde el momento de entrar en el lugar de reunión había prevenido a los sirvientes acerca de las cosas necesarias. La taza de plata cubierta de nieve y el otro recipiente con agua tibia despertó la atención de los mandarines. Como los buenos magos, el jesuita quería efectuar un truco sin que los espectadores lo notaran; era necesario, para realizar felizmente su propósito, mezclar en el agua tibia el nitro escondido entre sus ropas. Astutamente encontró un pretexto; dijo que las lámparas del recinto estaban demasiado cerca de él y le impedían ver bien. El Han Lin que ocupaba aquella tienda ordenó a sus sirvientes colocaran las lámparas en otra parte y aprovechando ese movimiento el misionero puso el nitro en el agua. Inmediatamente acercó al brasero la taza con nieve y la escudilla con agua y haciendo como que le costaba trabajo sostener los dos objetos invitó al mandarín más incrédulo a detener el recipiente con agua mientras él cogía la taza de plata. El mandarín aceptó la invitación de buena gana pues de esa manera tendría la oportunidad de examinar la operación. El calor producido por el brasero cobró cara la curiosidad del letrado, aunque éste soportó estoicamente y nunca se quejó. Los otros Han Lin reían a carcajadas viendo cómo se derretía la nieve que el jesuita meneaba con el dedo y no se imaginaban que el agua del recipiente más próximo al fuego pudiera congelarse.

El experimento concluyó porque el

mandarín incrédulo no podía soportar más tiempo el calor: “Vuestra ayuda ya es inútil —dijo Parrenin— podéis soltar el recipiente”. En efecto el letrado lo soltó para retirarse apresuradamente. Los mandarines se extrañaron al observar que el recipiente con el agua tibia colgaba de la taza de plata. Movidos por la curiosidad se acercaron para tocar el hielo con sus dedos, cogieron los dos objetos pegados sin importarles que sus vestidos de seda fueran mojados por la nieve derretida. “Esperen señores, —afirmó Parrenin con evidente orgullo— voy a satisfaceros de modo que no os quede la menor duda.” Entonces acercó la escudilla con agua congelada al brasero, la colocó boca abajo y pudo verse sobre la palma de su mano un plato de hielo transparente. Los letrados

se acercaron nerviosamente para tocarlo y el mandarín incrédulo, no confiándose de su vista ni de su tacto, rompió la pieza de hielo para comerse un pedazo, suponiendo que el sentido del gusto sería el más fiel testigo de la verdad del experimento.

El hecho de que los mandarines cercanos a los jesuitas no conocieran ciertos experimentos, hizo pensar a los académicos

franceses del siglo XVIII que los orientales eran ineptos para la ciencia, pero en los estudios contemporáneos sobre la historia de la ciencia en China podemos encontrar revelaciones como las de Stephen F. Mason, que hablan de las mediciones ecuatoriales realizadas por los letrados antes de que Tycho Brahe criticara en Europa el método griego de las coordenadas eclípticas. Como dato curioso, es necesario señalar que los jesuitas convencieron a los astrónomos chinos para que abandonaran las mediciones ecuatoriales justo en el momento en que en Occidente se adoptaba aquel método y los indujeron así, a dar un paso atrás y no adelante. Pero es en la obra de Joseph Needham en donde



encontramos una avasalladora información sobre la tradición científica del Imperio Medio. En sus libros *La gran titulación* y *De la ciencia y la tecnología chinas* se puede leer que el científico Chang Heng construyó el primer sismógrafo en el año 130 a.C., y que el desarrollo de la tecnología del hierro y del acero “alcanzó una gran maestría quince siglos antes que en Europa”. La aparición de las armas de fuego tuvo lugar en el siglo IX de nuestra era, los puentes de suspensión se construían desde el siglo VI y los estudios sobre óptica nunca encontraron “el obstáculo que significó la absurda idea griega de que los rayos eran enviados por el ojo”. Dice Needham que el pensamiento chino fue siempre algebráico y no geométrico; durante las épocas Sung y Yuan “la escuela china estaba a la cabeza del resto del mundo en la solución de ecuaciones, de tal manera que el llamado triángulo de Pascal era ya viejo en China al comenzar el siglo XIV”. Después de leer estos capítulos de la sinología contemporánea, no es insensato hacer unas preguntas: ¿alguien podría explicar por qué el espíritu de la tradición científica de Asia Oriental no volvió a adelantar al de Europa Occidental? ¿Newton pudo haber vestido el traje púrpura de los letrados? Mientras los especialistas nos dan la



Mateo Ricci

respuesta regresemos a las *Cartas edificantes y curiosas...* para conocer la opinión de los jesuitas: “Vuestra merced se extraña —escribe Parrenin a Dourtous de Mairan— que los chinos hayan cultivado por tantos siglos lo que llamamos ciencias especulativas y no se produjera un sólo científico que las estudiara a fondo”. Aunque el misionero compartía la opinión del escritor francés, no explicaba el hecho de la misma manera; el jesuita no pensaba que le faltara a los chinos capacidad ni inteligencia, pues era testigo de otras habilidades que “no exigen menos genio ni concentración como la astronomía y la geometría”.

Una de las causas que a juicio de Parrenin detenían el progreso de las ciencias en China se encontraba en la historia de un Imperio en donde se castigaba severamente la negligencia de los matemáticos pero no recompensaba sus aciertos. El misionero aseguró que los astrónomos vivían, en su mayoría, en la pobreza y que la mayor esperanza de quienes gastaban su vida trabajando en la Oficina Imperial de Astronomía residía en la posibilidad de ocupar los empleos que garantizaran una subsistencia mediana. Los matemáticos dependían de la Oficina Imperial de Ceremonias y su secretario no era de los nueve Han Lin que se reunían a deliberar sobre los asuntos más importantes del Estado. “En pocas palabras —aclara Parrenin— como el astrónomo no tiene nada que observar en la Tierra tampoco tiene nada que esperar de ella.”

A la pobreza de los astrónomos habría que agregar la permanencia de los métodos tradicionales; si el responsable de la Oficina Imperial de Astronomía perfeccionaba sus observaciones e intentaba reformar los métodos de investigación, los demás miembros de la academia rechazarían aquellas ideas. “¿Para qué inventamos nuevos problemas —dirían— exponiéndonos a cometer errores que infaliblemente serán castigados con la privación de nuestros sueldos por uno o dos años?” Este tipo de actitudes eran la causa —según señala el jesuita— de que en el Observatorio de Pekín no se utilizaran los telescopios, ni

los péndulos europeos. Para los chinos la intervención de Kangxi fue definitiva y suponían que no había más por hacer pues se había llegado a la perfección. A pesar de que Kangxi realizó reformas al calendario, colocó en el Observatorio Imperial excelentes instrumentos de observación fabricados por los más hábiles artífices occidentales y sabía mejor que cualquier chino que el telescopio y el péndulo eran imprescindibles para efectuar estudios exactos, nunca ordenó a sus matemáticos que los utilizaran. No es difícil imaginar que fueron los mismos astrónomos quienes se opusieron a la introducción de nuevos métodos alegando el apego a las tradiciones. “Es de temer —auguraba Parrenin— que en otra dinastía los antiguos instrumentos ahora rechazados por Kangxi sean reproducidos con orgullo y que los modernos telescopios que ahora ocupan tan últimamente su lugar sean enviados a la fundición para acabar con su memoria”.

Los misioneros jesuitas en China ensayaron muchas respuestas ante las preguntas de los académicos franceses sobre el atraso de la ciencia en el Imperio Amarillo. También imaginaron una utopía piadosa y racionalista en donde alguna interminable dinastía recompensara a los matemáticos, entregara instrumentos y estimulara los viajes científicos. De la misma manera sería necesario —razonaban los misioneros— que los astrónomos estuvieran protegidos de las oficinas imperiales dirigidas por neófitos que no sabrían distinguir si un error provenía de la ignorancia, la negligencia o “de los defectos de las tablas y principios que les son señalados para calcular”.

El atraso científico de China también fue relacionado con la inexistencia de un imperio vecino cuyos pensadores estuvieran apasionados en el estudio de los astros y los números y que, además, corrigieran los errores de cálculo de los matemáticos chinos. Corea y Japón eran consideradas como dos provincias pobres que no podían enseñar nada a los

letrados; en todo caso, y si los mandarines apreciaran que sus vecinos intentaban corregir el calendario imperial, no es difícil imaginar que los chinos hubieran tomado la resolución de conquistar aquel reino para silenciarlo: “Por lo menos —asegura Parrenin— no sería la primera vez que los chinos hicieran la guerra por un almanaque”.

En la China imperial el estudio de la astronomía no constituía el camino más corto hacia la riqueza y el poder. El camino real para los grandes puestos en la corte imperial pasaba por el estudio de los libros canónicos, de la historia de los emperadores, las leyes y la moral de Confucio. Quien aprendía a escribir con ideogramas elegantes y un lenguaje apropiado tenía mayores posibilidades de conseguir el grado que lo colocara muy cerca de la vida próspera. Los doctores enviados por el Emperador a las provincias gozaban de muchos privilegios y de la amistad del gobernador y los mandarines. Los jesuitas describen en sus cartas una imagen de los letrados que no corresponde a la figura mítica de los sabios ancianos: “No se ha de creer, como muchos lo han imaginado, que para obtener este grado tienen que envejecer frente a los libros”. Por lo común los participantes en los exámenes imperiales, que cada tres años tenían lugar en la Ciudad Prohibida, no contaban con más de treinta años. Era posible que jóvenes destacados llegaran al grado de Han Lin antes de cumplir los veinte años.

La inteligencia y el bienestar no siempre caminan por el mismo sendero y pueden dirigirse a destinos antagónicos. Aunque tal vez, a la larga, la ciencia oriental y la occidental tenían que encontrarse en la inhóspita ruta del mundo de la técnica y olvidar la utópica perseverancia del espíritu. Lo cierto es que en el siglo XVIII todavía un misionero francés podía advertirnos que los chinos: “no creen que deba uno violentarse ni coartar el espíritu en cosas meramente especulativas que no puedan hacernos ni más felices ni más tranquilos...”.

MODELOS DEL ENLACE QUÍMICO*

José Antonio Chamizo G

Departamento de Química Inorgánica
Facultad de Química, UNAM

En este trabajo se expone, brevemente, el desarrollo de los diferentes modelos de enlace químico que se han elaborado en los últimos doscientos años. Se insiste además en cómo el desconocimiento de esta evolución histórica nos ha llevado a confusiones y a interpretaciones equivocadas acerca de la estructura química de la materia.

El enlace químico

Como resultado de los trabajos de Newton, la mecánica y la fuerza de gravedad entraron de lleno en el mundo de la química, y no es extraño encontrar que una de las primeras explicaciones del enlace químico, dada por T. Bergman y C.L. Berthollet a finales del siglo XVIII, propusiera a la fuerza de gravedad como la principal responsable del mismo. Sin embargo, inmediatamente surgió un problema irresoluble, ya que este modelo no podía explicar la gran estabilidad del agua al calentamiento comparada con la del óxido de mercurio, el cual, por ser más pesado, debería ser más estable.

Se necesitaba otro tipo de fuerza para explicar el enlace químico, la cual se encontró casi inmediatamente, ya que los experimentos con la electricidad estaban en ese momento dando resultados espectaculares, uno de los cuales, la descomposición electrolítica del agua en hidrógeno y oxígeno, realizado por W. Nicholson y A. Carlisle a principios del siglo XIX, indicó la naturaleza eléctrica del enlace. El químico sueco J.J. Berzelius extendió esta idea y llegó a identificar a la electricidad como el *primum movens* de todos los procesos químicos, elaborando una rudimentaria tabla de electronegatividad en la que identificaba a unos átomos como posi-

tivos (el potasio por ejemplo) y a otros como negativos (el oxígeno). La afinidad química y, por lo tanto, la formación de un enlace era debida a la atracción y neutralización de cargas opuestas¹.

El prestigio de Berzelius era tal que sus ideas se aceptaron en casi toda Europa, no obstante años más tarde, cuando los experimentos de A. Laurent sobre la sustitución de hidrógeno por halógenos en compuestos aromáticos no pudieron ser explicados por este modelo, la idea de la naturaleza eléctrica del enlace se perdió en lo que desde ese tiempo se llamaría química orgánica. En esta área se dió el siguiente salto, pasando de la teoría de los radicales a la de los tipos y, finalmente, al concepto de valencia propuesto por E. Frankland en 1852 como resultado de sus investigaciones en compuestos organo-metálicos. La idea de la valencia alcanzó con los trabajos de F. Kekulé, A. M. Butlerov y J. H. Van't Hoff un cuerpo de teoría el cual podía "explicar" muchos de los resultados experimentales de ese momento, propiciando con ello un desarrollo extraordinario. Sin embargo, el concepto de valencia no indica necesariamente el por qué del enlace².

Fuera del campo de la química orgánica se dieron, hacia finales del siglo pasado, varios descubrimientos que cambiarían totalmente la concepción que se tenía del átomo y posteriormente del enlace. Algunos de ellos son:

* Presentado en Mayo de 1987

- Los trabajos de S. Arrhenius sobre la conductividad y la disociación iónica.

- El descubrimiento del electrón por J.J. Thomson.

- El descubrimiento de los gases nobles y la verificación de su carencia de reactividad.

- La Teoría de Coordinación de A. Werner.

- El nacimiento de la mecánica cuántica como resultado de los trabajos de M. Planck.

Así, a principios de este siglo se caracterizaban químicamente tres tipos de sustancias, las cuales requerían aparentemente un tipo particular de enlace³:

- Los electrolitos como las sales inorgánicas, cuyo enlace podía ser del tipo propuesto por Berzelius.

- Los no electrolitos con valencia constante, como es el caso de los compuestos orgánicos.

- Los compuestos moleculares, que no tienen valencia constante y pueden conducir la corriente eléctrica en solución, como por ejemplo los compuestos de coordinación.

Es hasta 1916 cuando se reúnen en dos modelos de enlace distintos los resultados de los descubrimientos del siglo anterior, y se intenta de nuevo explicar el enlace para estos tres tipos de sustancias.

G. N. Lewis, químico de la Universidad de Berkley (EU) concluyó de su modelo del átomo cúbico, que es a partir de un par de electrones que se comparten, como se pueden explicar las características de las sustancias antes mencionadas, siendo la diferencia entre ellas función del grado en el que se comparten estos electrones. Propuso además, que es la adquisición de la configuración electrónica de los gases nobles lo que da estabilidad a los compuestos químicos⁴.

Por otro lado, el físico alemán W. Kossel sugirió en el mismo año que el enlace es de tipo electrostático, resultado de la carga que adquieran los átomos para alcanzar la configuración de gas noble. Así por ejemplo, el tetracloruro de carbono estaría formado por los iones Cl^- y C^{4+} y, a diferencia del modelo de

Berzelius, no se requiere neutralidad eléctrica en las especies finales, por lo cual se podían obtener iones tales como el $[\text{AlF}_6]^{3-}$.

Tres años después I. Langmuir reúne ambos modelos en uno sólo y establece que hay dos tipos de enlace diferentes, el covalente y el electrovalente (acuñando él mismo estos términos). Enunció también la ley del octeto, e introdujo el concepto de carga formal e isosterismo. Con todo esto, logra explicar gran número de propiedades químicas y físicas de los tres tipos de sustancias que mencionamos anteriormente, en particular, las de los compuestos orgánicos⁵.

La aceptación y, por lo tanto, la influencia de este trabajo en la evolución de los modelos sobre el enlace químico es notable, ya que prácticamente toda la comunidad química se pronunció a su favor. Como podemos ver en la Tabla I, la cantidad de trabajos que se publicaron al respecto es muy grande y el decremento de los mismos hacia 1927 se debe, básicamente, a que ya formaba parte del cuerpo teórico de la química, y no necesitaba entonces más discusión.

N. V. Sidgwick propagó aún más el modelo de Langmuir sobre los dos tipos diferentes de enlace en su conocido libro *The Electronic Theory of Valency* empleando, como un ejemplo de la diferencia entre estos tipos de enlace la

TABLA I
Artículos publicados sobre el modelo de Lewis-Langmuir de 1918 a 1927⁶.

	Inglaterra	EU	Alemania	Otros	Total
1918	-	-	2	2	4
1919	-	5	2	-	7
1920	9	4	4	-	17
1921	3	7	1	1	12
1922	10	8	1	1	20
1923	29	2	3	3	37
1924	10	5	-	1	16
1925	1	4	-	1	6
1926	-	1	2	1	4
1927	-	1	-	1	2
Total	62	37	15	11	125

discontinuidad de los valores de los puntos de fusión de varios fluoruros (véase Tabla II)

Sidgwick identificaba altos puntos de fusión con enlaces iónicos (electrovalentes) y bajos puntos de fusión con enlaces covalentes. Es irónico el hecho de que Kossel, siete años antes, en 1920, había planteado esta misma serie y, más aún, la explicó empleando únicamente su modelo electrostático.

De igual manera, podríamos decir que los parámetros que generalmente se utilizan para clasificar a los compuestos químicos según su "tipo" de enlace, como son la disociación iónica, su punto de fusión y su energía y distancia de enlace, no están determinando básica y únicamente la naturaleza del enlace, sino más bien, otro tipo de fenómenos, y lo que resulta aún más importante es que diversos modelos de enlace pueden describir las mismas propiedades⁷.

Otra suerte corrió el modelo de Kossel recogido por varios físicos europeos como M. Born, F. Haber, A. Landé, E. Madelung y H. Bethe quienes, en los años veinte, lo emplearon en cálculos que van desde el análisis de la energía de la red cristalina en un sólido, hasta el desdoblamiento de orbitales en un elemento de transición por efecto del campo cristalino. En todos estos trabajos se manifiesta, básicamente, la utilidad del modelo para describir compuestos iónicos. Su extensión, gracias a las aportaciones de K. Fajans, en el sentido de indicar cómo este modelo podía explicar características "covalentes" no logró convencer a la mayoría de los químicos, para los cuales las ideas de Langmuir y Sidgwick eran más convincentes. Sin embargo, al aceptar el modelo de Langmuir y Sidgwick surgieron varios tipos de problemas, uno

de los cuales, el de identificar el origen de los electrones en la molécula, llevó a Lewis a discrepar de Langmuir, ya que él insistía en que el factor más importante del enlace químico era el grado de compartición de los electrones, independientemente de dónde vinieran (Tabla III). No obstante, el modelo de Langmuir sobre covalencia y electrovalencia terminó imponiéndose y actualmente todavía pensamos en el enlace químico de esta manera.

Tal vez el evento más importante en la historia de la química del siglo XX, es la unificación teórica de la física y la química cuando, en 1927, la mecánica

TABLA III
Nombres con los que se designó
al enlace A:B entre 1923 y 1933

1923	T. Lowry	Enlace mixto doble
1925	S. Sudgen	Enlace doble semipolar
	Palmer	Enlace co-iónico
1933	W.A. Noyes	Enlace semi-iónico

cuántica se emplea por primera vez para estudiar el enlace químico. Antes de esta unificación, Langmuir escribía en torno a los modelos físicos del átomo lo siguiente: "El problema de la estructura de los átomos ha sido estudiado principalmente por los físicos, quienes consideran de manera muy pobre las propiedades químicas, las que en última instancia deben ser explicadas por una teoría de la estructura atómica. La gran cantidad de conocimientos que sobre las propiedades químicas se tienen y las relaciones como las que resume la tabla periódica, deben emplearse como un mejor fundamento para la teoría de la estructura atómica, que los relativamente escasos datos experimentales obtenidos con ideas físicas".

Este párrafo, tomado de un trabajo publicado en 1919 indica en qué concepto tenía Langmuir el modelo atómico de Bohr⁸. Sin embargo, los trabajos de W. Heitler y F. London cambiaron esta idea, y es a partir de la descripción mecánica cuántica del átomo como se generaron dos modelos de enlace. En el

TABLA II
Punto de fusión (°C)
de los fluoruros del tercer período

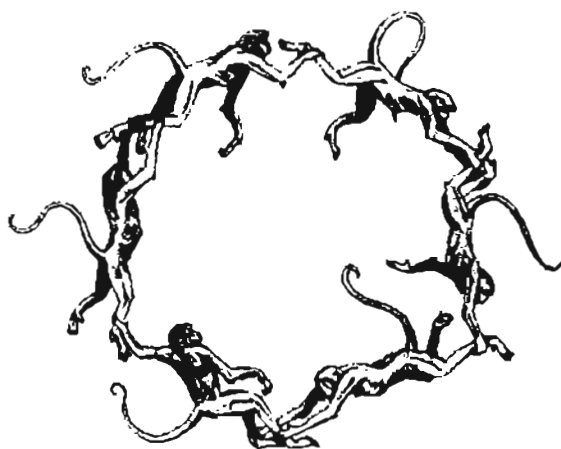
NaF	MgF ₂	AlF ₃	SiF ₄	PF ₃	SF ₆
988	1266	1291	-90	-94	-50

primero de ellos, precisamente el que fue desarrollado por Heitler y London conocido como modelo de unión valencia (MUV), la función de onda es construida de manera que la separación de los átomos y la localización de los orbitales es enfatizada; en el segundo, los elementos se sitúan en orbitales deslocalizados sobre toda la molécula, por lo que el nombre de este modelo es el de orbitales moleculares (MOM) y fue desarrollado por R. S. Mulliken en los años treinta.

Es importante aclarar que ambos modelos, a pesar de partir de puntos de vista diferentes, llegan al mismo resultado final, siempre y cuando, a las funciones de onda empleadas se les adicione un número extra de términos.

Empleando estos dos modelos se pueden describir los diversos "tipos" de enlace (covalente, iónico, metálico, de hidrógeno), utilizando además varias clases de "fuerzas" como son las dipolo-dipolo, de dispersión, de Van der Waals, etcétera. Toda esta variedad de enlaces es resultado de una discontinuidad en nuestros modelos, y no reflejan necesariamente una discontinuidad real en las fuerzas involucradas en las interacciones. Esto es, el tipo de fuerzas de las que hemos hablado, así como por ejemplo, la energía de resonancia, son únicamente aproximaciones matemáticas, y no corresponden a una realidad física.

La energía total de un sistema atómico, como la de cualquier otro, es básicamente cinética y potencial (esta última, de naturaleza electrostática), requiriendo además correcciones relativistas cuando los átomos son pesados⁹. Sin embargo en estos sistemas se presenta un tipo de interacción no eléctrica, que no tiene un equivalente clásico, resultado de determinadas características de simetría del electrón y que corresponde a la correlación espín-espín. Esta interacción permite que dos electrones, con espines contrarios, puedan ocupar regiones del espacio cercanos sin que los separe la fuerza de repulsión eléctrica resultante de sus cargas iguales. No obstante, si los espines son iguales, la



separación entre ellos será máxima según el principio de exclusión de Pauli.

Llegamos a un punto en el que podemos reunir todo lo dicho anteriormente y enfrentar de nuevo el problema del enlace químico. Considerando el principio de exclusión de Pauli, se puede construir una función de onda que aproxime el estado basal del sistema; ésta correspondería según el modelo de orbitales moleculares (MOM), a la función de onda que mejor describiría al sistema basal ya que, además de considerar la configuración basal, contiene las demás configuraciones que representarían estados excitados del mismo.

La complejidad de estos modelos rebasa los aspectos históricos que se pretenden discutir aquí, por lo que a los lectores interesados les sugiero remitirse a la referencia 1.

Si la construcción de las funciones de onda se hace lo más exacta que sea posible, se puede clasificar a las especies químicas con base en la descripción de su enlace (Tabla IV).

Es posible actualmente describir cualquier sistema atómico en cualquier estado de agregación, por lo que volvemos a ver los llamados enlaces covalente e iónico, los cuales no son diferentes tipos de enlace, sino más bien corresponden a modelos diferentes.

La solución de las ecuaciones para el modelo de orbitales moleculares se ha alcanzado para sistemas muy pequeños, siendo ésta su más importante

limitación. Sin embargo, allí está la mejor respuesta que tenemos hasta el momento para la pregunta que ya habrían planteado hace aproximadamente doscientos años Bergman y Berthollet.

Puede entonces concluirse que se debe hablar de diferentes modelos y no de tipos diferentes de enlace. La construcción de los mismos ha requerido un conocimiento más profundo de la estructura atómica. Se puede finalizar recordando algunos comentarios que se hicieron con motivo del descubrimiento de los gases nobles: "la teoría del octeto tiene poder explicatorio en lugar de predictivo; su aceptación general indica, de alguna manera, que ésta impidió cualquier intento serio, antes de 1962, para sintetizar compuestos de gases nobles".

"Desde el punto de vista técnico hubiera sido posible la síntesis de los compuestos de gases nobles veinte años antes de lo que se hizo"⁶.

Veinte años antes.....vale la pena tenerlo presente.

Notas y bibliografía

¹ D. Cruz, J. A. Chamizo y A. Garritz., *Estructura Atómica: un enfoque Químico*. Fondo Educativo Interamericano. México, 1986.

² H. M. Leicester, *Panorama Histórico de*

la Química, Alhambra, Madrid, 1967.

W. G. Palmer, *A History of the Concept of Valency to 1930*, Cambridge University Press, Cambridge, 1965.

³ Aquí no se consideran los metales, sin embargo la descripción del enlace en estos materiales, que originalmente requirió de la formulación del modelo del enlace metálico, particularmente útil para explicar la conductividad eléctrica y térmica de los mismos, ha sido cuestionada al encontrarse especies provenientes de la química orgánica (TTF-TCNQ) y la inorgánica (SN)_x que presentan características metálicas. En el artículo de J. Livage, *Mundo Científico* 1, 55, se discute ampliamente este problema.

⁴ Una excelente serie de artículos sobre G. N. Lewis apareció a lo largo de 1984 en el *Journal of Chemical Education*.

⁵ D. Cruz, J. A. Chamizo y A. Garritz. Emplear la historia para enseñar química. Las investigaciones de Irving Langmuir sobre la estructura atómica. 1er. Congreso Nacional de Educación en el Área de Química. Cuernavaca, Mor., 1981.

⁶ H. Gay, *Studies on the History and Philosophy of Science*, Vol. 8, 1977, p. 61.

⁷ R. T. Sanderson, *Journal of Chemical Education*, Vol. 44, 1967, p. 566.

⁸ I. Langmuir, *Journal American Chemical Society*, Vol. 41, 1919, p. 868.

⁹ Los efectos relativistas en las propiedades atómicas han sido discutidos por K. S. Pitzer, P. Pyykko y J. P. Desclaux en dos artículos publicados en *Accs. Chemical Rev.* Vol. 12, 1979, pp. 271- y 276-.

¹⁰ W. B. Jensen, *The Lewis Acid-Base Concepts*, Wiley New York, 1980.

TABLA IV		
Clasificación de las especies químicas*		
	Descripción	Ejemplos
Clase I	Capa cerrada y estado basal aislado.	Hidrocarburos no conjugados. Sólidos no moleculares. Electrolitos.
Clase II	Capa cerrada y alta densidad electrónica en orbitales vacíos de baja energía.	Hidrocarburos conjugados. Metales. Compuestos de coordinación diamagnéticos.
Clase III	Capa abierta.	Radicales libres y compuestos de coordinación paramagnéticos.

* Modificada de Jensen ¹⁰

DESARROLLO DE LA ASTRONOMÍA EN LA PUEBLA COLONIAL

María Guadalupe López Molina Marco Arturo Moreno Corral

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
Instituto de Astronomía, UNAM

La sociedad poblana es una de las más antiguas y con mayor tradición en el país, por lo que cuenta con un rico legado cultural, sin embargo, en la actualidad es poco conocido el aporte que en el terreno científico hicieron los habitantes de la Puebla colonial. El presente trabajo, resultado preliminar de un estudio recientemente iniciado, intenta demostrar que los poblanos tuvieron una intensa y fructífera labor científica a lo largo de los tres siglos de dominación española, y muy especialmente durante el siglo XVIII. Para ello, nos hemos apoyado sobre todo en la actividad que desarrollaron en torno a la Astronomía, la rama científica de mayor antigüedad y una de las más desarrolladas durante el periodo colonial.

La ciudad de Puebla fue fundada el 16 de abril de 1531¹ en el centro del valle de Cuertlaxcuapan. Seguramente por ser paso obligado de personas y mercancías en tránsito entre la capital novohispana y el puerto de Veracruz, rápidamente pasó a ser la segunda población en importancia en la Nueva España. Desde su fundación hubo verdadero interés por hacerla una gran ciudad, muestra de ello son las construcciones civiles y religiosas que aún conserva.

Estudios recientes² han mostrado que durante la época colonial se dió en México el fenómeno de formación de pequeñas comunidades científicas muy activas. Este proceso no sólo ocurrió en la capital novohispana, sino que también tuvo lugar en algunas urbes de la provincia. En Puebla sucedió desde fecha temprana, originándose algunos importantes grupos, en los que por regla

general destacaron uno o dos individuos. Estas personalidades no florecieron aisladamente, al estudiarlas cuidadosamente se puede ver que pertenecían a un núcleo científico y social más amplio, en el que debieron existir otras figuras que hasta ahora han permanecido ignoradas. Por tal razón se debe continuar investigando esta interesante etapa de nuestra historia científica. Seguramente debido a los riesgos que implicaba sostener puntos de vista heterodoxos, desde el siglo XVI y hasta mediados del XVIII, estas comunidades tendieron a mantenerse alejadas de los acontecimientos políticos y sociales más relevantes, lo que hace difícil seguirles la huella.

Siglos XVI y XVII

La actividad cultural en Puebla se realizó principalmente en comunidades monásticas o en sus colegios, destacando entre éstos el de San Luis, fundado por los dominicos en 1585, y los del Espíritu Santo y San Ildefonso, fundados por los jesuitas en 1576 y 1625 respectivamente. Éstas y otras instituciones similares fueron creadas siguiendo la pauta marcada en 1564 por el Concilio de Trento, donde la jerarquía eclesiástica acordó que en cada diócesis se erigiera un seminario que serviría para preparar adecuadamente a las personas que quisieran seguir los estudios sacerdotales. Aunque originalmente las materias impartidas en los colegios surgidos de ese mandato fueron eminentemente religiosas (Gramática Latina, Filosofía, Teología y Moral), poco a poco esas instituciones fueron amplian-

SPHEROGRAPHIA
DE LA OBSCURACION

de la Tierra,

EN EL ECLYPSE DE SOL,

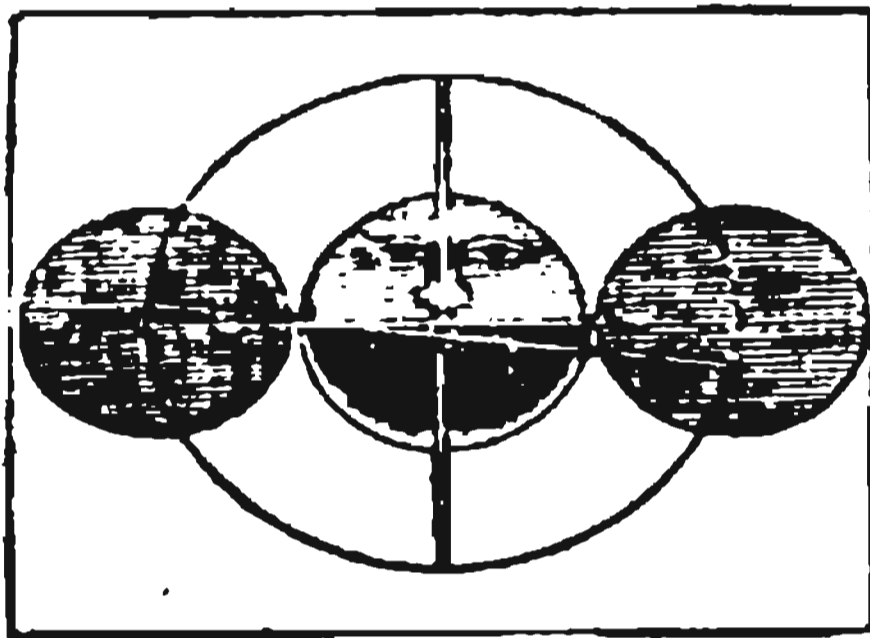
de 22. de Marzo de 1727.

METHODO DE OBSERVARLE,
y de corregir los Reloxes.

*Delineada por D. Juan Antonio de Mendoza,
y Gonzalez, Professor de las Ciencias Mathe-
maticas, Contador, Agrimensor universal
de este Reyno de Nueva-Espana.*

SEPTENTRIO.

OCCASUS.



ORTUS.

MERIDIES.

Con Licencia. En Mexico: por Joseph Bernardo
de Hual. En la Calle de la Monterilla.

do o complementando sus enseñanzas.

El estudio "oficial" de la Astronomía en la Nueva España tuvo origen en 1637, cuando en la Real y Pontificia Universidad de México el mercedario fray Diego Rodríguez inició los cursos de la cátedra de Astrología y Matemáticas³, sin embargo, la Astronomía comenzó a ser enseñada en nuestro país un siglo antes por Fray Alonso de la Veracruz, quien como complemento a sus cursos de Filosofía explicaba el sistema geocéntrico de Tolomeo apoyándose en el texto *De Sphaera* (*De la esfera*) escrito por Campano de Novara en el siglo XIII⁴. En Puebla, los conocimientos relativos a esta ciencia debieron introducirse siguiendo la misma trayectoria que en la capital virreinal; asimilación de la visión cosmogónica europea aceptada por la Iglesia, y uso práctico de las observaciones astronómicas como ayuda en la determinación de posiciones geográficas.

Para evitar confusiones debe señalarse que en esa época no existía la Astronomía como ahora se le conoce, sino que se hablaba de Astrología, entendiendo indistintamente bajo ese concepto la observación y estudio de los fenómenos ocurridos en la bóveda celeste, así como la interpretación del "mundo" y la pronosticación a partir de la posición de los astros. A grandes rasgos, puede decirse que el cuerpo de conocimientos manejados por los estudiosos del cielo en ese tiempo estaba formado por la Astrología o Astronomía de posición, donde además de hacer observaciones visuales lo más precisas posibles de eclipses solares o lunares, se realizaban mediciones de la altura que sobre el horizonte local tenían las estrellas más brillantes, así como el estudio de las ocultaciones que en ocasiones sufren algunas de éstas por la Luna. Se estudiaba también el movimiento de los planetas, considerando entre ellos al Sol y a la Luna. La llamada Astrología judiciaria, por su parte, pretendía conocer los destinos de individuos y pueblos a partir de la observación de la posición relativa de los cuerpos celestes. Cuando sucedía un fenó-

meno astronómico que rompía con el esquema cosmogónico tradicional, tal y como ocurría cuando aparecía un cometa o sucedía un eclipse, necesariamente los cultivadores de estos "estudios" pronosticaban sucesos nefastos. A pesar de que la Iglesia persiguió a quienes se dedicaban a la Astrología judiciaria, ésta tuvo una infinidad de adeptos, tanto en Europa como en América, no escapando la Nueva España a este fenómeno.

Durante los siglos XVI y XVII estas dos "ramas" astronómicas estuvieron fuertemente ligadas, siendo frecuente encontrar verdaderos astrónomos mezclados con adivinadores y otros charlatanes, razón por la que la literatura astronómica producida en esa época tiene frecuentemente ambos aspectos en forma simultánea. Esto no debe extrañar, ya que por aquel entonces la ciencia como tal estaba luchando contra el dogma religioso para lograr su pleno reconocimiento social, proceso que habría de desembocar en el llamado Renacimiento, el cual fue propiciado en mucho por los estudios astronómicos.

Volviendo a la actividad astronómica en Puebla durante los siglos XVI y XVII, la información más antigua que conocemos referente a la observación de fenómenos celestes realizados en ella tiene que ver con la determinación de la posición geográfica de esta ciudad. En efecto, en un escrito publicado por la Academia de Ciencias de París en 1720, Deslinde, notable geógrafo francés de esa época, dice:

...Yo he empleado en lugar de esto, las observaciones del eclipse de Luna del 23 de septiembre de 1577; este eclipse fue observado en México, en los Angeles [ciudad de Puebla], ciudad vecina y en la Veracruz, puerto de la misma ciudad. Él fue observado al mismo tiempo por Tycho en Uraniburg y otros hábiles matemáticos lo observaron también en diferentes ciudades de España con toda la exactitud de que ellos eran capaces, porque se esperaba ponerse en estado por este medio de determinar las diferencias entre los castellanos y portugueses sobre las islas Molucas⁵.

Otro testimonio que demuestra el estudio temprano de la Astronomía en Puebla se obtiene precisamente debido a la acción vigilante que el Tribunal de la Inquisición ejerció para evitar la difusión de las ideas heterodoxas. En efecto, Jiménez Rueda en su libro *Herejías y supersticiones en la Nueva España*⁶, citando antiguos documentos de esa institución, dice que:

“en la Ciudad de Puebla se levantó en 1613 información contra fray Pedro Mártir, de la Orden de Santo Domingo, por haber enseñado cosas de astrología a ciertos religiosos del propio convento en que vivía; citados como testigos, se les advierte que en manera alguna usen de las cosas que les enseñó fray Pedro Mártir so pena que serán castigados con todo rigor, pues además de ser tan perniciosas parecen tan mal en religiosos...”

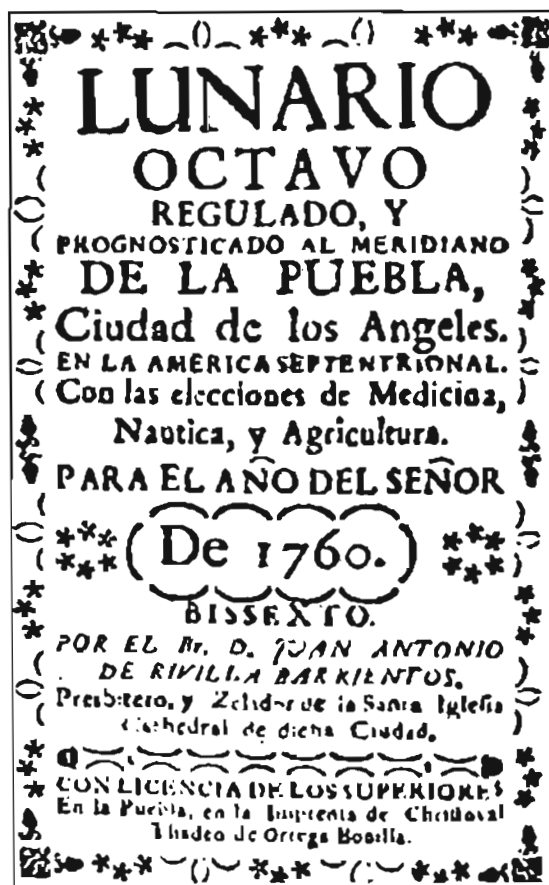
Aunque se conocen ampliamente varios casos como el que se ha mencionado, hemos citado éste por referirse específicamente a la ciudad de Puebla y por mostrar el interés que por esta dis-

ciplina hubo en esta región del país desde los inicios del régimen colonial.

Fuentes de información son también las ricas bibliotecas coloniales que aún existen en esta ciudad. Por ejemplo, tenemos noticias que entre sus inapreciables obras, la Biblioteca Palafoxiana guarda ejemplares de textos astronómicos como la *Astronomía Instaurata*, tercera edición del libro clásico de Copérnico, publicada en latín en 1617 en Amsterdam⁷, o el *Astrum Inextinctum*, publicado por Romano Haij también en latín en Colonia en 1636 y la *Astronomi Celeberrim* de Philips Van Lansberg, publicada igualmente en latín en 1663. Seguramente en esta magnífica biblioteca hay más textos de interés para el tema aquí tratado. Sin embargo y como es de esperarse en una institución que guarda tan valiosas obras, su catálogo no es de fácil acceso y no hemos podido obtener mayor información que la ahora consignada.

Al mediar el siglo XVII, en la ciudad de Puebla, el matemático Alejandro Fabián propició la creación de un núcleo de estudiosos de la ciencia que aún no ha sido analizado adecuadamente. La importancia que este personaje tuvo se pone de manifiesto por el hecho de que el jesuita Atanasio Kircher, prestigiado científico europeo de ese siglo, le dedicó la obra *Magneticum naturae regnum*, publicada en Roma en 1667, llamándole inclito y eximio varón nativo del Nuevo Mundo⁸.

Otro importante personaje que debe mencionarse por su dedicación al estudio de las ciencias fue don Cristóbal de Guadalajara, distinguido geógrafo, astrónomo y matemático poblano, contemporáneo del prestigiado científico e historiador novohispano don Carlos de Sigüenza y Góngora. Guadalajara es conocido principalmente debido a su relación con el viajero italiano, Francesco Gamelli⁹, quien lo visitó en Puebla. Al respecto nos informa que “fui a ver a don Cristóbal de Guadalajara, sacerdote muy instruido, quien me mostró muchas curiosidades, especialmente de matemáticas”. En otra parte de su obra, refiriéndose al desagüe de la



Portada de uno de los lunarios que durante el siglo XVIII fueron escritos por estudiosos poblanos.

Ciudad de México, dice:

Sepa también el lector que la descripción y el plano antes adjunto, no son míos, sino de Adrián Boot, ingeniero francés enviado a la Nueva España en 1629 por la feliz memoria de Felipe IV, para dar salida a las aguas de la laguna de México. Hizo la figura de ésta con medidas especiales; pero habiéndola el tiempo en parte destruido, volvió a darle su forma original, con gran esfuerzo, don Cristóbal de Guadalajara, de la Puebla de los Angeles; buen matemático, el cual me obsequió una copia exacta de tal figura cuando pasé por Puebla a fin de que pudiera hacerla imprimir para satisfacción de los curiosos.

Trabajo explícito sobre observaciones o cálculos astronómicos debidos a Cristóbal de Guadalajara no se conocen, sin embargo, además de que sus contemporáneos se refirieron a él como astrónomo, en su labor cartográfica necesariamente debió haberse valido de las técnicas astronómicas para la determinación de posiciones geográficas, razón por la que lo consideramos como uno de los pioneros en el cultivo de la Astronomía en Puebla.

Siglo XVIII

Don Juan Antonio de Mendoza y Gonzáles, "profesor de las ciencias matemáticas y astrología, cura secular, Contador de los Reales Azogues y agrimensor", floreció en Puebla entre 1707 y 1728. Como astrónomo fue capaz de realizar observaciones precisas, ya que era hábil en el manejo de aparatos científicos y en la preparación de cartas celestes. Sus efemérides y tablas astronómicas, publicadas probablemente

cada año a partir de 1708 y hasta 1715 bajo el título de *Urania americana septentrional* incluía "los cómputos eclípticos, eclipses, lunario y el juicio del año". Los cometas fueron una preocupación de este poblano, quien disertó sobre el que apareció en el año 1722, escribiendo *Noticia y explicación del cometa descubierto al oeste de México*. Debe mencionarse que este cometa era débil, por lo que sólo se le pudo observar a través del telescopio. Refiriéndose a esta observación, en la mencionada *Gaceta de México* se lee "...que (aunque con gran trabajo, y valiéndose de el telescopio) en la última observación ha visto un cometa, en la figura que aquí se expresa azia la parte del Oriente mas tan superior al Sol que no se dejará ver en la Tierra con la simple vista..." Este párrafo indica claramente que a principios del siglo XVIII, en Puebla, al menos este personaje realizaba observaciones regulares utilizando telescopios. Por lo que se ha podido establecer, Mendoza y González puede ser considerado como el primer poblano que utilizó estos instrumentos en forma sistemática para la observación astronómica.

Debe señalarse, que aunque el telescopio fue utilizado en Europa desde 1609 para realizar observaciones astronómicas de precisión, estos aparatos no eran fáciles de adquirir en la Nueva España¹⁰, generalizándose su uso en nuestro país hasta mediados del siglo XIX, razón por la cual debe otorgarse un mérito especial al trabajo observacional de Mendoza y González.

En 1727 publicó sus cálculos sobre un eclipse que ocurriría ese año, dando por título a su obra el de *Spherographia de la obscuración de la Tierra en el eclipse de Sol, del 22 de marzo de 1727*.

Ilustración aparecida en las Gacetas de México que muestra el aspecto que tenía el cometa observado por don Juan Antonio de Mendoza y González en 1722 desde Puebla.



{✚}-
DESTIERRO DE TEMORES, Y SUSTOS
Vanamente aprehendidos, en el Eclipse quasi total
futuro del año de 1752.

Carta escrita á un Amigo, por el Bachiller D. Joseph Mariano de Medina.

NO hallo elusiva en la Carta de Vmd. que no esté respirando miedos por el Eclipse del día 13 de Mayo del año proximo, como si este fuera un venenoso Dragon, que amenazara ruina á todo el Orbe, ó la casa de Pandóra, en que segun los Poetas se encerraban todas las calamidades: No puedo negar, que después de algunas Conjunctiones Eclýpticas, se han experimentado algunas desastras: pero tampoco podré probar ya, ni otro símp-toma, que estos proviessen origen de ellos, así lo saben, sin los que saben poco, y aún con todo esto no me hiciera fuerza, que en los ignorantes causasen impresión espantosa, pero en los que están instruidos en que el Eclipse de Sol, es una interposición de la Luna entre nuestra vista, y el Cuerpo Solar, y que esta se hace en terminos naturales á mi me abyfma, que á ellos les espante, pudiendo dexar ellos horrores para las Naciones bár-baras, que juzgando, que los Eclýptes se hacen en fuerza de al-gun hechizo, dan hálitidos, y voces, para que así no se uigan, ó se confundan las de los Encantadores; otros segun ámenie necios, imaginando ser enfermedad, la que padece el Sol, tapen, y cubren las aguas de las fuentes, ocultandose ellos en lo mas oculto de las habitaciones, por no contaminarse con el pestiferal influjo, haciendo otras ridiculizax indignas de racionales. De este inocentado temor, habló Jeremías, quando dixo: ¡

Opúsculos relativos al eclipse solar del 13 de mayo de 1752 que muestran la lucha entre los puntos de vista astronómico y astrológico.

Método de observarle y corregir los relojes. A pesar de ser un buen observador, sus teorías astronómicas estaban rezagadas respecto a las propuestas por Halley y Newton, por lo que se le debe considerar como un científico de transición. También escribió obras que trataron sobre algunos otros aspectos científicos como el *Método para corregir relojes y Máquinas para desaguar minas*, ambas impresas en la Ciudad de México en 1728.

La amplitud de intereses científicos que los poblanos cultos de principios del siglo XVIII tenían queda bien ejemplificada por la voluminosa obra manuscrita que dejó don Antonio Alcalá¹¹, presbítero y contador general del obispado de Puebla. Este personaje escribió sobre geografía, náutica, cronología, matemáticas y astronomía. Tocante a esta última disciplina, se sabe que en el año de 1748 produjo un *Tratado en que se contienen los problemas hasta hoy no resueltos en la geometría con la práctica y observación de la estrella para saber el grado de longitud en que uno se halla*. Tres años después redactó una obra teórica sobre astronomía a la que tituló *Explicación y construcción del instrumento o relox universal para*

la observación de los grados de longitud.

En esta época también destaca don Juan Antonio de Revilla (o Rivilla) y Barrientos, cura secular quien fuera autor de la *Astronomía americana septentrional* publicada en Puebla en 1752. Es ésta una obra efemérica en la que se predicen los eventos celestes y climatológicos para el año de 1753. En ella escribe que se ha dedicado al estudio de la Astronomía por más de veinte años. En la introducción, Revilla pone énfasis en el arduo trabajo requerido para hacer sus cálculos, lo que demuestra que estos personajes no eran sólo observadores del cielo, sino que tenían preparación matemática y conocimientos de las publicaciones astronómicas de Europa¹², lo que les permitía realizar sus propios cálculos, refiriéndolos a los meridianos locales (capital novohispana o angelopolitana). Se sabe que este autor publicó en Puebla varios *Lunarios* entre 1753 y 1768, en los que presentaba datos efeméricos y las “elecciones de Medicina, Náutica y Agricultura”, así como los “anuncios de temporales”.

En 1752 ocurrió un eclipse solar que en Puebla fue observado como parcial. Como siempre sucede con este tipo de eventos, se prestó a interpretaciones nefastas, ocasionando preocupación en la población así como polémicas entre los eruditos. Don José Mariano de Medina, presbítero de profesión y quien a lo largo de varios años publicó lunarios y efemérides; en el de 1751 titulado *Heliotropio crítico racional pronostico computado al meridiano de la Puebla*, informaba de la ocurrencia de ese eclipse. Poco después publicó un trabajo más serio sobre dicho evento titulado *Destierro de temores y sustos, vanamente aprehendidos en el eclipse quasi total futuro del año de 1752*, obra de claro tono racionalista. En contra de esta publicación se lanzó Francisco Pacheco, quien firmando con el anagrama de Narciso Macorp Hecafos publicó una *Carta escrita a una señora sobre el eclipse futuro del día 13 de mayo de este presente año de 1752. Y sobre la*

carta impressa, que escribió el Br. D. Joseph Mariano Medina, en la que rebatía el racionalismo de Medina y reivindicaba los derechos de la Astrología a favor de los eclipses como fenómenos infaustos.

Continuando con sus intereses astronómicos, en 1754 Medina publicó en Puebla el *Juicio de cometas*, determinado por los dos que prometen Ubisiton para el año de 1758 y Cristiani Wolfi para el presente por octubre, obra que viene a confirmar que nuestros estudiosos de los fenómenos celestes estaban al tanto de la literatura científica europea.

Puesto que en esa época muchos de los fenómenos meteorológicos eran considerados dentro del campo de estudio de la Astronomía, debe mencionarse otra bien conocida polémica desarrollada en el seno de la comunidad científica poblana durante el siglo XVIII. Ésta fue sostenida por don Francisco Reyes del Carmen y don Teodomiro Díaz de la Vega y trató sobre los relámpagos, sus causas y sus efectos. En 1756 este último publicó *Reparos a la carta physico-meteorologica que sobre los igneos meteoros observados en la atmosfera, ha dado a luz el R. P. Francisco de los Reyes* haciendo un análisis racionalista de esos fenómenos. Reyes del Carmen contestó ese mismo año publicando *Respuesta a los reparos, que contra mi carta physico-meteorologica, que poco ha di al publico formó Dn. Theodomiro Ignacio Díaz de la Vega*, donde es claro su pensamiento tradicional.

También a mediados del siglo XVIII destacó como astrónomo don Miguel Francisco de Harregi, quien fue "profesor de matemáticas y piloto de altura". Sus obras conocidas son de tipo efemérico habiendo sido publicadas entre 1749 y 1756 como el *Cálculo astronómico... para el año del señor de 1750 y meridiano de dicha ciudad (Puebla, 1749)* y el *Prognostico y particular diario calculado para el año del señor de 1753, primero despues del bisexto y meridiano de la Puebla de los Angeles*, ilustrado con figuras astronómicas y meteorológicas. Con motivo de un

eclipse solar, en 1755 publicó en la ciudad de México su *Piscator poblano. Explicación de un eclipse de Sol que se verá el día 12 de marzo de este presente año de 1755*¹³.

Comentario final

Aunque en forma fragmentaria, con estos datos es posible darse cuenta de cuan rica fue la actividad científica en Puebla durante la época colonial. Las comunidades intelectuales que en ese largo periodo se formaron cumplieron bien ese cometido, y no debe extrañar que en ellas estuvieran presentes al mismo tiempo la visión escolástica del mundo y la moderna, ya que fue a fines del siglo XVIII cuando realmente ocurrió un cambio generalizado respecto al estudio de la naturaleza. En la Nueva España la modernidad "entró" lentamente, y fue sólo al término de ese siglo que realmente comenzó a cultivarse lo

**INSPECTOR
ASTRONOMICO**
en el circulo annual.
por la alternativa de sus tiempos.



Una de las publicaciones de don Juan Antonio de Rivilla y Barrientos sobre temas astronómico-meteorológicos.

que ahora se conoce como ciencia. Como ya han hecho notar diferentes autores¹⁴, el modernismo penetró al virreinato novohispano a través de la enseñanza que impartían los jesuitas, aunque también participaron en este proceso otras órdenes religiosas, e incluso un considerable número de particulares como "aquel adamadito, hermosísimo, con modales franceses coronel Marqués de Moncada, quien expuso en Puebla en 1765 teorías modernas en el Colegio de San Ildefonso"¹⁵.

El periodo colonial novohispano coincidió con el fin del obscurantismo medieval e inicio del Renacimiento, proceso que mucho se debió a los estudios astronómicos. Las implicaciones teológicas y filosóficas derivadas en forma directa de éstos, los hicieron muy atractivos para muchos pensadores europeos y americanos, pero al mismo tiempo fueron causa de gran temor, ya que la censura inquisitorial se mantuvo rígida en contra de todo aquello —ya fuera Astronomía o Astrología— que pareciera heterodoxia. Cabe aquí recordar los casos de Giordano Bruno o de Galileo en Europa, o el menos conocido, pero no por ello menos triste, de Melchor Pérez de Soto, quien por interesarse en la Astronomía y poseer una rica biblioteca científica, murió en los calabozos de la Inquisición en la ciudad de México en 1655¹⁶. Desde el siglo XVI fue muy claro que a través de la observación de los astros podían obtenerse conclusiones referentes al "sistema del mundo" diferentes e incluso contrarias a las derivadas de la interpretación ortodoxa de las Sagradas Escrituras. Igual que sucedió en Europa, pero con un retraso considerable, pequeños grupos de astrónomos realmente innovadores y, los cuales, se sucedieron a lo largo de todo el periodo colonial, revolucionaron en la práctica cotidiana las creencias científicas de muchos de sus contemporáneos, adelantándose a ellos en la adopción de nuevas teorías. Dentro de esos grupos, la comunidad poblana jugó un papel protagónico, siendo la intención de este trabajo mostrar la importancia que esta poco conocida

colectividad tuvo en la cultura de la Nueva España.

Referencias

¹ Cordero y Torres, E., *Historia compendiada del Estado de Puebla*, tres tomos, publicaciones del Grupo Literario Bohemia Poblana, Puebla, 1965.

² Trábulse, E., *Historia de la ciencia en México*, Tomo I, Fondo de Cultura Económica, México, 1983.

³ Trábulse, E., *El Círculo Roto*, Lecturas Mexicanas No. 54, FCE-SEP, México, 1984.

⁴ Gallegos Rocafull, J.M., *El pensamiento mexicano en los siglos XVI y XVII*, Universidad Nacional Autónoma de México, 1974.

⁵ Moreno, R. Joaquín, *Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México 1773-1775*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1977.

⁶ Jiménez R., *Herejías y supersticiones en la Nueva España*, Imprenta Universitaria, México, 1946.

⁷ Rosen E., *Journal for the History of Astronomy*, XVII, 1986.

⁸ Trábulse, E., *Op. cit.*, p. 59.

⁹ Gamelli Careri, G.F., *Viaje a la Nueva España*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1976.

¹⁰ Moreno C., M. A., "Telescopios utilizados en México (siglos XVII, XVIII y XIX)", *Elementos*, No.6, Año 2, Vol. 1, 1986, pp. 23-30.

¹¹ Trábulse, E., *Diálogos*, Vol. XVIII, No.4 (106), El Colegio de México, Julio-Agosto 1982, pp. 32-37.

¹² Moreno C., M. A., "Los primeros libros científicos que llegaron a la Nueva España", en *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, Tomo II, México, 1989, pp. 586-589.

¹³ Moreno R., Astronomía mexicana del siglo XVIII, en *Historia de la Astronomía en México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1986.

¹⁴ Ramos, S., Historia de la Filosofía en México, en *Obras*, tomo II, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1976.

¹⁵ *Idem*⁵, p. 200.

¹⁶ "Una biblioteca del siglo XVII", en *Documentos para la Historia de la Cultura en México*, Imprenta Universitaria, México, 1947, pp. 1-94.

EL PAPEL DE LOS RECEPTORES SINÁPTICOS EN LA DEGENERACIÓN Y MUERTE NEURONAL

Amira del Rayo Flores Urbina

Centro de Ciencias Fisiológicas
Instituto de Ciencias
Universidad Autónoma de Puebla

Uno de los temas de mayor interés en la medicina actual es el de la pérdida neuronal selectiva que ocurre en algunos padecimientos hereditarios como la corea de Huntington, la demencia de Alzheimer y algunas degeneraciones espinocerebelosas. En todos estos padecimientos se observan características comunes, destacándose principalmente dos: 1) la degeneración neuronal que se inicia después de un periodo de diferenciación y función normales y, 2) la afección selectiva de algunas poblaciones de neuronas. Existen evidencias que apoyan la idea de que los sistemas celulares que participan normalmente en la transmisión sináptica en el sistema nervioso central pueden alterarse y en cierta medida producir diversas patologías neuronales incluyendo la degeneración celular. Dentro de estos sistemas de comunicación interneuronal, la neurotransmisión sináptica mediada por aminoácidos excitadores (AAE) parece jugar un papel importante en la iniciación y propagación de la actividad epiléptica, en la muerte neuronal que prevalece en la isquemia cerebral transitoria, en la hipoglucemia, y en algunos casos de degeneración neuronal crónica como la corea de Huntington o la enfermedad de Alzheimer.

Desde la década de los sesenta se tienen los primeros reportes sobre los efectos neurotóxicos de aminoácidos excitadores en el sistema nervioso central, observándose que la administración de L-glutamato y L-aspartato, así como la aplicación intraocular de ácido kaínico, producían degeneración de las capas internas de la retina en el ratón.

Olney fue el primero en postular, en 1976, que la toxicidad de estos compuestos en el sistema nervioso podría resultar de su unión a receptores en las membranas celulares que producen acciones excitadoras, induciendo una respuesta sostenida que llevaría a la muerte celular por sobreestimulación (teoría excitotóxica).

La importancia de este concepto ha aumentado desde que se demostró que gran cantidad de sinapsis en el sistema nervioso central utilizan aminoácidos excitadores del tipo del glutamato como mediadores químicos, y a que se han acumulado evidencias que indican que existe una correlación entre la excitación neuronal excesiva y la neurodegeneración. Con base en estos descubrimientos se han elaborado diversos trabajos en los que se han empleado sustancias químicamente análogas al glutamato y al aspartato pero que no tienen función excitadora, y por lo tanto no provocan toxicidad. En consecuencia la acción excitadora parece obligada para que la neurotoxicidad ocurra.

Generalidades sobre AAE y sus receptores

Los principales compuestos candidatos de la transmisión sináptica excitadora en el sistema nervioso central de vertebrados son los aminoácidos dicarboxílicos L-glutámico y L-aspartico. Estos compuestos presentan una potente actividad excitadora que es debida a su unión a receptores específicos a nivel de la membrana celular, los que se han caracterizado haciendo uso de diferen-

tes estrategias experimentales, como son: estudios electrofisiológicos, estudios de unión de ligandos al receptor y los análisis de los mecanismos moleculares que determinan la respuesta celular.

Existen diversas clasificaciones de los receptores a aminoácidos excitadores, la más sencilla los divide en un grupo de receptores acoplados a segundos mensajeros (con propiedades metabotrópicas), y otro grupo que funciona activando canales iónicos (ionotrópicos). En este último tipo están incluidos tres subtipos de receptores: el NMDA (N-metil-D-aspartico), el KA (ácido kaínico) y el AMPA (amino-3-hidroxi-5-metil-isoxazol-4-propionato), denominados así con base en el nombre de los aminoácidos que se unen con mayor firmeza a la molécula del receptor.

Otra clasificación alternativa, ubica a los receptores AMPA, KA y metabotrópico como receptores tipo no-NMDA, diferenciándolos así del tipo que reconoce específicamente a la molécula NMDA (véase Tabla I).

Los receptores para NMDA son los que mejor se conocen y han sido extensamente analizados, pues son los únicos para los que se dispone de antagonistas selectivos. Por medio de estudios de autorradiografía con ligandos marcados, estos receptores se han localizado predominantemente en el hipocampo, en la corteza, en los ganglios basales y en sistemas sensoriales.

Los receptores tipo NMDA son de tipo ionotrópico, esto es, el receptor está acoplado a un canal iónico en la

membrana celular generalmente permeable a Ca^{2+} , Na^+ y K^+ . Existen datos que sugieren que gran parte de las funciones en que participan los receptores NMDA se relaciona con su permeabilidad al Ca^{2+} .

Numerosos estudios neurofisiológicos y farmacológicos han demostrado que los receptores NMDA tienen por los menos cinco sitios de reconocimiento a diferentes iones y sustancias, por lo que a veces se hace referencia a ellos como el complejo canal-receptor.

El desconocimiento de antagonistas selectivos ha impedido determinar con precisión el papel funcional de los receptores tipo no-NMDA. La ubicación anatómica de los receptores KA y AMPA obtenida por autorradiografía, indica que tienen una localización preferentemente telencefálica.

Mecanismos de excitotoxicidad

A pesar de que el glutamato manifiesta afinidad por los cuatro subtipos de receptores a aminoácidos excitadores, ha sido muy difícil demostrar su neurotoxicidad en preparaciones *in vivo*, por lo que su potencia tóxica se ha observado más fácilmente *in vitro*.

Experimentos *in vitro* demuestran que la toxicidad del glutamato tiene componentes que dependen del tiempo que ha pasado desde su aplicación y otros que dependen del sitio de aplicación. Desde el punto de vista temporal, el daño edematoso agudo y la degeneración crónica tardía; desde el punto de vista espacial, la activación de receptores tipo NMDA o no-

NMDA. El daño edematoso agudo está relacionado con la movilización de iones Na^+ y Cl^- extracelular y en general puede ser producido con cualquier agente excitador (despolarizante). Durante la primera fase de excitotoxicidad se presenta un hinchamiento celular que se debe

TABLA I
Clasificación de los receptores
a aminoácidos excitadores

Tipo de receptor		Subtipo de receptor	Principales agonistas
Asociados a canales iónicos	NMDA		NMDA
	no NMDA	Ácido Kaínico AMPA	Ácido Kaínico AMPA Ácido Quisculálico
Asociados a segundos mensajeros	Metabotrópico		Ácido Quisculálico ACPD

probablemente a la apertura de canales de Na^+ y a la entrada subsecuente de Ca^{2+} y agua. El segundo componente que lleva a la degeneración celular, depende del Ca^{2+} extracelular y de los efectos tóxicos que produce la entrada masiva de este catión (véase Figura 1).

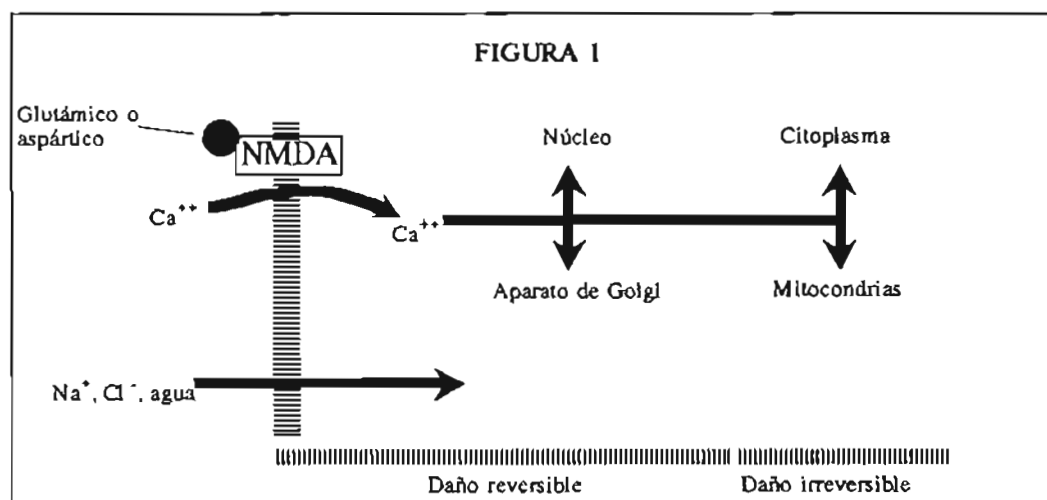
La participación del Ca^{2+} en el ciclo de toxicidad, que inicia con la activación sostenida de receptores para los aminoácidos excitadores y que culmina en la degeneración neuronal, se apoya en gran cantidad de hallazgos. Los receptores tipo NMDA se asocian directamente con canales de Ca^{2+} y pueden ser la principal ruta de entrada de este catión. Se han realizado estudios en los cuales se suprime el Ca^{2+} extracelular y se aplica glutamato observándose que el daño neuronal resultante se ve atenuado. En cambio, cuando se aumenta la concentración de Ca^{2+} extracelular, con la consecuente activación de receptores tipo NMDA, el daño neuronal aumenta significativamente.

Sin embargo, no todas las evidencias experimentales apoyan la participación del Ca^{2+} en la neurotoxicidad provocada por los aminoácidos excitadores. Algunos trabajos apoyan la idea de que el responsable del proceso de degenera-

ción neuronal es el Cl^- , cuyo influjo pasivo origina la destrucción celular por cambios osmóticos.

No sólo se ha considerado el posible papel que estarían desempeñando los receptores NMDA, sino también se han realizado trabajos con receptores no-NMDA (tipo KA y AMPA). Se ha visto que su aplicación extracelular es bien tolerada siempre y cuando no se sobrepasen concentraciones de 1mM hasta por 30 minutos. Extensos estudios han revelado que la inyección directa de KA en diferentes regiones cerebrales provoca una destrucción selectiva de las neuronas que tienen sus cuerpos celulares en el sitio de la inyección o cerca de éste. Al parecer, los axones y terminaciones nerviosas son más resistentes a los efectos destructivos del KA que el soma celular. Estos hallazgos sugieren que los receptores tipo no-NMDA pueden desempeñar un papel importante en las degeneraciones neuronales crónicas y que los mecanismos por los cuales los receptores NMDA y no-NMDA inducen degeneración sean funcionalmente distintos.

Puesto que los cambios histológicos y bioquímicos producidos por el uso experimental de compuestos excitotó-



Mecanismo propuesto para explicar la excitotoxicidad por los aminoácidos excitadores. La activación de los receptores de membrana (NMDA) genera una acumulación de Ca^{2+} intracelular, la cual puede dar origen a cambios en el metabolismo de diversos organelos. Si este aumento de Ca^{2+} intracelular es sostenido, finalmente se modifica la producción de ATP en la mitocondria, y en el citoplasma se liberan radicales libres, lipasas y proteasas. Paralelamente puede haber cambios en la permeabilidad al Na^+ y el Cl^- los cuales inducen un fuerte efecto osmótico con la consecuente entrada de agua y cambios en el volumen celular.

xicos potentes tales como el KA, son similares a los encontrados en pacientes con desórdenes neurodegenerativos, existe la posibilidad de que la acumulación anormal de sustancias endógenas similares podría ocurrir en los cerebros de esos pacientes y causar degeneración neuronal. Una posibilidad alternativa es que la degeneración neuronal en desórdenes humanos sea el resultado de un metabolismo alterado de aminoácidos normalmente presentes en el sistema nervioso. Así, podría existir un equilibrio entre la función de estas sustancias como transmisores excitadores y su capacidad para causar muerte neuronal prematura.

Perspectivas terapéuticas

Las evidencias que señalan al glutamato como un protagonista importante en el origen de las enfermedades neurodegenerativas, permiten diseñar nuevas estrategias terapéuticas para el manejo racional de este grupo de padecimientos hasta ahora intratables. Recientemente se han reportado trabajos en los que se han empleado nuevos antagonistas de receptores NMDA y no-NMDA, observándose que su aplicación bloquea el efecto del glutamato aplicado previamente. Esto permitiría utilizarlos como herramienta terapéutica, pero el uso crónico de estos compuestos para el tratamiento de los diversos trastornos neurodegenerativos no ha sido valorado y es de esperarse que puedan tener efectos colaterales indeseables. En particular, el bloqueo de las sinapsis que utilizan NMDA puede afectar los fenómenos de plasticidad neuronal y de esta manera agravar las alteraciones de la memoria y del aprendizaje. Respecto a los receptores no-NMDA, éstos apenas empiezan a ser estudiados con profundidad, pues el descubrimiento de antagonistas específicos de estos receptores es reciente. Sin embargo, su potencial terapéutico parece ser un área vital de exploración con la finalidad de

contar con antagonistas específicos. La reciente clonación de genes relacionados con los sitios de unión para AMPA puede ser el peldaño inicial para la obtención de tales antagonistas. Esto proporcionaría una vía efectiva de tratamiento de las enfermedades en las que se presenta degeneración neuronal crónica como la corea de Huntington, la enfermedad de Alzheimer y algunas degeneraciones espinocerebelosas.

Lecturas recomendadas

Coyle, J.T., "Neurotoxic amino acids in human degenerative disorders", *Trends in Neuroscience*, Vol. 5, 1982, pp. 287.

Garthwaite, J., "NMDA receptors, neuronal development and neurodegeneration", en *The NMDA receptor*, Editores, Watkins, J.C. y Collingridge G. L., Irl Press, Oxford, England, 1990, pp. 187-205.

Goetz, G. C., Tanner, M. C. y Klawans, L. H., "The Pharmacology of Olivopontocerebellar Atrophy", en *The Olivopontocerebellar Atrophies*, Editores, Duvoisin, C. R. y Plaitakis, Andreas., Raven Press, New York, U.S.A., 1984, pp. 143-148.

Guidotti, A., Erausquin, G., Brooker, G., Favaron, M., Manev, H. y Costa, E., "A New Strategy in Drug Targeting for Excitatory Amino Acid-Induced Neurotoxicity", en *Excitatory Amino Acids*, Editores, Meldrum S. B. y cols., Raven Press, New York, U.S.A., 1991, pp. 635-646.

Olney, W. J., "Excitatory Amino Acids and Neuropsychiatric Disorders", en *Excitatory Amino Acid Transmission*, Editores, Hicks P. T. y cols., Alan R. Liss, Inc., New York, E.U., 1987, pp. 217-224.

Plaitakis, A. y Berl, S., "Involvement of Glutamate Dehydrogenase in Degenerative Neurological Disorders", en *Glutamine, Glutamate, and GABA*, Editores, Hertz L. y cols., Alan R. Liss, Inc., New York, E.U., 1983, pp. 609-618.

Plaitakis, A., Berl, S. y Yahr, M.D., "Abnormal glutamate metabolism in an adult-onset degenerative neurological disorder", *Science*, Vol. 216, 1981, pp. 193.

¿CUÁNDO EL HOMBRE PRIMITIVO ADQUIERE CONCIENCIA DE LA MUERTE ?

Marcos Winocur

Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades
Universidad Autónoma de Puebla

La muerte, esa vieja enemiga, irrumpe un día en la conciencia. ¿Hasta qué punto ha avanzado entonces el proceso de hominización y cómo viene a ocurrir esa adquisición consciente de la muerte? Tal es la pregunta que motiva estas notas como preocupación filosófica.

En el origen del hombre está el hombre mismo, su anatomía y su conducta. Pues ¿de dónde extraer la medida para operar los cambios que le convirtieron en hombre?, a partir de sí mismo, de su heredada animalidad contrastada al medio. ¿De qué manera?, desarrollando las inclinaciones humanoides ya manifestadas en los primates, y que singularizan a éstos respecto del resto de los vertebrados.

La ruptura

Tal vez el primer paso sea incorporar al deambular arbóreo el desplazarse por el suelo, multiplicando así las posibilidades de encontrar alimentos y la variedad de éstos, pero también los riesgos se multiplican, en especial frente a los animales carnívoros. Quien así se vale de dientes y pezuñas, mejor hará en liberar dos extremidades y usar musculatura y agilidad.

La mejor posición para la defensa, a partir de la anatomía de un primate, será pues la erecta. Y también para el alerta. Basta advertir cómo tantos mamíferos yerguen la cabeza, asiento de los sensores visuales, auditivo y olfativo, en el alerta. El hombre adoptará así la posición corporal erecta, lo cual supone, a más de liberar dos extremidades y en ellas aguzar el tacto, la cabeza erguida y no semicolgante. ¿Qué se ha ganado?

Una mejor disposición anatómica para el alerta permanente, y ya se sabe: disminuir en el enemigo la ventaja de la sorpresa es buena parte de la defensa.

Y así de seguido. La mano, extremidad ya de uso diferenciado, sirve para asir. Habrá pues que desarrollar esa tendencia en sentido humanoide: no ya las ramas de los árboles para desplazarse impulsando el cuerpo hacia arriba y adelante, sino, venidos grupos de primates a tierra, asir las herramientas.

El psiquismo del primate fue haciéndose más complejo. Ello significó una mayor y más continua corriente dirigida hacia los centros del cerebro, requiriendo de la capacidad craneana en expansión, habitat para nuevas series de neuronas. Fue el camino de la inteligencia humana. No hacía sino cubrir los primeros tramos y ya generaba específicas exigencias. Un nuevo tipo de lenguaje articulado, era el instrumento idóneo para vertir un pensamiento complejo, de más en más tendiendo a las representaciones y a la asociación de éstas.

Tal cual el hombre echó mano de la mano, valga la redundancia, hizo lo propio con las cuerdas vocales, heredaba ambas del primate. Y en este sentido las cuerdas vocales, no menos que la mano, están en la génesis de los instrumentos de trabajo. Una herramienta (un cuchillo de piedra) se asocia a la palabra, a saber: la herramienta es corporización de ideas (necesito cortar) como la palabra es representación de ideas (necesito informar que he cortado, necesito enseñar cómo se corta o cómo se corta mejor). El objeto es el objeto mudo, la palabra es el objeto comunicado a los semejantes, y ambos, objeto (donde se inscribe la herramienta) y

lenguaje (donde acabará inscribiéndose la palabra) responden a idéntico requerimiento del hombre: transformar el entorno a su medida.

Trabajo, relación social, búsqueda de nueva posición corporal, capacidad craneana y cerebro en expansión, psiquismo (sin excluir la capacidad de acumular experiencia y de transmitirla a través del aprendizaje), lenguaje... viejos conocidos, sufren sin embargo, algo que les altera: una convergencia de aceleraciones. ¿Es la ruptura de la condición animal? Ya lo es. Cada factor, aislado, poco gravita. El conjunto, esa convergencia dada sobre ciertos primates arroja un producto nuevo. Para decirlo hegelianamente, lo cuantitativo en lo cualitativo. Estamos, de todos modos, a mitad de camino. La especie en vías de definición, espera por rasgos donde quede lo específicamente humano.

¿Pienso, luego existo? Trabajo, luego cuento socialmente

¿Es autónoma la subjetividad? La respuesta es también histórica y cae dentro del contexto que tratamos, el proceso de hominización o puente tendido a partir de la posición corporal erecta... y que ahora nos lleva a la conciencia de sí. Esta incorporación de la subjetividad en grado de pensarse culminará a nuestro entender con la adquisición de la conciencia de la muerte por parte del hombre primitivo. Pero otros pasos serán antes dados.

Y bien, contamos con el nuevo espécimen "terminado" desde el punto de vista anatomo-fisiológico. ¿Qué nos falta? Que vaya revelándose a través de comportamientos, y esto llegará antes que nada con el trabajo. El hombre se descubre bajo nueva luz a través de los intermediarios que le proporcionan el acceso a su entorno, esto es, las herramientas.

De donde el trabajo asume un papel decisivo: armado de las herramientas es cómo el hombre se desgarrá de la naturaleza, se vuelve contra ella. Para transformarla a su medida, hay un único

medio posible, la actividad complementaria de manos, lenguaje e inteligencia. El acceso al entorno es eminentemente activo, transformador no sólo del entorno sino del psiquismo. Es un reflujo. La inteligencia es exigida por sus logros que exigen mayores logros; ella vuelve hábiles las manos, las lleva a moverse según un plan mientras acelera la disposición para el lenguaje articulado.

De simple manipulador de objetos, tal cual la naturaleza los presenta, el hombre primitivo pasa a un grado superior: la fabricación de herramientas, ese filo que de un trozo de roca hará un idóneo instrumento cortante. Y la inteligencia no cesará en su carrera. La conciencia de sí... ¿dónde se hace patente? En el ceremonial de inhumación detectado en época relativamente reciente, unos cincuenta mil años atrás, marca una nueva pauta. Por primera vez el hombre repara en el hecho de la muerte, y le rinde culto.

Tal vez constituya el adiós a la condición animal. Allí donde se alcanza que la muerte se resuelve por el contrario: la vida. Experimentar la una es experimentar la otra: sólo puede morir lo que vive. La ruptura... advertir que esa ruptura sea la contrapartida necesaria de lo que se es, significa un paso en el proceso de adquisición de la conciencia de sí y el pasaporte definitivo al reino mental de los universales.

El discurso del hombre primitivo, de la subjetividad rastreada en sus oríge-



Nahum B. Zenil,
Retrato de boda,
1988

nes, muy poco recuerda el discurso cartesiano. Más bien suena así: trabajo, luego soy. Dentro de ese discurso cabe una versión nueva: muero, luego vivo, luego soy. De larga data el hombre se había descubierto como unidad: fabricando y manipulando las herramientas de trabajo, cuyo uso se compartía al seno de la horda.

No unidad a secas, sino unidad de trabajo, es decir, de signo más. Cada miembro de la horda adquiere un valor ante el resto, es el aliado en la lucha contra el medio hostil, y ésta concierne a todos por igual. Ahora frente a la muerte el mecanismo se invierte. El hombre se advierte unidad de signo menos. Ese de menos, la pérdida del aliado, le lleva a culminar la conciencia de sí y adquirir el hombre la noción de su fin.

Las tumbas del hombre primitivo —y la idea que conduce a crear con ellas el ceremonial de inhumación y el culto a la muerte— nada tienen que ver con las tumbas de nombre y apellido que burguesamente tienen reservado un lugar en los cementerios. Tienen que ver más bien con la del soldado desconocido: dado de baja en acción de guerra.

Guerra contra el medio hostil y contra el hambre, tal el hombre primitivo. Sus armas: arco y flecha para la caza, arpón para la pesca, un palo para descargar sobre el tronco del árbol —y de una vez hacerse de sus frutos en lugar de tomarlos uno a uno a la manera del primate—, cuchillo de piedra para descamar o despellejar la presa. El fuego naturalmente vendrá en su ayuda. Y todo para volverse en contra de otra horda cuando una misma fuente de subsistencia cae en disputa.

El proceso de adquisición de la conciencia de sí se nutre en la muerte del otro, y esa muerte involucra a todos por igual. El hombre es a condición de un conjunto y en esa medida cuenta. Nadie en particular sino todos, la conciencia colectiva, rinde el ceremonial de inhumación y no se resigna a la pérdida, coloca en el vacío sentido la preocupación trascendental: junto al muerto

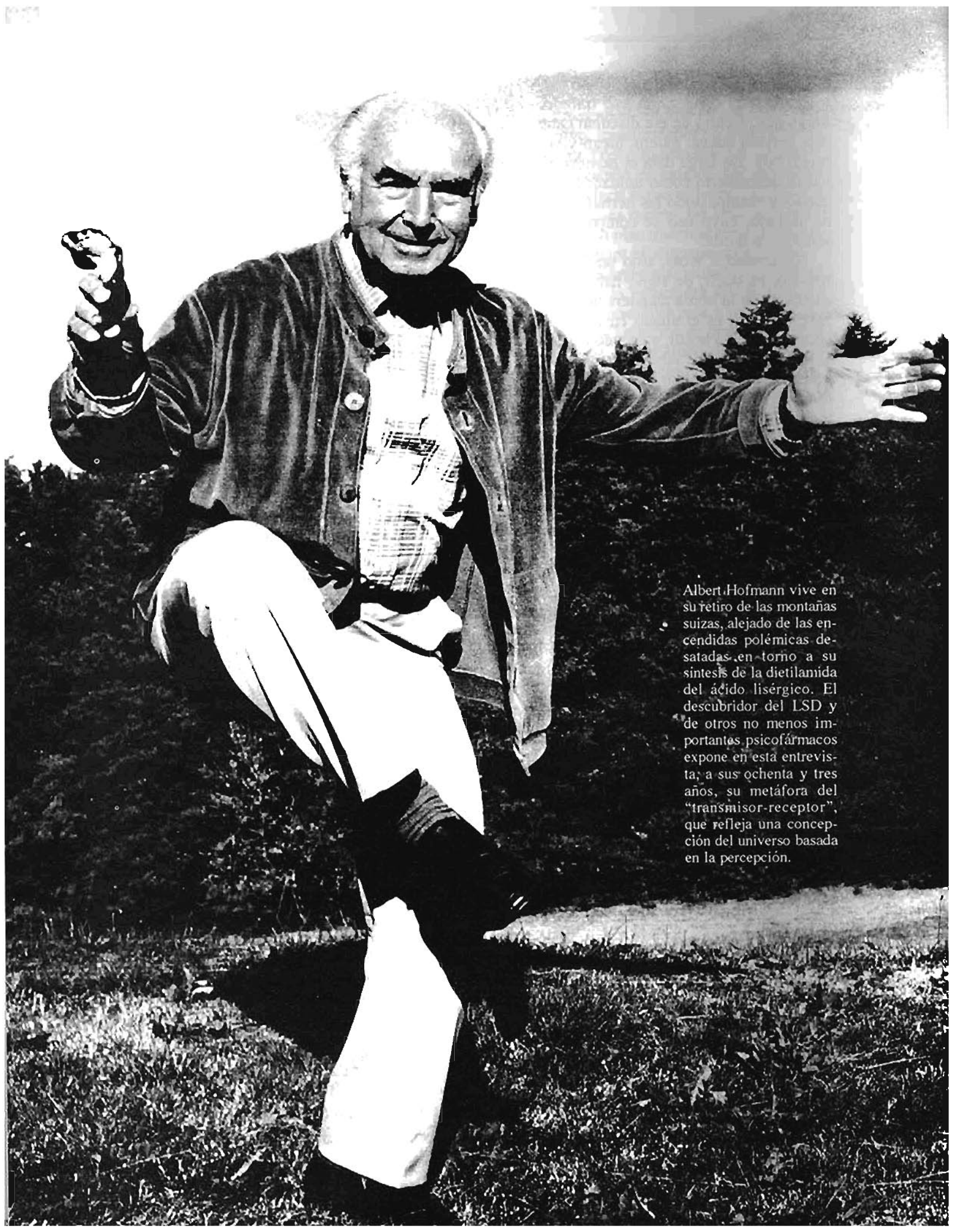


comienza a dejar adornos, armas, utensilios de que éste se sirviera en vida.

He aquí que el muerto hace caso omiso de la deferencia, no por ello cesa el culto, esos objetos le servirán en un más allá inasequible a los del más acá, pues la ruptura de la muerte es sólo relativamente aceptada. El aliado desaparece entre nos, los de la horda, pero en otro lugar le recobremos cuando sigamos tras sus huellas.

Es parte de la conciencia de sí ahora escindida, resuelta en un dualismo; el yo de lo real, el yo transferido. Cae bajo este concepto la religiosidad vista bajo el signo de los dioses y en sus formas más antiguas: animismo, tótem, tabú, ceremonias, pinturas rupestres u otros actos propiciatorios; así, en las paredes de las cavernas se disputa un venado cercado por cazadores, compañeros de horda. Es lo que se quiere que ocurra mañana en la jornada de caza. El deseo es tan fuerte que se cree propiciar el acto en su imagen previa; ésta se independiza de lo real y, dotada de lo mágico, se vuelve contra lo real con la orden: sométete al hombre.

En tanto la revuelta contra el hambre, patrono de la muerte, no pueda ser resuelta sobre la tierra, la mirada terminará elevándose a los cielos: allá tal vez las presas de caza, los peces y los frutos se prodiguen. Y para poblar ese otro mundo, cuyo gobierno escapa a las manos, la inteligencia convocará a los dioses. ¿Quiénes sino ellos serían capaces de proporcionar bienes inagotables?



Albert Hofmann vive en su retiro de las montañas suizas, alejado de las encendidas polémicas desatadas en torno a su síntesis de la dietilamida del ácido lisérgico. El descubridor del LSD y de otros no menos importantes psicofármacos expone en esta entrevista, a sus ochenta y tres años, su metáfora del "transmisor-receptor", que refleja una concepción del universo basada en la percepción.

EL ESPÍRITU COMO NATURALEZA*

Entrevista con Albert Hofmann

Antonio Escohotado

En el otoño de 1977 una muchedumbre llenaba el aula magna de la Universidad de California en Santa Cruz y sus inmediaciones, con el rostro pegado a las ventanas o el oído atento a los altavoces que difundían las ponencias de distintas celebridades en un simposio internacional. Nostálgicos o radiantes, desfilaron por el estrado y las primeras filas estrellas del rock y el cine, psiquiatras y orientalistas, la gente del Esalen Institute en Big Sur, agentes del servicio secreto disfrazados de hipsters, profesores de ciencias sociales, farmacólogos y periodistas de diversas confesiones. Un hombre de mediana edad aparentemente, sencillo traje gris y corbata se abrió paso con dificultad hacia la mesa, donde distintos micrófonos florecían como ramas de un arbusto metálico. Cuando las ovaciones se serenaron, el llamado "padre de la era psicodélica" desplegó unas cuartillas y empezó diciendo:

"Temo decepcionarles. Quizá esperaban a un gurú. En vez de eso se les presenta un químico."

Albert Hofmann, que por entonces superaba los setenta años, no se detuvo en más aclaraciones. Disertó sobre el tema que domina por encima de los demás mortales, describiendo las sutiles diferencias entre estructuras moleculares de distintas sustancias con psicoactividad. De vez en cuando apoyaba la lección con diapositivas —entre ellas cierta foto única de su principal descubrimiento— y hasta el último segundo mantuvo fascinado al heterogéneo público. Si muchos asistentes creían deberle experiencias inolvidables, muy pocos sospechaban que lo sentido y visto entonces pudiera concretarse de modo claro en radicales y cadenas atómicas.

Once años después, durante el otoño de 1988, el New York Times informaba sobre una nueva visita de Hofmann a tierras

americanas concretamente para inaugurar la fundación bautizada con su nombre, un fondo bibliográfico sobre lo que Carlos Castaneda define como "estados de conciencia alterada". Otra vez en California, ahora en Santa Rosa, empezó así su disertación:

"Se preguntarán cómo un químico puede atreverse a tocar el problema filosófico fundamental de la realidad [...] Pero la realidad se vincula en el habla del mundo material externo, al mundo de la materia, y la ciencia de la materia es la química. A nivel personal, añado que hace precisamente cincuenta años sintetice una sustancia que influye profundamente sobre la experiencia de la realidad".

Y, en efecto, el químico ha acabado sugiriendo un concepto del mundo —la "metáfora del transmisor-receptor"—, que pronto aparecerá en castellano bajo forma de libro. Sin embargo, desde los afanes del hombre de ciencia en su laboratorio o la aspiración del filósofo puro han transcurrido muchas décadas, no precisamente desprovistas de acontecimientos.

Hofmann nació en el cantón suizo de Aargau en 1906, en el seno de una familia humilde que quedó desamparada por la muerte prematura del padre. Pasó su adolescencia en el banco de taller de una fábrica, como primogénito responsable de los suyos, pero le fascinaba la investigación científica y —a costa de horas de sueño— cursó, simultáneamente, estudios de química en Zurich, que terminó en un tiempo récord y con premio extraordinario, culminando esa carrera académica con una tesis doctoral que hizo época, al describir por primera vez la hasta entonces enigmática estructura de la quitina. Los años duros quedaban atrás, y siendo fiel a una vocación sentida ya desde niño —la de conocer los principios activos de las plantas—, aceptó un puesto de investigador en el pequeño laboratorio que era Sandoz por entonces. Allí permaneció hasta su jubilación, con hallazgos que contribu-

* Tomado de *El paseante* No. 13, págs 116-121, 1989.

yeron notablemente a hacer de esa empresa un gigante farmacológico mundial. Fruto de esos años fueron descubrimientos que llama "comerciales" —tranquilizantes y analgésicos—, alternados con otros que le permitirían desarrollar fármacos todavía insustituibles en obstetricia y neurología.

Investigaba el misterioso hongo llamado cornezuelo o ergot cuando topó con la dietilamida del ácido lisérgico o LSD, un derivado semisintético que absorbió inadvertidamente, y a partir de entonces no sólo su vida, sino la de innumerables otros, experimentó una profunda modificación. Jünger y Huxley —también la CIA y la psiquiatría institucional— se apasionaron con el producto, unos creyendo que contribuía a ensanchar la cordura y otros que permitía desatar a voluntad la demencia. En cualquier caso, nadie discutió que esa sustancia y varias más de su especie, descubiertas por él durante los años cincuenta —como la amida del ácido lisérgico, la psilocibina, la psilocina y el tetrahidrocannabinol o THC—, eran el hallazgo psicofarmacológico más importante del siglo. Doctor honoris causa en Harvard, Zurich, Estocolmo y Berlín, a mediados de la década siguiente fue invitado por la Academia Sueca a pronunciar el ciclo de conferencias previas al otorgamiento de su galardón, que quedaría indefinidamente pospuesto cuando el conjunto de prometedores hallazgos se convirtió de la noche a la mañana en amenaza mortal para el orden establecido. Instado por el Pentágono a que colaborase en sus proyectos de armas químicas, y por la intelligentsia contracultural a hacer precisamente lo contrario —todo ello a partir de las mismas sustancias—, comenzó para él una época de perplejidad sólo apaciguada con la distancia crítica que otorga el paso del tiempo.

Hofmann vive en un lugar aislado, sobre la cumbre de una colina, al que se accede por una carretera estrecha y sinuosa donde van apareciendo pequeñas aldeas y castillos medievales, cañadas solitarias, praderas con lustrosas vacas pastando y hasta una abadía románica. Antes de entrar, el anfitrión me enseña "lo mejor del sitio" —un jardín de plantas raras y muy bellas, donde destacan diversos tipos de dondiegos—, mientras comenta con cierta malicia que Moctezuma le enseñó su jardín particular a Cortés cuando éste quiso ser conducido a su tesoro.

Convenimos en dar una vuelta, aprove-

chando el día soleado, y mientras Hofmann se entretiene en algo aprovechado para curiosar por la casa. En la muy envidiable biblioteca constato que algunos libros están dedicados por sus autores. El delgado volumen de *Las puertas de la percepción*, por ejemplo, se abre con la letra elegante de Huxley y las palabras: "Para Albert Hofmann, un hombre de ciencia que puede también pensar y sentir como un artista, con amistad y admiración". Observo lo mismo en libros de Michaux y en las primeras ediciones de todas las obras publicadas por Jünger, que evidentemente es un amigo íntimo.

Ya de retorno, sugiere que nos sentemos junto a la simple piedra miliar que marca la divisoria entre tierra suiza y francesa; desde ese punto se domina una enorme extensión de terreno, finalmente delimitada por los Vosgos alsacianos, y un providencial monte evita que se contemple el complejo fabril de Basilea, con las descomunales chimeneas de Sandoz, Roche y Ciba Geigy.

• • •

—La "metáfora del transmisor-receptor", ¿qué representa?

—Si un objeto refleja ondas electromagnéticas con una longitud de 0.7 milimicras lo llamamos rojo, y si se trata de ondas con una longitud de 0.4 milésimas de milímetro lo llamamos azul. Esto significa que la percepción del color es un evento puramente psicológico, subjetivo que acontece en el espacio interno de un individuo, en la pantalla que lleva dentro. Lo mismo sucede con el mundo acústico, y con el campo de la sensación en términos amplios. Basta por eso alterar la conciencia individual —usando medios químicos, por ejemplo— para que emerja una realidad distinta, no familiar. Sería absurdo suponer que esa alteración en el "receptor" ha creado una modificación en el "transmisor" o mundo externo que es sólo un continuo materia-energía. ¿Me explico claramente?

—No aún en las consecuencias. Parece una forma actualizada del idealismo alemán clásico.

—Pero no pretendo decir que el entendimiento conforme al mundo objeti-

vo, sino extraer dos conclusiones básicas. La primera es que nuestra realidad no posee un estado fijo, sino una existencia momentánea; por eso un niño, lastrado con tan escasa carga de memoria, percibe el mundo más intensamente que un adulto. La segunda conclusión es que jamás sobrevaloraremos el poder cosmogónico de los humanos; cada individuo es un creador que debe reinventar de nuevo su propio mundo. De una y otra cosa resulta que nuestra libertad —y nuestra responsabilidad— dependen directamente de nuestra capacidad para seleccionar lo que queremos recibir del programa infinito ofrecido por el universo.

—*El caso es que sigue habiendo un vacío entre mundo externo e interno, objetivo y subjetivo.*

—Si empleo la metáfora del transmisor cósmico y el receptor individual es justamente para indicar que la realidad, la realidad cotidiana, sólo puede experimentarse e imaginarse como la *totalidad* de transmisor y receptor. Sin ambos, a la vez, la pantalla del aparato de televisión permanecería vacía.

—*Y la cosmogonía subjetiva, que es una creación personal o individualizada de realidad, se coordina con la realidad objetiva creada y en trance de recreación que representa el universo.*

—En ambos casos es *realidad*, inmediatez de sentido, por lo cual no conviene insistir tanto en el sujeto y el objeto como en su compenetración. Usando el símil del televisor, podemos encenderlo o no, cambiar de canal, suprimir el sonido, prestar especial atención a esto o aquello, pero siempre dentro de unos parámetros comparables a los del artista, que inventa su obra pero no la creación. Tan pronto como el hombre asume su capacidad cosmogónica como una tarea racional, fruto de su libertad, comprende también que hay límites infranqueables para su albedrío, hechos que no pueden ser cambiados sin arrastrar a consecuencias catastróficas.

—*Lógicamente.*

—En vez de concebir el proceso como transmisión-recepción, la corriente judeo-cristiana ha impuesto el criterio

dominación-sometimiento, siguiendo el consejo que dice: “Haz de la tierra tu sierva”. Así el sublime logro de la civilización tecnológica, el confort de la sociedad industrial occidental, ha acabado por suscitar la destrucción de su medio. El mal uso del conocimiento adquirido, ese defecto radical de perspectiva, hace que todos los intentos actuales de enmendar el daño con medidas de protección ambiental tiendan a ser meros parches.

—*¿Por qué?*

—Porque la catástrofe no es tanto el nivel de destrucción ambiental ya alcanzado, como ignorar que llegamos a esa situación por falta de coraje y de oportunidades para perseguir la experiencia de una realidad más profunda. Es algo parecido a un círculo vicioso, pues la experiencia de una realidad más profunda —la experiencia de la unidad esencial de toda vida— se ve ahogada por un medio que manos humanas han exterminado, como acontece con nuestras grandes ciudades. En ellas parece especialmente evidente, necesario, el contraste entre uno mismo y el mundo exterior. Las sensaciones de una realidad dividida acompañan a la conciencia cotidiana allí donde impera la civilización tecnológica, y esas sensaciones morbosas ejercen un fuerte influjo en la



literatura y el arte moderno.

—*¿De ahí el vivir desde hace tanto tiempo en una aislada casa de campo, mostrando al visitante el jardín y los paisajes abiertos como un tesoro?*

—En un medio natural, y desde luego en cualquier jardín, es perceptible una realidad infinitamente más antigua, profunda y maravillosa que en cualquier cosa hecha por el hombre. Las plantas muestran con toda evidencia la inagotable y divina energía vital. Lo que se llama función clorofílica es simplemente el matrimonio entre la Tierra y el Sol, un proceso de asombrosa sencillez y eficacia, que funda el ciclo vital. Allí vemos la luz transformándose incesantemente en atmósfera. Pero no estoy proponiendo un retorno roussoniano a la naturaleza, que ya entonces —a finales del siglo XVIII— reacciona ante el sentimiento de una escisión entre el hombre y la fuente de la vida. Lo necesario es que cada cual busque dentro de sí una experiencia propiamente mística, la experiencia de la vida en su unidad.

—*El misticismo tiene bastante de tópico, y de ambiguo, al menos para la sensibilidad actual. La tradición llamada mística alterna himnos de alabanza a lo terreno con posturas de ascetismo puritano, orientadas a una u otra "mortificación de la carne". Sin ir más lejos, el muero porque no muero de Teresa de Ávila parece justamente a caballo entre lo uno y lo otro.*

—Llamo "místico" al maravillarse, a la plenitud de sentido que nos embarga porque sí, quizá ante algo insignificante, a veces hasta el punto de hacernos llorar de alegría. Mi primer recuerdo de una emoción así viene del final de la infancia, mientras cruzaba el bosque por un camino ya recorrido muchas veces. La percepción rutinaria cedió a una

unidad donde la luz, los aromas, los ruidos y las cosas brillaban armoniosamente. Experiencia mística es sinónimo de belleza conmove-

dora.

—*Pero ¿cabe sentir algo así practicando el erotismo, por ejemplo?*

—Pocas cosas necesitamos tanto como una ciencia y una cultura del placer, que permitan rescatar la sexualidad de su estatuto subterráneo, o de su empleo como reclamo publicitario. Entendámonos: la nutrición es de suma importancia para el espíritu. Y ningún alimento le es tan básico como el amor en todas sus formas, empezando por la sexual. La cultura y la ciencia del placer se fundarán sobre afrodisiacos, o no llegarán a existir fuera de pequeños focos periféricos. Hasta Tomás de Aquino reconoció que existimos para ser dichosos: *ultimo finis beatitudo est*. Pero conspira contra esa finalidad cualquier oposición entre cielo y tierra, alma y cuerpo, naturaleza y espíritu. Me gusta mucho más una definición que leí de la belleza como promesa de dicha. La belleza es siempre un sentimiento de acuerdo, una conciencia que supera la escisión del sujeto y el objeto.

—*Si no me equivoco, en esto reside el interés de ciertas sustancias con efectos visionarios.*

—El genio griego intentó prevenir lo que se sigue de una realidad dividida complementando el concepto apolíneo del mundo con la experiencia dionisiaca, y aboliendo periódicamente el dualismo mediante ceremonias de ebriedad extática. Es probable que no sólo en las iniciaciones báquicas, sino en los demás cultos místicos antiguos —sobre todo en los fundamentales, los de Eleusis—, se emplearán sustancias capaces de alterar a fondo la actitud del "receptor".

—*Se supone que el "emisor" es Dios.*

—Siempre que este concepto no se emplee para embaucar. Podemos llamarlo Creación: es lo que se revela en la experiencia mística. Sea cual fuere su pretexto —un paraje, un gesto, una caricia— esa experiencia nos sumerge en



una realidad que expresa amor. Su lenguaje es la historia natural, el proceso del mundo.

—En *Die Annäherungen* (Aproximaciones) *Jünger habla con ambivalencia de un "cristianismo joánico" entre las actitudes posibles ante el presente.*

—En el principio era el logos, y el logos era amor. La fórmula me vale. Pero me vale como asunto de experiencia, no de creencia. Creer es propio del que no se atreve a intentar percibir. Cuando se suspende el velo de rutinas aparece el "espíritu de la verdad" mencionado por el cuarto evangelio. En esencia, el espíritu de la verdad nos hace comprender que la razón objetiva, los otros y yo somos uno. Jesús es una criatura divina, como nosotros, y hablar del superhombre es el modo más directo de decir que necesitamos crecer. La religión común debería anclarse sobre el ciclo vital, que, como antes sugerí, es un matrimonio del cielo y la tierra.

—*Sin embargo, entre el receptor y el emisor hay distintas pantallas. Algunas parecen aclararlo todo bastante, como la dietilamida del ácido lisérgico, y otras contribuyen a enturbiarlo.*

—La LSD no es una droga como algunas otras.

—¿No?

—Es inútil intentar enturbiar nada con ella. Ni el engaño propio ni el ajeno encuentran campo para desarrollarse. Los pueblos que siguen comulgando periódicamente con sustancias afines, se preparan y purifican de algún modo (abluciones, ayunos, otras abstinencias) antes de suspender lo rutinario y decidirse a *viajar*. No es un pasatiempo, y quien inculpa la regla se arriesga a una experiencia aterradora.

—*Graves llamó "impiedad" al uso frívolo de fármacos visionarios, y Michaux dijo que el riesgo era "perder el alma". Pero Huxley insistió en que los viajes aterradores podían ser espiritualmente tan útiles como los beatíficos.*

—Eso depende de las personas. Estoy con Pasteur cuando admitía el papel del azar en los hallazgos, reconociendo al mismo tiempo que sólo favorece a los

espíritus preparados. La toxicidad —es decir, la proporción entre dosis activa y dosis mortal— no ha llegado todavía a determinarse en el caso de la LSD, pues se conocen casos de personas que han llegado a ingerir de golpe seiscientas dosis sin sufrir otra cosa que el susto inicial, y no hay un solo caso de intoxicación con resultado de muerte. Orgánicamente es asombroso que pueda inducirse una experiencia psíquica de tales proporciones con tan mínimas secuelas fisiológicas. Empleando LSD pura, los peligros son mentales exclusivamente, pero no puedo estar de acuerdo en que los *viajes* aterradores sean siempre tan fructíferos como los otros; además de la preparación, que es esencial, hay muchas personas incapaces por constitución de asimilar provechosamente ese tipo de experiencia. Si alguna vez vuelve a autorizarse el uso médico y científico de la substancia —como empiezan a reclamar psiquiatras e investigadores de todo el mundo— dichas personas serán excluidas de antemano, evitando así episodios inútilmente desagradables. Con esto no quiero decir que puedan disociarse momentos de plenitud y momentos de desamparo (lo que Huxley llamó cielo e infierno en el trance visionario), sino tan sólo que cierto porcentaje de la



humanidad no sacará provecho alguno desempolvando las puertas de su percepción.

—*Algunos ven la LSD como un alimento espiritual, capaz de llevar incomparablemente más lejos que ningún otro psicofármaco. Con todo ¿cómo se entiende la bajada que pone fin al viaje?*

—La LSD pura no induce bajada. Ese efecto proviene de la anfetamina añadida, de otros adulterantes o de que el químico no ha logrado sintetizar exactamente la dietilamida del ácido lisérgico. A las ocho o diez horas lo normal es que se produzca un estado de relajación seguido por un sueño tranquilo, sin desasosiegos ni agotamiento depresivo.

—*¿Sería indiscreción preguntar cuántas veces ha tomado LSD?*

—Hace falta tiempo para prepararse adecuadamente, y más tiempo aún para asimilar la experiencia. Habré hecho unos treinta ensayos.

—*Treinta ensayos en cincuenta años...Leary y otros recomendaban un uso semanal, o cuando menos mensual.*

—Leary es un payaso. Simpático, pero payaso.

—*También ha descubierto usted la psilocibina, otro fármaco de esa familia, y supongo que ha experimentado personalmente con él.*

—Bastantes menos veces. Aunque sea muy interesante, prefiero la LSD.

—*¿Y la MDMA o éxtasis?*

—Probé en California, hace cuatro años. Tiene una sorprendente capacidad para estimular la comunicación y generar afecto. Un afrodisiaco en sentido amplio, no genital, de una toxicidad no despreciable.

—*¿No le parece una LSD sin aristas,*

la droga psicodélica de una era caracterizada por sucedáneos?

—Es menos claro como vehículo de experiencia. Si se compara con la LSD, la psilocibina o la mescalina, no es inexacto llamarlo sucedáneo. Sin embargo parece un fármaco útil para varias cosas: desgraciadamente, la legislación actual impide investigar hasta qué punto lo es o no.

—*Esto me recuerda la sentencia de Paracelso: sola dosis facit venenum.*

—La frontera entre lo útil, lo inútil y lo perjudicial depende evidentemente de las dosis. Y no sólo de dosis singulares, sino de su frecuencia por unidad de tiempo.

—*El caso es que empezamos hablando de filosofía, y temo haber caído en el tópico de preguntar aquello que todo el mundo le pregunta.*

—Puede decirse que ciertas sustancias están ahí para ser ensayadas o evitadas, no para disertar simplemente.

Pero es también oportuno promover una cultura farmacológica que sustituya a la barbarie reinante. Por lo demás, prefiero hablar de filosofía.

—*He sacado en limpio que, a su juicio, estamos inmersos en una sociedad tecnológica hostil a las revelaciones místicas. Aunque tecnología y misticismo no son cosas incompatibles.*

—Desde luego.

—*Como no son incompatibles espíritu y naturaleza.*

—Desconozco espíritus distintos de los que alberga la naturaleza.

—*Jünger ha dicho que todo placer es en el fondo placer del espíritu. ¿Suscribiría ese juicio?*

—El placer quiere eternidad. Para los goces, podríamos atenemos al espíritu como naturaleza.



EN LOS ORÍGENES ERA EL PUEBLO DEL GRAN RÍO*

François Monier

Aquí el río es inmenso, grandioso. A un millar de kilómetros de su desembocadura, las aguas cafés del Amazonas se mezclan con las aguas claras de los ríos Tapajos y Xingú. De un lado, los acantilados de pizarra dominan el cauce majestuoso. Del otro, los pantanos plenos de rosales bordean el altiplano cubierto de árboles gigantes. A lo lejos en las montañas, las cascadas atraviesan la selva. En este paisaje de sueño, una joven arqueóloga americana, Anna Roosevelt ha descubierto una civilización perdida. Aquí, entre Santarém y Teperinha hace ocho mil años, grupos indígenas se instalaron. Luego construyeron ciudades, fabricaron herramientas y vasos en tierra cocida. Una de las primeras sociedades americanas nació en este paraíso tropical. Esta revelación ha estallado como un estruendo de tormenta en el mundo de la arqueología. El año en que se celebra el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, he aquí que se escribe un nuevo capítulo de la historia de esta parte del mundo.

Según los historiadores, la Amazonia no contaba para nada en el pasado del continente. Hasta ahora, se decía que las culturas americanas se habían desarrollado en los altiplanos de México o al pie de los Andes. Tardíamente, sin que se sepa bien como, los grupos humanos habrían llegado a la zona que nos ocupa. Con el descubrimiento de Anna Roosevelt, será necesario admitir que el Amazonas, uno de los ríos más grandes del mundo, vio nacer sobre sus riberas una muy antigua civilización. Después de todo, otras grandes culturas se han desarrollado al borde de las aguas: por ejemplo la

sumeria, nacida entre el Tigris y el Éufrates, la egipcia, aparecida a lo largo del Nilo, como las ciudades del Indo.

No fue por azar que la brillante Anna se detuvo en ese rincón perdido de la jungla brasileña, entre Belém y Manaos. "Desde la edad de nueve años, mi madre me llevaba a los sitios arqueológicos de los Estados Unidos. Ahí es donde nació mi vocación", cuenta ella. Luego de realizar estudios en Stanford y después en Nueva York, la joven norteamericana se especializó en arqueología tropical sudamericana. "Me preguntaba por qué esas regiones en las que las tierras son potencialmente ricas y en donde los animales abundan, no tendrían también un pasado". Sus primeras excavaciones las hace en 1973 en la desembocadura del Orinoco, en Venezuela. Anna aplica en este sitio los métodos de la nueva arqueología: se estudian de manera científica la naturaleza de los suelos, los restos de semillas y de madera, igualmente se hace con los desechos dejados por los antiguos habitantes junto con los restos de sus viviendas y cerámica.

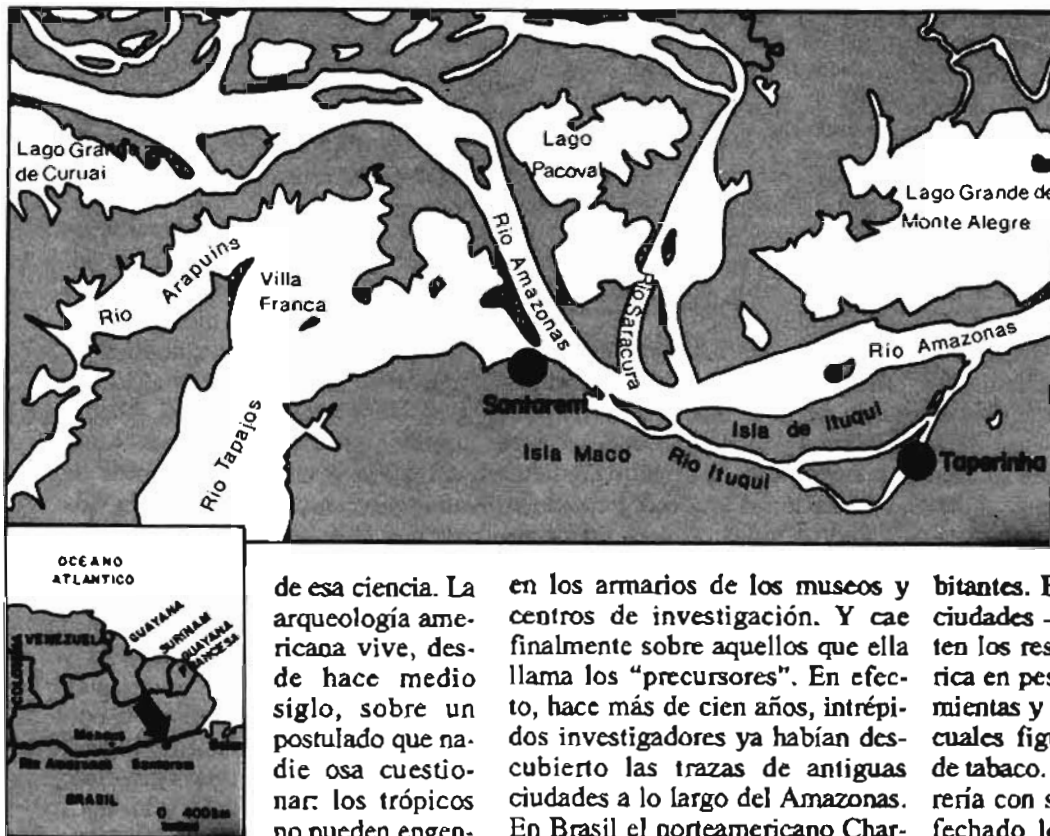
Esta primera experiencia le permitió descubrir campamentos antiguos de hace cuatro mil años y campos cultivados de maíz arcaico. Todo la incita a continuar sus investigaciones sobre el pasado amazónico: visita el Museo de Historia Natural Emilio-Gueldi de Belém, en la desembocadura del Amazonas. El Director José Seixas Laurencio, geofísico de formación, se hace también preguntas sobre la prehistoria de los trópicos. Él le propone entonces a Anna organizar un equipo estadounidense-brasileño para trabajar en un sitio que considera apasionante: Marajo. Esta gran isla en la desembocadura del Amazonas está sem-

brada de centenas de túmulos en donde los arqueólogos han encontrado soberbias cerámicas enteramente cubiertas de motivos geométricos, pero no han sido bien fechadas. Este estratégico sitio fue ocupado hasta el año 1000. Al continuar sus investigaciones Anna completa los descubrimientos de su predecesores, deduciendo la vida de sus antiguos habitantes. Jefes poderosos construyeron ahí sus residencias sobre plataformas, ordenaron vajillas pintadas, ofrecieron a sus mujeres túnicas bordadas y joyas, enterraron a sus muertos en urnas decoradas. Pero según la opinión de todos los antropólogos, Marajo constituiría una aberración: ¿cómo pudo nacer todo esto, lejos de las civilizaciones faro de América: la azteca y la inca? Unos plantearon una colonia fenicia, otros hablaron de grupos andinos extraviados. Se evocaron todas las hipótesis, salvo aquella que empujó a Anna y a José a reemprender los estudios en el campo. Para ellos, los marajones forman uno de los eslabones de un mundo amazónico completamente ignorado.

Los dos investigadores hacen fechar el material con carbono 14 para tener certeza: las copas más antiguas datan de 400 años dC., mucho antes de que los incas edificaran sus palacios en el Cuzco, antes de la construcción de los templos mayas. Otra sorpresa: las últimas cerámicas tienen una antigüedad que se remonta al siglo XIII, justo antes de la conquista española. Una rica sociedad amazónica se ha desarrollado entonces en la isla durante cerca de mil años. Los antropólogos están conmocionados.

En la medida en que el gran público aplaude esta revelación, los expertos hacen mala cara, porque se trata ciertamente de un crimen

* Tomado de L'Express N° 2115, Enero de 1992, pp. 49-51.



de esa ciencia. La arqueología americana vive, desde hace medio siglo, sobre un postulado que nadie osa cuestionar: los trópicos no pueden engendrar sociedades

evolucionadas porque éstas se degradan con el contacto con la jungla, de la misma manera en que se pudren las hojas y el bosque. Los grandes sacerdotes de ese dogma, Betty Meggers y Clifford Evans han dominado su disciplina desde los años cincuenta hasta nuestros días. Instalados en puestos claves - el Instituto Smithsonian, en Washington y el Comité Científico de la National Geographic Foundation-, desde hace cuatro decenios bloquean los créditos y las publicaciones de todos aquellos que no comparten sus ideas. Algunos han pagado caro, como Donald Lathrap que hace quince años intentó incursionar en Brasil y en Perú para demostrar la antigüedad de las sociedades amazónicas. Meggers y Evans lo clavarón en la picota, llevando contra él una lucha sin piedad, hasta que abandonó todos sus proyectos de investigación.

Anna no ha tenido temor de esos dos emperadores de la América antigua. Por el contrario, se dedicó a buscar en los archivos y

en los armarios de los museos y centros de investigación. Y cae finalmente sobre aquellos que ella llama los "precursores". En efecto, hace más de cien años, intrépidos investigadores ya habían descubierto las trazas de antiguas ciudades a lo largo del Amazonas. En Brasil el norteamericano Charles Hart hacia 1800, los etnólogos William Farabee y Curt Nimuendaju medio siglo más tarde, demuestran que alrededor de Santarém, verdaderas ciudades han sido gobernadas por jefes, en la misma época en que nacían las ciudades griegas, cuatrocientos años antes de la era cristiana. Desgraciadamente los tres pioneros mueren prematuramente sin haber tenido el tiempo de poner sus notas en orden. Los objetos conseguidos a través de sus excavaciones, esperan, sumergidos en el polvo de las reservas de los museos, a que alguien los haga hablar.

Quien lo hará será Anna. Examina miles de tiestos de Belém a Río, de Göteborg -en Suecia- al Peabody, en Harvard. El célebre laboratorio de Oxford acepta someter estas piezas a la prueba del carbono 14 y a la espectrografía de masas. ¡Increíble: los pedazos ocre de tierra cocida tendrían seis mil años! "La suerte le sonríe a aquellos que saben preguntar y perseverar", comenta la norteamericana, quien obtiene créditos para llevar adelante una temporada de

campo en la región de Santarém adonde regresa en 1987. Ahí, entre la sabana y la selva exuberante, sus descubrimientos van más allá de sus esperanzas. Verdaderas ciudades cubren centenas de hectáreas, con caminos, construcciones de piedra y madera. La aparición de canales prueba la existencia de una agricultura organizada. Santarém en su apogeo debió de cobijar de cien mil a doscientos mil habitantes. En los desechos de estas ciudades -los depósitos-, subsisten los restos de una alimentación rica en pescado, residuos de herramientas y objetos rituales entre los cuales figuran las primeras pipas de tabaco. Y además, toda esa alfarería con sus viejas escudillas -el fechado lo prueba nuevamente- de ocho mil años. "Prueba de que la región ha sido habitada desde los tiempos más antiguos. A partir de ahora, no se podrá abordar la arqueología de América ocultando los trópicos", dice triunfal Anna Roosevelt, ahora instalada en el prestigioso Museo de Historia Natural de Chicago.

En los primeros años de la conquista, portugueses y españoles se sorprendían de ver a lo largo del inmenso río del Amazonas, tantas casas, templos, barcas de indios. Un siglo más tarde, todo ha desaparecido, aniquilado por la colonización. "Sin embargo esta región ha sido probablemente una de las más pobladas del Nuevo Mundo", comenta Anna Roosevelt. Para probarlo, se preparan nuevas expediciones, siempre en el trópico, siempre al borde del agua. "Se ha privilegiado demasiado a los sitios de tierra firme, más fáciles, mientras que los índices de la Historia están escondidos probablemente en el cieno".

Traducción: Ricardo Téllez Girón

TAXOL: ¿UNA CURA EFECTIVA PARA EL CÁNCER?

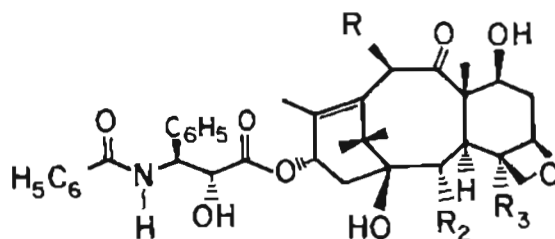
Desde mediados del año pasado ensayos clínicos en pacientes indican que el taxol es un tratamiento realmente efectivo contra los casos de cáncer avanzado de mama. Esta substancia es un constituyente de la corteza de los árboles del tejo*. Por desgracia esta molécula tiene todavía algunos problemas para su uso clínico, como son su baja solubilidad en agua y su escasez. Sin embargo, como se reporta en la revista *Science* (Vol. 256, p. 311), se están haciendo grandes esfuerzos para lograr la síntesis del taxol. Diversos investigadores están tratando de aumentar la provisión de taxol y, de ser posible, incrementar su actividad, ya sea obteniéndolo por síntesis orgánica completa, o a partir de algunos derivados que permitan generar un compuesto más potente, menos tóxico y más simple que el original. Parte del problema con el suplemento del taxol es que la corteza del árbol del que se obtiene se encuentra en bosques que están protegidos para salvaguardar una especie particular de búhos que se encuentran en peligro de extinción. Se calcula que de demostrarse plenamente su eficacia, alrededor de cien mil pacientes requerirían esta droga anualmente en los Estados Unidos. Para obtener la provisión necesaria de droga anual para cada paciente es necesario talar al menos seis árboles. Tal consumo llevaría a una destrucción inmediata de la fuente de obtención del producto (ver *Science*, 28 de junio de 1991). Adicionalmente, esto implica la destrucción del habitat natural de los búhos, y una destrucción ecológica masiva.

El taxol está constituido por un complejo de anillos moleculares con diversas cadenas laterales. Por sus características, no es posible sintetizarlo en el laboratorio. Diversos grupos de investigación están

actualmente tratando de obtener el taxol de fuentes alternativas. Investigadores franceses han obtenido una molécula semejante al taxol a partir de las hojas de un árbol europeo; esta molécula denominada taxoter, tras una serie de alteraciones químicas, muestra una mayor solubilidad al agua y parece ser aún más potente y mucho más simple de obtener que el taxol. Por otra parte, investigadores de la Universidad de Stanford en los Estados Unidos, están tratando de obtener el taxol a través de un derivado del pino denominado pinene. Un enfoque completamente diferente es el que ha adoptado una compañía farmacéutica de California, la cual ha dado un tratamiento biológico más que químico al problema, tratando de crear cultivos masivos de plantas que permitan obtener el taxol en grandes cantidades.

A pesar de la dificultad para su obtención, diversos reportes indican que esta substancia tiene una clara utilidad en el tratamiento del cáncer, especialmente en casos de cáncer de mama, ovario y del pulmón. Por ello, son grandes los esfuerzos que se están realizando para aumentar su disponibilidad. Está claro que el taxol es la primera molécula que muestra una clara actividad contra las células cancerígenas, y que permite tratamientos con un buen índice de curación, abriendo una clara esperanza de sobrevida para millones de pacientes afectados por diversos tipos de cáncer.

Enrique Soto Eguibar



TAXOL

* El árbol del tejo es un miembro de la familia de las taxáceas, de la clase de las coníferas. Esta familia comprende unos pocos árboles y arbustos del hemisferio boreal. Crece en laderas y barrancos sombríos, y se sabe que posee un alcaloide venenoso para los animales y el hombre. Es un árbol escaso y en los Estados Unidos se localiza exclusivamente en la región del Pacífico al Noroeste.

EL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO

La compañía General Motors de los EU, ha decidido desarrollar y comercializar un automóvil eléctrico. La General Motors pretende sacar a la venta su primer auto eléctrico en los años 1993-1994, y éste tendrá un costo entre veinte y treinta mil dólares. Esto es debido a que en 1990 se promulgaron regulaciones en las que se establece que al menos el dos por ciento de todos los automóviles vendidos o que circulen en el Estado de California (EU) en el año 1998 deberán ser automóviles que no produzcan emisiones contaminantes. Según se ha establecido, este porcentaje deberá incrementarse anualmente, y en el año 2003, al menos diez por ciento de los automóviles deberán circular sin producir contaminantes. Ésta es la razón por la cual la General Motors decidió convertir su planta de Lansing Michigan, que producía el automóvil Buick Reatta, en una planta de desarrollo experimental de automóviles eléctricos. El auto eléctrico, en su diseño actual, está hecho con un chasis de aluminio, y se caracteriza por tener un bajísimo coeficiente de fricción con el aire. Lleva el nombre de IMPACTO, funciona con baterías convencionales de plomo y ácido. En su versión experimental desarrolla velocidades de hasta setenta millas por hora, y puede circular por periodos de dos horas, o sea, cerca de doscientos kilómetros sin necesidad de recarga. Sin embargo, luego de este periodo debe ser conectado a un tomacorriente para recargar sus baterías. Por su diseño y rendimiento, durante algunos años, este auto será usado sólo por aquellas familias que tienen otro automóvil de tipo convencional (de gasolina), y será como un automóvil secundario, especialmente considerando el bajo rendimiento de las baterías. Para alcanzar este nivel de rendimiento, apenas razonable, los ingenieros de la General Motors han debido combinar un sistema de baterías de muy alta eficiencia con un diseño que presenta una mínima resistencia al aire; en particular el diseño del IMPACTO le da un coeficiente de arrastre de 0.19 en tanto los mejores automóviles convencionales tienen coeficientes cercanos a 0.26. Para alcanzar este nivel ha sido necesario combinar baterías de alta eficiencia, un diseño avanzado y fuertes restricciones en el peso total del automóvil. En particular, respecto al peso se ha determinado que éste no deberá rebasar las mil doscientas libras.

Las treinta y dos baterías del IMPACTO tienen un costo de alrededor de mil quinientos dólares, y una vida promedio de veinte mil millas, o sea, cerca de treinta y dos mil a treinta y cuatro mil kilómetros. Obviamente la gran inversión que General Motors ha realizado en el desarrollo de este automóvil, involucrando en el mismo toda una planta y más de doscientos empleados, impone una situación altamente crítica en cuanto al impacto económico que esto pueda tener en la propia compañía; como quiera que sea, el automóvil es todavía un diseño de baja eficiencia. Se espera que en un inicio haya muchos clientes que estén dispuestos a adquirirlo, a pesar de su alto costo, pero aún está por verse si desde el punto de vista económico constituye un éxito o un fracaso. El costo de operación del automóvil es un poco más bajo que el de los automóviles de gasolina, ya que prácticamente no requiere mantenimiento, no usa

Fischetti, M., "Here comes the electric car, it's sporty, aggressive and clean", *Smithsonian*, vol. 23, 1992, pp. 34-43.

Sticks, G., "Electric car pool", *Scientific American*, vol. 266(No. 5), 1992, pp. 82-83.

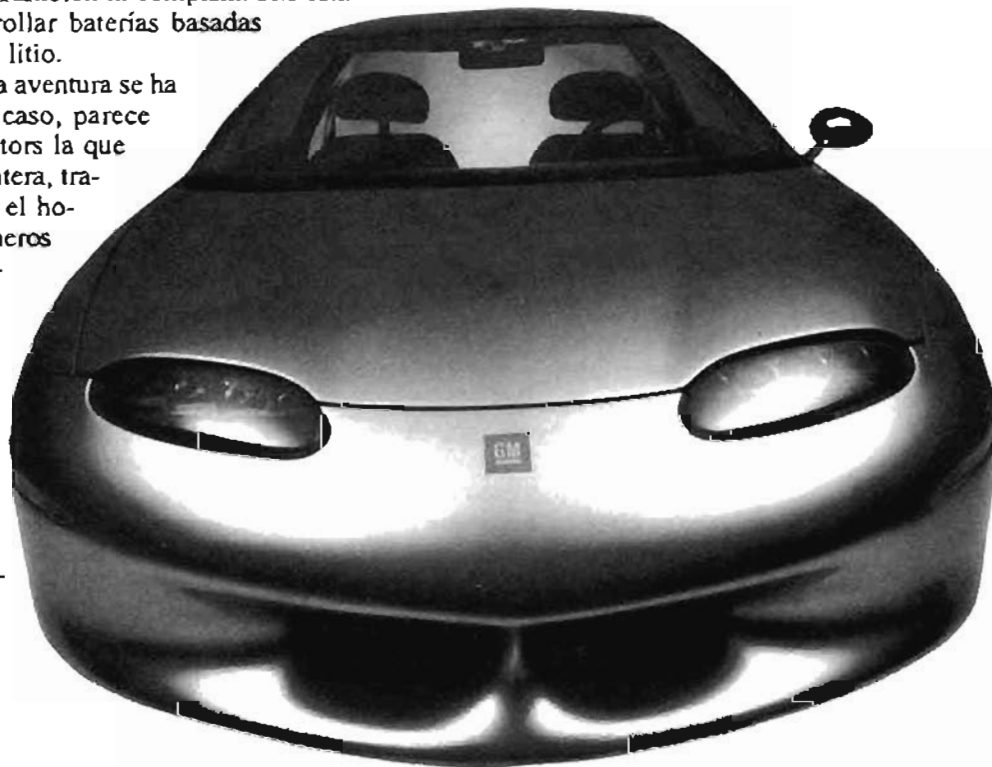
aceite, no necesita carburación ni ningún otro tipo de reparación, por tanto, desde el punto de vista de servicio es un automóvil mucho más económico y el consumo total de energía es de veinte a treinta por ciento más barato que en los autos de gasolina. Todo esto aún considerando el recambio que debe hacerse de las baterías cada cierto número de kilómetros.

Cabe mencionar, que aunque la General Motors es la que tiene más avanzado su automóvil eléctrico, el cual ya fue presentado públicamente por el presidente de los Estados Unidos en el mes de abril. La Nissan, la Honda, la Ford, la Peugeot, la Chrysler, la BMW y la Volkswagen están también trabajando en el desarrollo de automóviles eléctricos. En particular, la Volkswagen está lista para producir un modelo denominado Swatch-móvil que es un híbrido de automóvil eléctrico y de gasolina, el cual tendrá un costo de alrededor de seis mil dólares. Según la VW, este automóvil será suficientemente grande para llevar dos personas y dos paquetes de cervezas.

Como puede verse, está por iniciarse una nueva era en el desarrollo de los automóviles; ésta será la era del automóvil eléctrico, y ello implica que el número de grupos de investigación que se dedican al desarrollo de baterías más eficientes se haya incrementado drásticamente. Según la revista *Scientific American*, se prevé que las baterías pasarán de tener una carga de 25 a 40 Watt-hr/kg a 200 Watt-hr/kg, esto es entre cinco a ocho veces más eficientes. De ser así, de un radio de recorrido de cuarenta a cien millas, pasarán a recorrerse más de trescientas millas sin recarga, y tendrán una vida útil de hasta diez años. Parece que las baterías actuales de plomo y ácido serán sustituidas en 1994 por baterías de sulfuro de sodio y, para el año 2000, por baterías de aluminio de litio y bi-sulfuro de hierro. También la compañía 3M está tratando de desarrollar baterías basadas en un polímero de litio.

Como vemos, la aventura se ha iniciado. En este caso, parece ser la General Motors la que ha tomado la delantera, tratando así de tener el honor de ser los primeros en lanzar al mercado un automóvil totalmente eléctrico y con ello, probablemente, devolver a los EU los años gloriosos de los cincuenta, cuando eran los amos de la industria automotriz.

E. Olluc



LA ESTATUA INTERIOR

François Jacob

Editorial Tusquets, Barcelona, 1989

Los científicos parecen personas aburridas, siempre encerrados en laboratorios y bibliotecas, con poco tiempo para divertirse, y con ideas y actitudes poco imaginativas. Sin embargo, algunas biografías de científicos resultan fascinantes. Tal es el caso de la biografía de François Jacob quien revela una especial capacidad para percibir el significado de diversos acontecimientos en su vida.

François Jacob teje con su infancia un relato del cual es imposible sustraerse, la imagen de sus familiares se dibuja con tal fuerza, que se constituye en un elemento que propicia la reflexión en torno a la vida del propio lector. Paralelamente a los fragmentos que Jacob recuerda, vienen a la mente imágenes de uno mismo en diversos momentos, ya jugando, en casa con los padres, en la escuela o imaginándose solitario. Ello se debe indudablemente al profundo sentido humano del texto, a la manera de expresar las pasiones y acontecimientos que definen plenamente el sentido del ser niño.

El inicio de los estudios de licenciatura significa un rompimiento que acaba con la adolescencia, con el jugueteo. De la Facultad de Medicina Jacob hace una penetrante descripción. La sala de disección con su olor a formalina y sus cadáveres apergaminados. La disección del espacio crural, la náusea, el encanto y el terror de la muerte. Espacio de indefinición que obliga a debatirse entre el más sólido nihilismo y la curiosidad desenfrenada de un Vesalio redivivo.

Indudablemente la Segunda Guerra Mundial ofreció a toda una generación la aventura que de otra manera quizá jamás habrían tenido. La fatalidad se constituye en un elemento esencial en la vida de los europeos de las generaciones de los años veinte y anteriores. Jacob no es la excepción, y en su vida el periodo de guerra resulta la gran aventura. Los cuatro a cinco años de desastre le ofrecieron una oportunidad única de reflexión y autoconocimiento. La coincidencia de una grave lesión contribuyó de manera determinante a su dedicación al estudio de la genética. Es sorprendente la concatenación de hechos fortuitos y acontecimientos inesperados que definen una vocación. Se dice que el hombre es producto de sus circunstancias, pero éstas parecen inaprehensibles. Tal es el caso que nos ocupa, y de quien estoy seguro, sus conocidos y amigos de finales de la década de los cincuenta, no sospecharon llegaría a ser un personaje de nuestro tiempo.

En el proceso de volverse un científico, es reducido el número de circunstancias que definen el éxito. Una de ellas, especialmente relevante, es el tener un verdadero profesor así como colegas de alto vuelo intelectual. Pareciera que la inteligencia científica se adquiere por contagio, por contacto directo con aquellos que la poseen. François Jacob hizo una elección correcta y llegó a trabajar al Instituto Pasteur bajo la dirección de André Lwoff y en la cercanía de Jaques Monod (con quienes compartiría el premio Nobel de medicina en 1965).

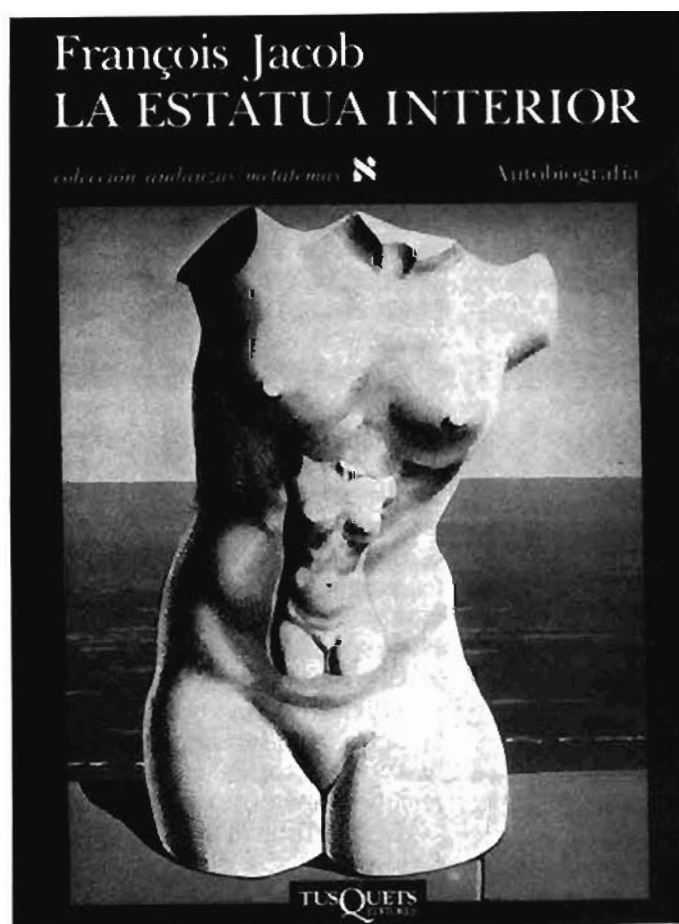
Desde su ingreso al Instituto Pasteur como investigador, Fran-

çois Jacob parece haber sostenido una actitud autocrítica profunda. En este sentido escribe: "¿Cuántos años se necesitan, en biología, para llegar a hacer algún descubrimiento de cierta envergadura? ¿Diez años? Quizás quince. Pero al cabo de cinco años ya se tendría que tener una idea de hacia dónde se está yendo: si hacia el éxito o hacia el desastre. Había que ser lúcido. Bruscamente, decidí concederme cinco años para saber si tenía alguna posibilidad en esta profesión. En caso contrario tendría que renunciar". Esta actitud crítica y definitivamente anticonformista, aunada a una inteligencia preclara y a circunstancias favorables, constituyen los elementos, "la buena fortuna", que dieron a este hombre el reconocimiento mundial por sus aportaciones a la comprensión de los mecanismos básicos de funcionamiento y control de la expresión genética.

El François Jacob científico, maduro, es especialmente penetrante y entiende con toda plenitud las singularidades de su trabajo experimental, sin menoscabo de sus implicaciones más generales y de sus repercusiones filosóficas. Concibe la ciencia como una hazaña del intelecto y su visión dista mucho de la concepción dominante. La ciencia aparece como el resultado natural del ejercicio de la imaginación. "... el proceso de la ciencia experimental —dice Jacob— no consiste en explicar lo desconocido por lo conocido, como ocurre en determinadas demostraciones matemáticas. Por el contrario, de lo que se trata es de rendir cuentas de lo que se observa a través de lo que se imagina. De explicar lo visible a través de lo invisible..."

En el relato, la precisión del lenguaje y su simplicidad contribuyen a realzar su realismo, pero no van en menoscabo de su profundidad. En el centro aparecen las pasiones esenciales de Jacob: el hombre, lo vivido y el saber entre otras. El texto revela ciertamente el trabajo del escultor, de aquel que ha sabido esculpir, en su vida y con su vida, una estatua interior.

Enrique Soto Eguibar



¿QUÉ SON LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS? Y OTROS ENSAYOS

T.S. Kuhn

Ediciones Paidós-ICE UAB, Barcelona, 1990

Tras el enorme impacto que causó en los años sesenta su libro *La estructura de las revoluciones científicas* (1962) continuaron los refinamientos, rectificaciones y aclaraciones durante la década de los setenta. Después de un largo periodo de silencio aparecieron, entre 1981 y 1983, los escritos aquí recogidos. Pero éstos aportaron relativamente poco si los comparamos con la novedad que supuso su obra más famosa, ya mencionada. Tal vez los temas ya tratados se expresan aquí con más rigor y coherencia. La vieja idea de paradigma no ocupa en este libro un lugar central y deja paso al análisis de ese proceso que los ejemplares paradigmáticos ponen en funcionamiento sin necesidad de recurrir a especificaciones en términos de condiciones necesarias y suficientes. La idea central es que las revoluciones científicas entrañan modificaciones lingüísticas al mismo tiempo que cognitivas, es decir, producen reestructuraciones de las categorías ontológicas del área implicada, asociadas a transformaciones en la organización lingüística del campo semántico. Este cambio de ambos tipos de categorías se aprende simultáneamente en un proceso holístico. De ahí que dichas transformaciones no sean descriptibles desde otro lenguaje que no disponga de la misma cartografía semántica, por lo que las comparaciones entre teorías deben basarse no tanto en el modelo de la traducción como en el de la hermenéutica. Esta inconmensurabilidad ontológico-semántica de las teorías hace compleja, aunque no imposible la evaluación de las rivales. En ese caso, no es posible compararlas afirmación contra afirmación, sino que es preciso estimar la capacidad global para resolver problemas conceptuales que carecen de una medida común (intraducibles).

Es significativo el aislamiento de Kuhn, dialogando hacia el pasado con los viejos filósofos como Hempel, Quine, Putnam, Feyerabend o Stegmüller. No sólo no parece acusar recibo de los interesantes trabajos iniciados por su compatriota E. Rose, quien ha extendido sus ideas al campo de la psi-

cología cognitiva de las categorías, sino que ni siquiera presta atención a la nueva camada de sociólogos incubados al calor de su demolición de la idea de una lógica del desarrollo científico. Estos estudios de la ciencia han producido resultados no por parciales menos llamativos acerca de la causación social de decisiones científicas. Los defensores del llamado programa fuerte afirman que toda decisión y proceder de los científicos posee una causa en intereses sociales, sin que quepa ninguna función a los modelos filosóficos de racionalidad científica. Una de las piezas básicas de un programa aparentemente tan extremo es la construcción de la inconmensurabilidad kuhniana como incomparabilidad entre teorías (algo que Kuhn niega explícitamente aquí), así como el hincapié en la dependencia teórica de los enunciados básicos, lo que impediría, según ellos, evaluar el rendimiento respectivo de dos estructuras semántico-ontológicas distintas (lo que también se niega). Pero quizás el interés de esta obra está fuera del propio Kuhn, en la mirada externa a que queda sometida su filosofía en el ensayo de A. Beltrán. Situándola en el escenario histórico de sus motivaciones y polémicas, pone de relieve la existencia de un escándalo filosófico, cual es que después de casi treinta años de la destrucción kuhniana de la concepción de la razón científica basada en la lógica, aún no dispongamos a la vez de una descripción realista de la actividad científica y de una caracterización adecuada de su racionalidad. Los esfuerzos de Kuhn, por un lado, y de Sneed-Moulines, por otro, nunca llegaron a converger en una solución aceptable de manera general para la mayoría de cuantos estudian la ciencia desde la filosofía, la historia o la sociología. El *piétinement sur place* del pensamiento kuhniano aparece, visto en la perspectiva trazada por Beltrán, como nuestro común estancamiento y nuestra mayor fuente de problemas filosóficos, dada la especial relevancia de la ciencia como paradigma de conocimiento.

Carlos Solís

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Elementos es una revista de divulgación científica de ciencias naturales y aplicadas. Se publica bajo los auspicios de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma de Puebla. Entre sus objetivos destaca el servir como vehículo de comunicación entre la comunidad científica y los estudiantes del nivel medio superior y superior, así como el público en general.

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

Revista Elementos
At'n. Dr. Enrique Soto
Universidad Autónoma de Puebla
14 Sur 6301, CU
Apartado Postal 406
Puebla, Pue. 72000
Tel (22) 44 16 57

Todos los artículos sometidos a consideración editorial serán evaluados por especialistas en cada disciplina, de acuerdo con los criterios establecidos por el consejo editorial.

Los manuscritos deberán ajustarse a las siguientes normas:

1.- El material deberá ser presentado usando 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 y cuadros que permitan sintetizar y aclarar algunos conceptos relevantes o difíciles. Los artículos deberán ser breves con un máximo de 16 cuartillas, idealmente alrededor de 10. Se recomienda hacer uso de subtítulos e incisos a fin de facilitar la lectura.

2.- Las referencias en el texto se indicarán numéricamente de acuerdo al orden en que aparecen. Debido al carácter de la revista, deberán incluirse sólo referencias a trabajos claves sobre el tema en cuestión.

Al final del texto la lista de referencias deberá asentarse como sigue: Autores con sus iniciales, título del trabajo, revista o libro de donde procede, volumen, año y páginas (se evitarán las abreviaturas, especialmente en publicaciones en idiomas distintos al español).

Ejemplos

En el caso de artículos en revistas:

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

En el caso de artículos en libros:

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

En el caso de libros:

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

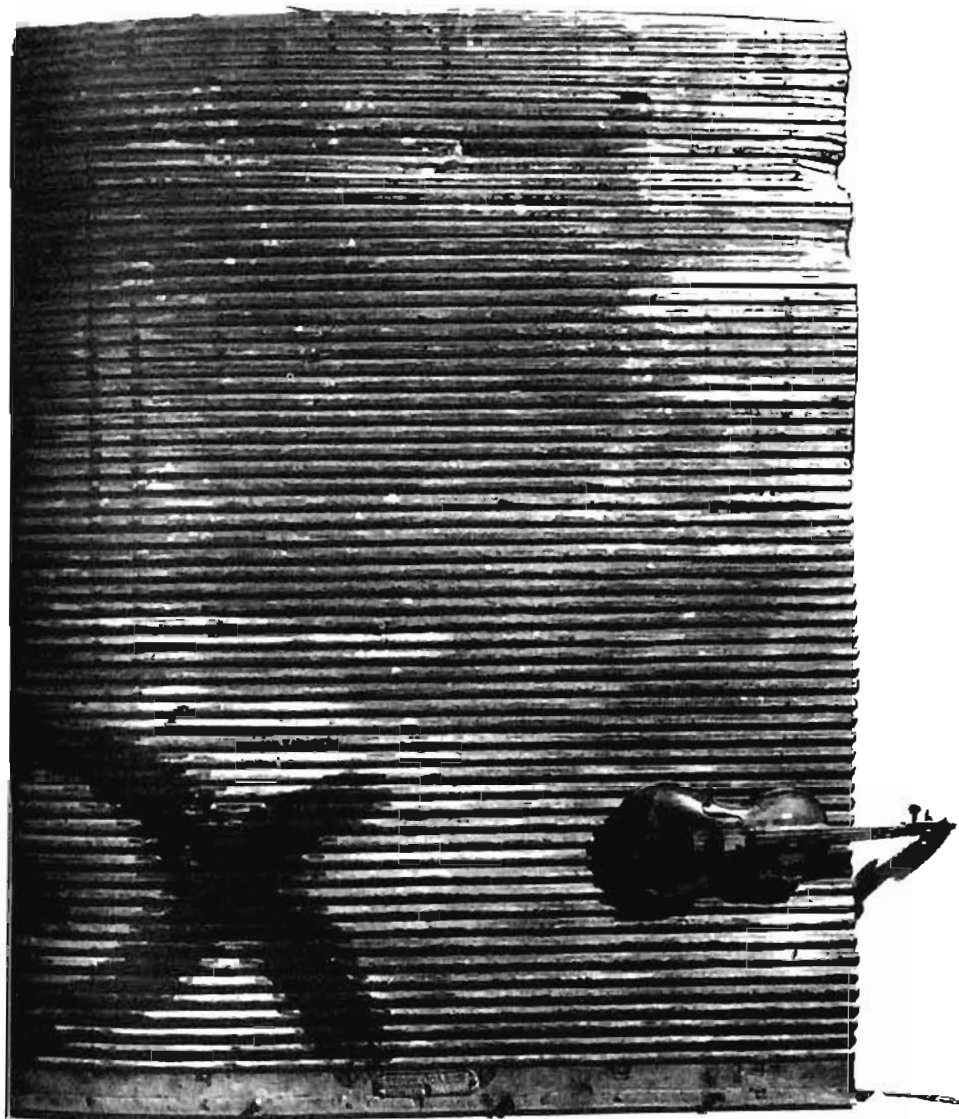
3.- Las figuras, fotografías o gráficas deberán presentarse en papel brillante o en forma de dibujos a tinta china sobre papel albanene. Al preparar las figuras deberá tenerse en consideración que comúnmente éstas se reducen de tamaño, por ello, la simbología deberá ser clara y diferenciable.

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

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

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

5.- En caso de que se haya usado un procesador de textos computarizado, se recomienda enviar el disco magnético con el texto, indicando el programa utilizado.



ANTONI TÀPIES

Nació en Barcelona el 13 de diciembre de 1923. En 1944 estudió Derecho en la Universidad de Barcelona. Abandona esta carrera poco antes de terminarla y estudia dibujo, durante unos meses, en la Academia Valls de Barcelona.

A partir de 1953, el arte de Tàpies se despoja de los últimos vestigios surrealistas para configurar un estilo propio y maduro. A pesar de alternar técnicas diversas y de mantenerse fiel a sus motivos, Tàpies parece decantarse más hacia una prolongación del tema de la huella y de los signos: aparecen en su obra muchos caracteres tipográficos o elementos relacionados con la escritura, guiones, paréntesis, comas, varias letras y números. También cruces, lazos, ángulos, las cuatro barras, palabras y un sinfín de garabatos gestuales. Alterna el gesto más enérgico con un trabajo de manchas tan sutil como el de ciertas obras japonesas.

for the last time and
and I know
I shall soon be
the last
to see
you
for
the
last
time
and
I
shall
soon
be
the
last
to
see
you