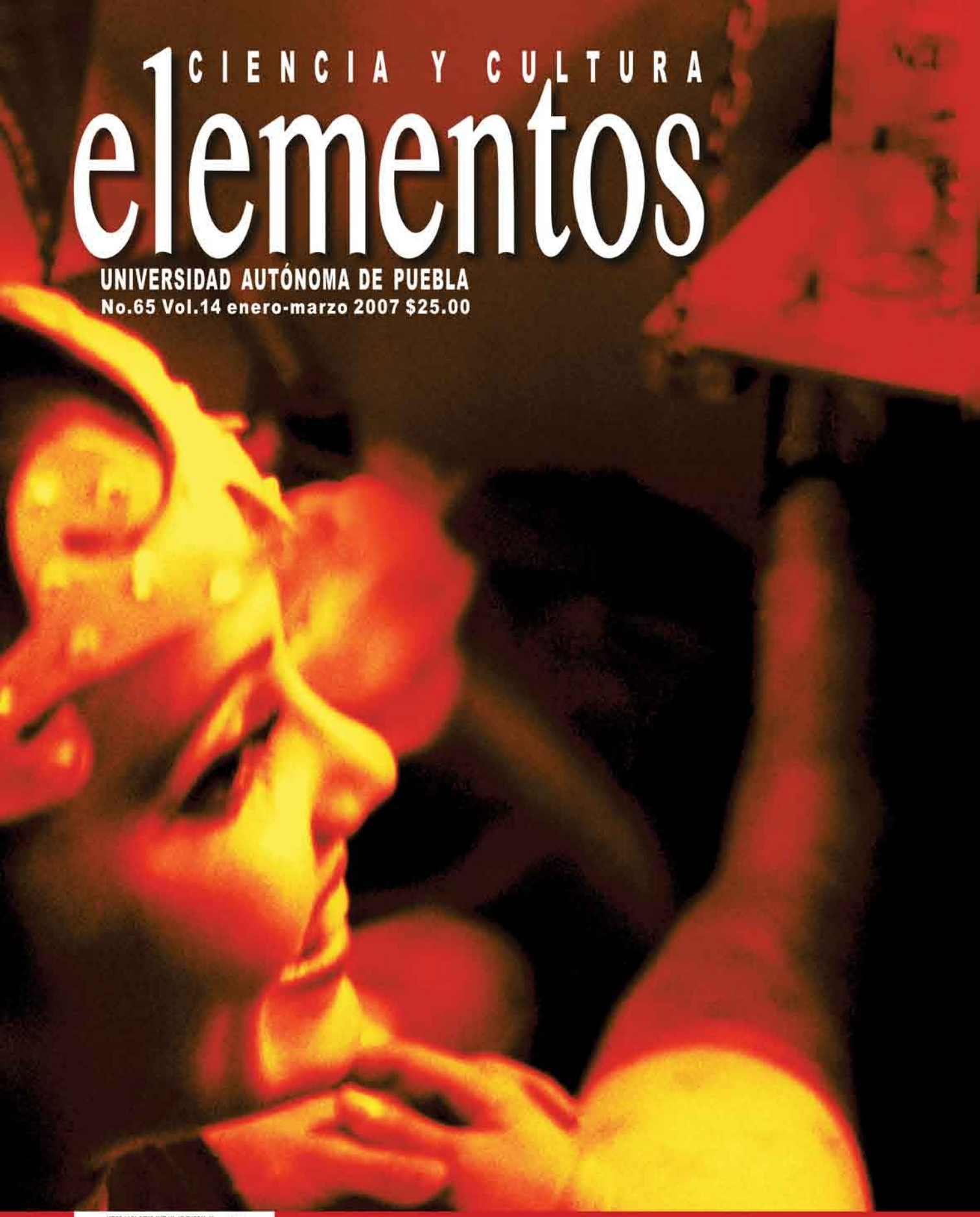
CIENCIA Y CULTURA

elementos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
No.65 Vol.14 enero-marzo 2007 $25.00



7 52435 06402 6
65
10-04-07

Las dificultades del espíritu crítico-científico... H.C.F. **Mansilla** Una mirada a la historia de la cardiología... E. **Soto Pérez de Celis** La observación del eclipse de Luna (1584) M.L. **Rodríguez-Sala** El estudio no destructivo del Breviario Romano de la Biblioteca Lafragua J.L. **Ruvalcaba**. El espacio. Tejidos lumínicos C.J. **Olaizola** Ensayo fotográfico M.L. **Bravo**

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rector, Enrique Agüera Ibáñez
secretario general, José Ramón Eguibar Cuenca
vicerrector de investigación y estudios de posgrado, Pedro Hugo Hernández Tejeda

ELEMENTOS
www.elementos.buap.mx
revista trimestral de ciencia y cultura
número 65, volumen 14, enero-marzo de 2007
director, Enrique Soto Eguibar
subdirector, José Emilio Salceda
consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca
María de la Paz Elizalde, Enrique González Vergara
Francisco Pellicer Graham, Leticia Quintero Cortés
José Emilio Salceda, Raúl Serrano Lizaola
Enrique Soto Eguibar, Cristóbal Tabares Muñoz
Gerardo Torres del Castillo
edición, Elizabeth Castro Regla
José Emilio Salceda, Enrique Soto Eguibar
diseño y edición gráfica, Elizabeth Castro Regla
Sergio Javier González Carlos
fotografías de portada e interiores
María Luz Bravo
impresión, Xpress Gráfica S.A. de C.V.
redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria
Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570
email: elemento@siu.buap.mx
Revista registrada en Latindex (www.latindex.unam.mx)
catalogada en red alyc (http://redalyc.uaemex.mx) y miembro
de la Federación Iberoamericana de Revistas Culturales
Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770
ISSN 0187-9073

SUMARIO

Las dificultades del espíritu crítico-científico en una sociedad autoritaria **3**

H.C.F. **Mansilla**

Una mirada a la historia de la cardiología **13**

Los frescos de Diego Rivera
en el Instituto Nacional de Cardiología

Enrique **Soto Pérez de Celis**

La observación del eclipse de Luna **21**

17 de noviembre de 1584, Ciudad de México

María Luisa **Rodríguez-Sala**

Contaminación atmosférica y salud **29**

Noé Manuel **Montaño Arias**, Ana Lidia **Sandoval Pérez**

María Luz Bravo, fotógrafa **34**

El estudio no destructivo del Breviario Romano de la Biblioteca José María Lafragua de la BUAP **37**

José Luis **Ruvalcaba Sil**

El espacio. Tejidos lumínicos **43**

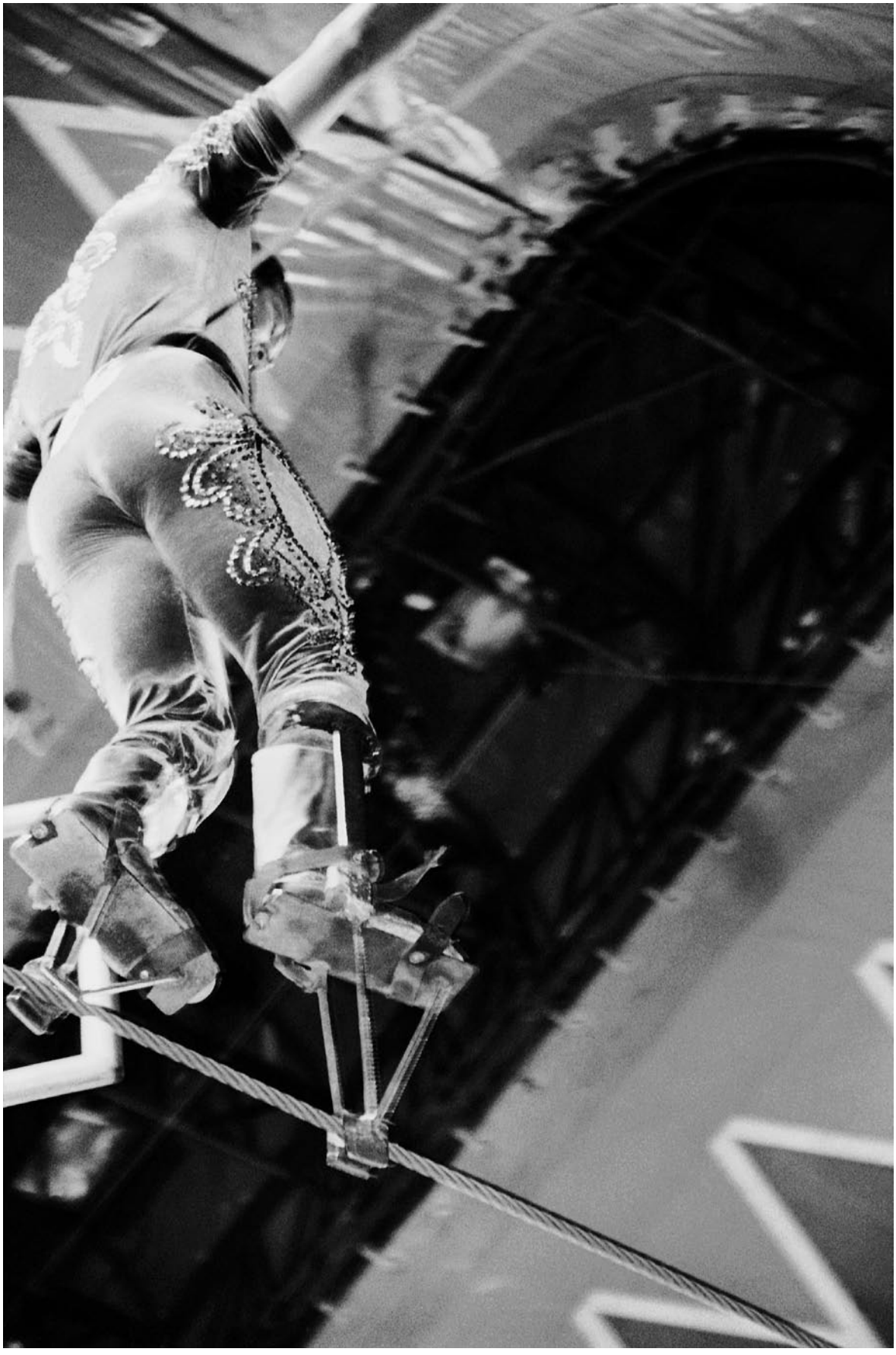
Carlos José **Olaizola Rengifo**

El pez eléctrico **49**

y el descubrimiento de la electricidad animal

Chau H. **Wu**

Libros **63**



© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Las DIFICULTADES del espíritu crítico-científico

en una sociedad autoritaria

H. C. F. **Mansilla**

Durante el último medio siglo todos los países andinos y en general los de América Latina[1,2] han experimentado un notable proceso de modernización, que ha generado una marcada especialización de roles y funciones, una intensa diferenciación de los tejidos sociales y una expansión sin precedentes de los estratos sociales medios. Algunos de los aspectos más importantes de este proceso son las múltiples modificaciones acaecidas en la esfera de aquello que imprecisamente llamamos la cultura popular. El fenómeno más importante y curioso es, empero, la pervivencia de mentalidades premodernas en medio de este proceso de modernización acelerada. El término "premoderno" alude aquí a actitudes autoritarias, prerracionales, convencional-conservadoras y tradicionalistas, las cuales persisten paralelamente a la adopción de normativas occidentales modernas en el contexto económico, la administración pública y el ámbito académico.

La situación del espíritu crítico-científico en la región andina puede ser mejor comprendida si consideramos brevemente las tres grandes corrientes histórico-culturales que han contribuido a moldear la mentalidad colectiva: 1) el legado civilizatorio precolombino, 2) la tradición ibero-católica, y 3) la recepción instrumentalista de la modernidad occidental.

EL LEGADO CIVILIZATORIO PREHISPÁNICO Y SU PERVIVENCIA EN EL ÁMBITO INDÍGENA

No hay duda de los notables logros del Imperio Inca (y de las culturas que lo antecedieron) en muchos terrenos de la actividad humana, logros que se extienden desde la arquitectura y la infraestructura de comunicaciones hasta prácticas de solidaridad inmediata y un sentimiento estable de seguridad, certidumbre e identidad –lo cual no es poco, ciertamente. La dignidad superior atribuida a lo supra-individual fomentó valores de orientación y modelos organizativos de índole colectivista. Los padrones ejemplares de comportamiento social eran la predisposición a la abnegación y el sacrificio, la confianza en las autoridades y el sometimiento de los individuos a los requerimientos del Estado.[3] Todo esto condujo a una actitud básica que percibía en la tuición gubernamental algo natural y bienvenido y que consideraba cualquier cambio social y político como algo negativo e incómodo.

Las civilizaciones precolombinas no conocieron ningún sistema para diluir el centralismo político, para atenuar gobiernos despóticos o para representar en forma permanente e institucionalizada los intereses de los diversos grupos sociales y de las minorías étnicas. La homogeneidad era su principio rector, como puede detectarse parcialmente aun hoy en el seno de las comunidades campesino-indígenas. Esta constelación histórico-cultural no ha fomentado en estas latitudes el surgimiento de pautas normativas de comportamiento y de instituciones gubernamentales que resulten a la larga favorables al individuo como persona autónoma, a los derechos humanos como los concebimos hoy, a una pluralidad de intereses y opiniones que compitan entre sí y, por consiguiente, al florecimiento de un espíritu crítico-científico.

Las comunidades indígenas se hallan hoy inmersas en un proceso de modernización, y es verosímil que esto último haya sido inducido por factores exógenos, como el contacto diario con el mundo moderno y la influencia de la escuela y de los medios masivos de comunicación.[4] Paralelamente a este decurso modernizante, las culturas indígenas del presente conservan a menudo rasgos autoritarios en la estructuración social, en la mentalidad colectiva y también en la vida cotidiana y familiar. Estos fenómenos no concitan el interés de los partidos indigenistas y de sus intelectuales, quienes más bien fomentan una autovisión de los aborígenes basada en un panorama idealizado y falso del pasado: las culturas precolombinas habrían sido profundamente democráticas y no habrían conocido relaciones de explotación y subordinación.[5] En resumen para el ámbito andino: la civilización incaica debería ser vista como un socialismo revolucionario y original, pero en estadio embrionario.[6] Es precisamente esta concepción la que dificulta la difusión de un espíritu crítico-científico: promueve una visión complaciente y embellecida de la propia historia, atribuye todas las carencias del pasado y de la actualidad a los agentes foráneos y evita un cuestionamiento del comportamiento, la mentalidad y los valores de orientación del propio pueblo. En este campo las corrientes izquierdistas y nacionalistas no han significado una ganancia cognoscitiva de la comunidad respectiva y más bien han contribuido a menudo a consolidar los aspectos autoritarios en el mundo indígena.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

También hoy entre los científicos sociales existen tabúes, aun después del colapso del socialismo. Así como antes entre marxistas era una blasfemia impronunciable achacar al proletariado algún rasgo negativo, hoy sigue siendo un hecho difícil de aceptar que sean precisamente los pueblos indígenas y los estratos sociales explotados a lo largo de siglos –y por esto presuntos depositarios de una ética superior y encargados de hacer avanzar la historia– los que encarnan algunas cualidades poco propicias con respecto a la cultura cívica moderna, a la vigencia de los derechos humanos y al despliegue de una actitud básicamente crítica.

No hay duda de que casi todos los grupos indígenas intentan adoptar lenta, pero seguramente, numerosos rasgos básicos del mundo occidental, sobre todo en los campos de la técnica y la economía. Como este designio tiene lugar, al mismo tiempo, con el redescubrimiento de sus valores ancestrales, lo que finalmente emerge es una compleja y contradictoria amalgama que tiene una relevancia decisiva para la configuración de las identidades colectivas del presente.[7] Esta problemática se halla inmersa en el debate mayor entre valores particularistas y coerciones universalistas,[8] por un lado, y en la discusión sobre la identidad colectiva,[9] por otro. En los países andinos se puede constatar una controversia tácita entre la conservación de la tradicionalidad aborigen y los intentos de alcanzar la modernidad a la brevedad posible, controversia no explícita que tiene lugar en el seno de cada comunidad indígena y, en realidad, en la consciencia de muchos individuos. Esta pugna es particularmente clara y de intensidad mayor en grupos indígenas de urbanización reciente y formación universitaria. Además hay que consignar que numerosas reivindicaciones indígenas encubren conflictos muy habituales por la posesión de recursos naturales cada vez más escasos, como tierras agrícolas y fuentes de agua.[10] Nada de esto es sorprendente, pues pertenece al acervo de la historia universal.[11]

Actualmente se puede aseverar que en la región andina suceden dos fenómenos al mismo tiempo. Por un lado, el proceso de modernización, por más modesto que sea, ha socavado en forma lenta, pero inexorable, la autoridad, el prestigio y las funciones que eran inherentes a las colectividades indígenas definidas según criterios étnico-culturales. La mayor autoconsciencia individual, la construcción de la personalidad de acuerdo a parámetros urbanos, racionales y universales y las imágenes omnipotentes de la globalización cultural contribuyen a debilitar todo nexo identificatorio tradicional. Por otro lado, la misma acción modernizadora provoca una fuerte reacción defensiva de las comunidades aborígenes, que intentan preservar sus valores y normas y el control sobre sus miembros precisamente con más ahínco cuando se saben amenazadas de muerte, a menudo revitalizando tradiciones autoritarias.[12]

En la actualidad las tendencias indigenistas e indianistas[13] hacen evidente un cierto fundamentalismo sobre todo en el anhelo de reconstruir lo propio diferenciándose de lo ajeno, lo extranjero, moderno y occidental; y en el rechazo del "imperialismo cultural" de Europa y los Estados Unidos, rechazo que engloba creaciones civilizatorias de índole universalista como el espíritu crítico-científico, los derechos humanos y ciudadanos, algunas pautas contemporáneas de comportamiento socio-político (como la democracia representativa liberal) y algunos valores actuales de orientación (por ejemplo el individualismo y la tolerancia pluralista). Esta inclinación fundamentalista, aunque atenuada, impide el autocuestionamiento de la propia constelación, de sus valores de orientación y de sus metas históricas, lo que constituye, en el fondo, el factor más importante de una actitud crítica.

Por otra parte, este intento de recrear un modelo civilizatorio propio puede ser calificado de traumatizante y de inútil: los ingredientes aparentemente más sólidos y los factores más sagrados del acervo cultural e histórico del actual espacio andino resultan ser una mixtura deleznable y contingente de elementos que provienen que otras tradiciones nacionales o que tienen una procedencia común con los más diversos procesos civilizatorios.[14] La quintaesencia identificatoria nacional o grupal, estimada como algo primordial, básico e inalterable, sólo puede ser definida y comprendida con respecto a lo complejo, múltiple y cambiante que está encarnado en lo Otro, es decir, en los elementos determinantes de las culturas ajenas y hasta hostiles. Este ejercicio de la búsqueda de lo auténtico y propio tiene efectos traumáticos porque pone de relieve el hecho

de que el núcleo cultural que puede ser considerado efectivamente como la identidad nacional incontaminada constituye un fenómeno de importancia y extensión decrecientes. La inmensa mayoría de los Estados actuales no poseía una consciencia nacional hace escasamente doscientos años.[15] El despertar político de la población indígena en toda el área andina puede estar justificado en términos sociales e históricos, pero conlleva el peligro de un renacimiento del autoritarismo colectivista, lo que no es favorable a un espíritu crítico.[16]

LA TRADICIÓN IBERO-CATÓLICA Y SU INFLUENCIA ACTUAL

No hay duda de que la larga era colonial española y luego la republicana, que continuó con algunos elementos centrales de la explotación y subordinación de los indígenas, han provocado en las etnias aborígenes una consciencia muy dilatada de nación oprimida, de una injusticia secular no resuelta y de agravios materiales y simbólicos aún vivos en la memoria popular. Estas tendencias no formulan soluciones practicables, pero sí han fomentado un imaginario colectivo altamente emocional, que de manera simultánea se cierra al análisis racional y al debate realista de su condición actual. La exacerbación de elementos comunitaristas y particularistas debilita los aspectos razonables de la modernidad, como la democracia pluralista, el Estado de Derecho, la concepción de los derechos humanos y la moral universalista.

La mentalidad prevaleciente en el área andina no puede ser disociada del relativo estancamiento histórico que sufrieron España y Portugal a partir del siglo XVI. Este atraso evolutivo no puede ser desvinculado del conocido talante no liberal y acrítico que permeó durante largo tiempo las sociedades ibéricas, el que fue responsable parcialmente de la esterilidad de sus actividades filosóficas y científicas, de la propagación de una cultura política del autoritarismo y de la falta de elementos innovadores en el terreno de la organización social. Se pueden aducir varios argumentos contra estas aseveraciones, como su carácter generalizante, el tratamiento poco diferenciado de unos fenómenos históricos altamente complejos y el dejar de lado el erasmismo español,[17] la ensayística política española de los siglos XVII y XVIII y los aportes originales de la Ilustración en la península ibérica. Pero lo determinante es que estos factores histórico-culturales no tuvieron ninguna influencia digna de mención en el área andina, la que tampoco experimentó la notable modernización española a partir de las últimas décadas del siglo XIX.

En la región andina se expandió una forma particularmente dogmática y retrógrada del legado cultural ibero-católico, que se destacó por su espíritu irracional, autoritario, burocrático y provinciano. A causa del llamado *Patronato Real*, establecido en 1508 por una bula papal, la Corona castellana y luego el Estado español ejercieron una tuición severa y rígida sobre todas las actividades de la Iglesia católica en el Nuevo Mundo.[18] La Iglesia resultó ser una institución intelectualmente mediocre, que irradió pocos impulsos creativos en los ámbitos de la teología, la filosofía y el pensamiento social. Durante la colonia, el clero gozó de un alto prestigio social; la Iglesia promocionó un extraordinario florecimiento de las artes, especialmente de la arquitectura, la pintura y la escultura. La Iglesia, al igual que la Corona y el Estado, respetó de modo irreprochable el *modus vivendi*; toleró sabiamente rituales y creencias sincretistas; y sus tribunales inquisitoriales procedieron, en contra de lo que ocurría en España, con una tibieza encomiable. Pero esta Iglesia no produjo ningún movimiento cismático: le faltaron la experiencia del disenso interno y la enriquecedora controversia teórica en torno a las últimas certidumbres dogmáticas. Debido a la enorme influencia que tuvo la Iglesia en los campos de la instrucción, la vida universitaria y la cultura en general, todo esto significó un obstáculo insuperable para el nacimiento de un espíritu científico.

Las naciones ibéricas no estimularon ni contribuyeron esencialmente al nacimiento del mundo moderno basado en el desarrollo impetuoso de la ciencia y la tecnología, en la industrialización y la regulación metódica de la vida cotidiana. Al sur de los Pirineos y en el ámbito colonial español y portugués no se dio hasta el siglo XIX una comprensión adecuada de los cimientos espirituales y cognoscitivos de los procesos modernizadores y tampoco, paradójicamente, una actitud crítica con respecto a lo negativo de la modernidad. Cuando las

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

naciones latinoamericanas y especialmente las andinas ingresaron al arduo camino de la modernización, lo hicieron copiando indiscriminadamente los modelos ya existentes, ofreciendo muy poca resistencia a los aspectos antihumanos contenidos en aquellos sistemas imitativos de modernización, los cuales predominan aun hoy en la fase contemporánea de la evolución latinoamericana.

Algunos males del presente (baste el referirse a las prácticas cotidianas del Poder Judicial, de la administración pública y de la universidad) tienen que ver casi directamente con aquella tradición socio-histórica. La época colonial conllevó en la región andina una marcada propensión al centralismo,[19] una clara inclinación al estatismo y al burocratismo[20] y un cierto desprecio por labores intelectuales y creativas. La atmósfera de las universidades de esa época era similar a la prevaleciente en las Altas Escuelas de la Edad Media: no existía la inclinación a relativizar y cuestionar las certidumbres dogmáticas y los conocimientos considerados como verdaderos. Predominaba, en cambio, una enseñanza de naturaleza receptiva, basada en la memorización de textos y en la formación de destrezas retóricas. La investigación científica y las capacidades crítico-analíticas no fueron desarrolladas. Los debates podían ser intensos, pero acerca de cuestiones triviales.[21] Varias de estas características han persistido hasta hoy; los intelectuales adscritos al sistema universitario han sido –con pocas y notables excepciones– buenos receptores e intérpretes de ideas foráneas, pero no autores de planteamientos novedosos y heurísticos a escala mundial.

Todos estos factores han sido importantes para la conformación de la cultura política del autoritarismo, que durante siglos determinó el ambiente cultural de América Latina y de la región andina. Pero no se trata de esencias indelebles y perennes de una presunta identidad colectiva que es inmune al paso del tiempo, a transformaciones internas y a las influencias foráneas. Son fenómenos históricos, es decir: transitorios y pasajeros, pero que durante ciertos periodos, que pueden ser muy largos, determinan la atmósfera cultural e intelectual de un territorio. Los esfuerzos por implantar la democracia, el Estado de Derecho y el pluralismo ideológico en el área andina a partir de 1980 han mitigado la fuerza del autoritarismo y han debilitado las certezas dogmáticas; hoy en día surge, por lo tanto, la esperanza de que el espíritu crítico-científico pueda aclimatarse adecuadamente en América Latina y en la zona andina.[22]

LA RECEPCIÓN INSTRUMENTALISTA DE LA MODERNIDAD OCCIDENTAL

Las sociedades del área andina tienden a adoptar la modernidad occidental en cuanto a la proliferación de espacios sometidos a la racionalidad de los medios, como se manifiesta de modo patente en la acogida extremadamente favorable que le ha sido deparada a la tecnología en todas sus manifestaciones. Los avances técnicos son percibidos como hechos de validez universal, dignos de ser incorporados inmediatamente a las actividades productivas, distributivas y organizativas del país respectivo. Esta concepción en torno al carácter únicamente positivo de la tecnología contrasta con la opinión muy difundida entre nacionalistas, izquierdistas e indigenistas de que la filosofía del racionalismo, el espíritu crítico-científico, el genuino individualismo, el respeto inviolable a los derechos

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

de la persona, el pluralismo ideológico y la libertad de expresión, serían productos secundarios y fortuitos, circunscritos a un ámbito geográfico y temporal restringido (la Europa Occidental de los siglos XVI al XIX) y, por lo tanto, de una validez relativa. Los fenómenos de vigencia parcial no merecen, obviamente, que se les preste una atención demasiado intensa y, menos aun, que sean integrados dentro de los valores de orientación de la vida cotidiana y de los parámetros de la planificación del desarrollo.

En Latinoamérica y el área andina está difundida la idea tácita de que es posible y deseable separar un invento técnico de su contexto científico de origen. La importación masiva de tecnologías ha dejado de lado el sustrato científico, el espíritu crítico e indagatorio que hicieron posible la ciencia y, por consiguiente, el florecimiento técnico-industrial contemporáneo. La apropiación incesante de tecnologías civiles y militares, consideradas como productos "neutrales" de la inventiva humana y, por lo tanto, como libres de las peligrosas inclinaciones occidentales en favor de actitudes indagatorias y probatorias, sirve para tender un velo sobre la posible intención socio-política que subyace a numerosos intentos de modernización acelerada: la preservación de estructuras premodernas de tinte marcadamente antidemocrático, no liberal y antipluralista.

El resultado es una modernidad de segunda clase: hay enormes ciudades que poseen todos los inconvenientes y pocas de las ventajas de las grandes urbes del Norte; la urbanización apresurada y la apertura de vastos territorios suceden sin una preocupación colectiva por la contaminación ambiental y la destrucción de la naturaleza; la construcción de instituciones cívicas y políticas ha ocurrido hasta cerca de 1980 prescindiendo de los designios de liberalidad, democracia, tolerancia y pluralismo que animaron los orígenes de aquéllas en el marco de la civilización occidental.

Las grandes creaciones del Occidente europeo han pasado al Nuevo Mundo por un tamiz de economicismo, pragmatismo e instrumentalismo, provocando como efecto una recepción acrítica, unilateral y parcialmente deformada de la modernidad. Estas aseveraciones se entienden como limitadas al campo de su aplicación práctica y no conciernen obviamente a los afanes de

eruditos, literatos y artistas. El sesgo utilitarista y tecnocrático que ha tomado la modernidad en Latinoamérica tiende a ser mucho más pronunciado que en sus sociedades metropolitanas de origen y se manifiesta en la cultura popular y en el destino experimentado por las universidades.

LO RESCATABLE DE LAS TRADICIONES Y LOS DILEMAS ACTUALES

Esta crítica de las tradiciones socio-culturales es a todas luces insuficiente, ya que deja de lado los aspectos positivos –es decir, válidos hasta hoy– de aquellas herencias históricas. En lo referente al legado ibero-católico hay que considerar los rasgos razonables que pueden ser localizados en la configuración de la vida cotidiana, en las estructuras familiares, en los ritmos laborales, en el ornato y la estética públicas, en el mayor respeto por los ecosistemas naturales y en el reconocimiento de las limitaciones inherentes a la especie humana, lo cual ha estado ligado a sentimientos religiosos. Aunque nos encontramos con un tema altamente complejo, cuyo tratamiento diferenciado puede despertar la impresión de un argumento esquizofrénico, es indispensable ver estas tradiciones desde una perspectiva adicional para percibir, aunque sea someramente, sus elementos rescatables y provechosos.

Por ejemplo: la tradición ibero-católica ha conocido también normativas y comportamientos a los que ahora se les atribuye el carácter de lo anticuado y de pasado por el rumbo pretendidamente inevitable del progreso material e histórico, los que, sin embargo, han simbolizado y encarnan todavía hoy –en la literatura y en la memoria colectiva de muchos pueblos de la región– diversos fragmentos aún válidos de una vida más plena y humana y de un convivencia más sana que los principios comparables derivados de la cultura de la modernidad. La herencia ibero-católica implicaba una relación distanciada, escéptica y hasta ingeniosa con respecto a la administración pública y al Estado: contenía además una ética laboral que no exaltaba el trabajo metódico y continuado ni el ascetismo intramundano a la categoría de fin óptimo de la especie humana y actitud gratísima ante los ojos de Dios –como lo hace todavía la mayoría de las confesiones protestantes.

Estos aspectos de la tradición ibero-católica no juegan, empero, un rol importante en la cultura practicada actualmente. El punto de referencia para la élite burocrática del poder, para los responsables de configurar la opinión pública y para la mayor parte de las clases medias no es la cultura indígena ni la herencia ibero-católica, sino las normas y los valores encarnados en la cultura globalizada de las naciones del Norte.[23] Todos estos segmentos sociales han sufrido un proceso más o menos largo de asimilación y aculturación, tomando como propios los patrones de orientación de la civilización norteamericana del presente y considerándolos como parámetros obligatorios de la evolución histórica universal. Al mismo tiempo, la consciencia colectiva en los países andinos intenta renovar su legado socio-cultural y contraponerlo al modelo irradiado desde los centros metropolitanos, pero con un resultado mediocre. Las culturas andinas se hallan a la defensiva dentro del universo del desarrollo científico-tecnológico de proveniencia metropolitana. Pero esta resistencia es mayoritariamente retórica y de poca influencia real en la praxis cotidiana.

CONCLUSIONES PROVISIONALES

El carácter imitativo del desarrollo andino actual debe ser visto en conjunción con la mencionada recepción unilateral de importantes fragmentos del pensamiento occidental. Se ha adaptado como genuinamente autóctono el precepto occidental de que los designios humanos son factibles si hay la firme voluntad política de implementarlos. Al mismo tiempo se difunde la concepción judeo-cristiana en torno a la desacralización de la naturaleza: el cosmos deja de ser un objeto de contemplación y admiración (con valiosas connotaciones estéticas, religiosas y morales) y se transforma en el mero substrato de recursos que puede y debe ser aprovechado hasta el último resquicio sin consideraciones ecológicas o conservacionistas. La consecuencia global[24] es un ordenamiento económico, político y cultural con rasgos claros de imitación subalterna, carente de originalidad en las esferas decisivas de la vida moderna, especialmente en el campo de la economía, la tecnología

y la organización empresarial e institucional, y, a causa de su falta de racionalidad a largo plazo, con el peligro de socavar su propio fundamento natural si persiste el ritmo actual de destrucción del medio ambiente y del crecimiento demográfico.

La adopción de los paradigmas metropolitanos de desenvolvimiento socio-económico y de pautas de consumo de proveniencia occidental ha sido facilitada enormemente por las mejoras en el campo de las comunicaciones, por el incremento de los contactos personales entre individuos de la civilización industrial y de los países andinos y por la ampliación de las oportunidades de educación superior. Las aspiraciones colectivas cada vez más altas en lo que concierne al nivel de vida, al consumo y a las distracciones conforman el fenómeno moderno de la "revolución de las expectativas crecientes", que puede ser también definido como el anhelo colectivo de obtener lo más pronto posible los frutos de las sociedades altamente desarrolladas del Norte, frutos que desde el interior de los países andinos son vistos como reivindicaciones justas, deseables y obvias por casi todas las corrientes de opinión del espectro político-ideológico. Por la ausencia de una tradición cultural verdaderamente crítica, la consciencia colectiva está abierta y simultáneamente sometida a los llamados "efectos de demostración" de un modo de vida supuestamente superior. El impacto de estos efectos ha sido singularmente fuerte entre los intelectuales, las élites políticas y empresariales y los estratos medios, y ha conducido a que la actividad primordial de estos grupos esté centrada en torno a los conceptos mágicos de progreso y desarrollo. Los resultados avasalladores de los efectos de demostración sobre la consciencia colectiva representan, en el fondo, "efectos de fascinación",[25] ya que los modelos metropolitanos tienden a ser internalizados como básicamente propios e históricamente justificados.

Importantes sectores de la opinión pública en el área andina anhelan que la consecución de progreso y desarrollo englobe los valores metropolitanos de orientación colectiva –modernización y urbanización aceleradas, consumo masivo, tecnificación de la vida cotidiana– junto con la preservación de la cultura política tradicional y de pautas premodernas de comportamiento en las esferas familiar y cultural. Esta mixtura es al mismo tiempo favorable para perpetuar prácticas irracionales y autoritarias en nombre de una herencia cultural genuinamente propia y bajo el barniz de un designio progresista de desarrollo. La fatal combinación de tecnofilia ingenua y autoritarismo práctico parece ser una posibilidad bastante expandida de evolución histórica, no sólo en América Latina, sino en dilatadas zonas del Tercer Mundo. En los países andinos el futuro del espíritu crítico permanece entonces como precario e impredecible.

REFERENCIAS

[1] Kurtenbach S *et al. Die Andenregion – Neuer Krisenbogen in Lateinamerika* (La región andina – Nuevo centro de crisis en América Latina), Frankfurt, Vervuert (2004).

[2] Cf. los volúmenes siguientes que contienen textos sobre la cultura política en la zona andina: Nieto Montesinos J (comp.). *Sociedades multiculturales y democracias en América Latina*, México, UNICEF (1999); Escobar A *et al.* (comps.). *Política cultural, cultura política. Una nueva mirada sobre los movimientos sociales latinoamericanos*, Bogotá, Taurus (2001).

[3] Cf. Mörner M. *The Andean Past: Lands, Societies and Conflicts*, New York: Columbia U.P. (1985). Esta cultura política del autoritarismo no ha tenido significación para las etnias *tupi-guaraníes* de Sudamérica, que se han destacado por una actitud anti-estatista. Cf. la obra clásica: Clastres P. *La société contre l'état. Recherches d'anthropologie politique*, París, Minuit (1974).

[4] Cf. Lucero JA (comp.). *Beyond the Lost Decade: Indigenous Movements and the Transformation of Democracy and Development in Latin America*, Princeton, Princeton U.P. (2001).

[5] Bonfil Batalla G (comp.). *Utopía y revolución*. *El pensamiento político contemporáneo de los indios en América Latina*, México, Nueva Imagen (1981) *passim*.

[6] Uno de los mejores trabajos sobre esta problemática ha pasado totalmente desapercibido: Sarkisyanz M. "Vom Indigenismus als Mythos vom Indianer und indianischer Vergangenheit" (Sobre el indigenismo como mito del indio y del pasado indio) en Sarkisyanz M (comp.). *Vom Beben in den Anden. Propheten des indianischen Aufbruchs in Peru* (Del temblor en los Andes. Profetas del despertar indígena en el Perú), Munich, Dianus-Trikont (1985) i-xxxiii.

[7] Von Kügelgen H (comp.). *Herencias indígenas, tradiciones europeas y la mirada europea*, Madrid / Frankfurt, Iberoamericana / Vervuert (2002).

[8] Cf. el ensayo fundamental: Marramao G. Paradojas del universalismo. *Sociedad* 4, Buenos Aires (1994) 25-38.

[9] Cf. Arenas N. Globalización e identidad latinoamericana. *Nueva Sociedad* 147, Caracas (1997) 121-131; Larraín Ibáñez J. *Modernización, razón e identidad en América Latina*, Santiago de Chile, Andrés Bello (1996); Innerarity D. ¿Quiénes somos nosotros? Preliminares para una política de la identidad. *Revista de Estudios Políticos* 113, Madrid (2001) 225-236.

[10] Sobre los nexos entre las luchas étnico-culturales y la pugna por recursos naturales (especialmente tierra y territorio) a nivel mundial, cf. el número monográfico de *Internationale Politik und Gesellschaft* 2, Bonn (2003).

[11] Cf. paralelismos con el mundo islámico: Tibi B. *Vom Gottesreich zum Nationalstaat. Islam und panarabischer Nationalismus* (Del Imperio de Dios al Estado Nacional. Islam y nacionalismo pan-árabe), Frankfurt, Suhrkamp (1987) 30 *sqq*.; Tibi B. *Der Islam und das Problem der kulturellen Bewältigung sozialen Wandels* (El Islam y el problema de la superación cultural del cambio social), Frankfurt, Suhrkamp (1985) 157 *sqq*., 161.

[12] Cf. Weig B. Die vergessenen Völker Lateinamerikas. Indigene Bevölkerung zwischen Neo-Romantizismus und politischem Extremismus (Los pueblos olvidados de América Latina. La población indígena entre el neorromanticismo y el extremismo político). *KAS-Auslandsinformationen* 1 (2005) 4-12; Goedeking U. Über Sichtbarkeit und Diversität (Sobre visibilidad y diversidad). *Ibid*., 118-130.

[13] Sobre la diferencia entre *indianismo* (tendencia de los propios indios a la autonomía política e independencia cultural) e *indigenismo* (corriente proveniente de fuera de los indios y favorable a la mejora de los mismos mediante la aculturación y la imitación de modelos foráneos), cf. Alcina Franch J. "El indianismo de fray Bartolomé de Las Casas" en Alcina Franch J (comp.). *Indianismo e indigenismo en América*, Madrid, Alianza (1990) 38.

[14] Sobre los muchos aspectos del indigenismo, su intento de revitalizar el pasado (una utopía arcaizante), sus frutos literarios y sus magras perspectivas actuales, cf. el hermoso libro de Vargas Llosa M. *La utopía arcaica. José María Arguedas y las ficciones del indigenismo*, México, FCE (1996); cf. también Devés Valdés E. *El pensamiento indigenista en América Latina 1915-1930*, en *Universum. Revista de la Universidad de Talca*, vol. 12, (1997) 37-56.

[15] Sobre las ficciones que fundan y sustentan los nacionalismos, cf. el interesante ensayo de Köhler HD. El nacionalismo: un pasado ambiguo y un futuro sangriento. *Revista de Estudios Politicos* 98, Madrid (1997) 172-175; Pfaff W. *La ira de las naciones*, Santiago de Chile, Andrés Bello (1994).

[16] Cf. entre otros: Rabeneick M. Indigene Interessenorganisation und Armutsbekämpfung in Ekuador (Organización de intereses indígenas y combate a la pobreza en el Ecuador). *KAS-Auslandsinformationen* 1, vol. 21, Berlín (2005) 13-29; Meentzen A. Indígena und Politik im Andenraum: Peru (Indígenas y política en la zona andina: Perú). *Ibid*., 30-56; Jost S. *Indigener Protest in Bolivien. Ziele einer radikalisierten Indígena-Bewegung* (Protesta indígena en Bolivia. Metas de un movimiento indígena radicalizado). *Ibid*., 57-78.

[17] Cf. Bataillon M. *Erasmo y España*, México, FCE (1966); Abellán JL. *El erasmismo español*, Madrid, Espejo (1976).

[18] Cf. entre otros: Pietschmann H. *Staat und staatliche Entwicklung am Beginn der spanischen Kolonisation Amerikas* (El Estado y el desarrollo estatal al comienzo de la colonización española en América), Münster, Görres (1980); Mecham JL. *Church and State in Latin America: A History of Politico-Ecclesiastical Relations*, Chapel Hill, North Carolina U. P. (1966); Turner FC. *Catholicism and Political Development in Latin America*, Chapel Hill, North Carolina U. P. (1971).

[19] Cf. la brillante obra de Véliz C. *The Centralist Tradition of Latin America*, Princeton, Princeton U. P. (1980). Para una visión diferente cf. MacLachlan CM. *Spain's Empire in the New World. The Role of Ideas in Institutional and Social Change*, Berkeley, etc., California U. P. (1988); Morse RM, *El espejo de Próspero. Un estudio de la dialéctica del Nuevo Mundo*, México, Siglo XXI (1982).

[20] Cf. Wiarda HJ. *Politics and Social Change in Latin America. The Distinct Tradition*, Amherst, Massachusetts U. P. (1982); Góngora M. *Studies in the Colonial History of Spanish America*, Cambridge U. P. (1975).

[21] Mols M. *Demokratie in Lateinamerika*, Suttgart, Kohlhammer (1985) 61, 114.

[22] Para el caso boliviano cf. Toranzo Roca C *et al*. *Democracia y cultura política en Bolivia*, La Paz, Corte Nacional Electoral / PRONAGOB (2001); Laserna R. *La democracia en el ch'enko*, La Paz, Milenio (2004).

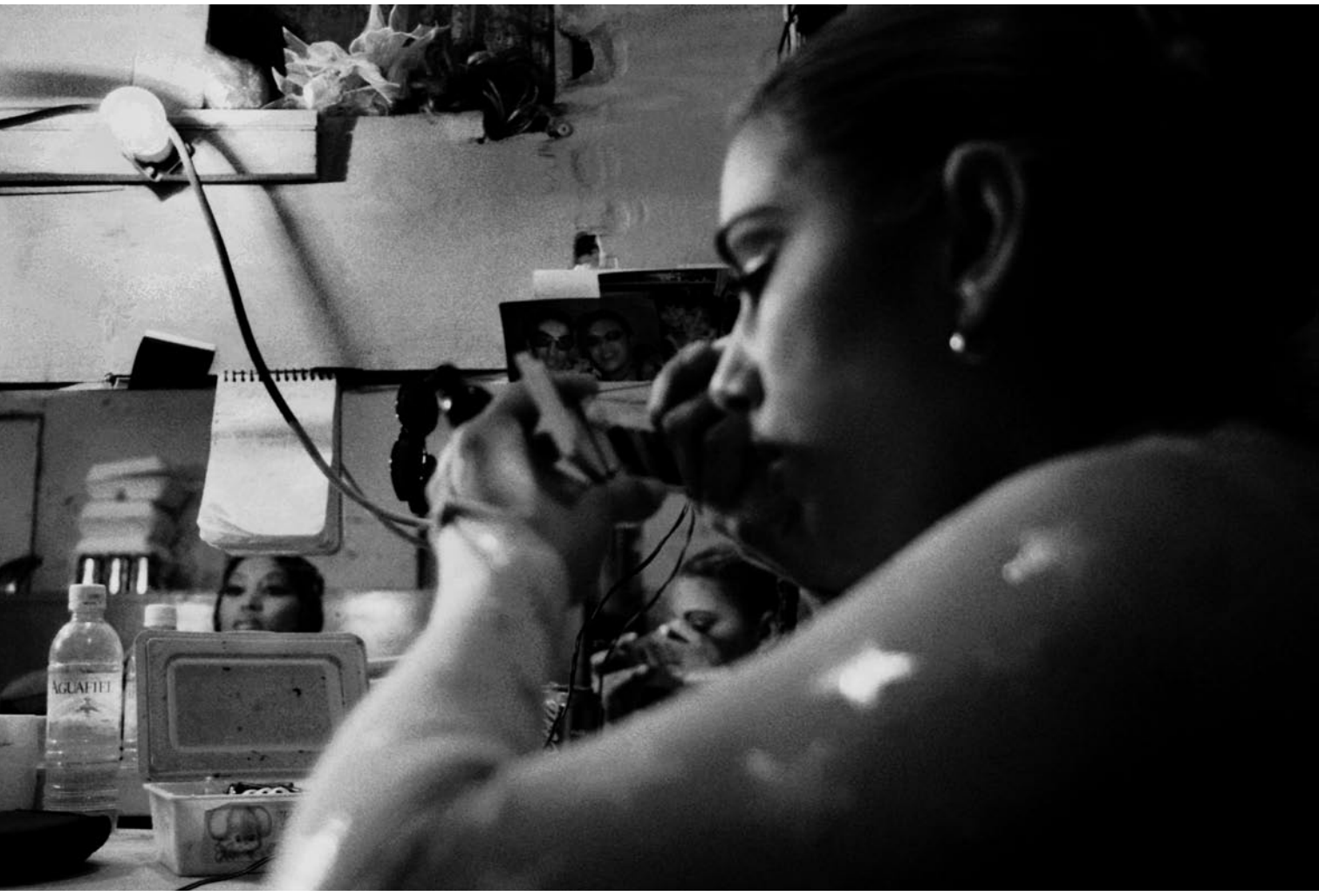
© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

[23] Con referencia al mundo islámico Bassam Tibi acuñó la expresión: "disposición hacia una permanente esquizofrenia", para denotar esta tendencia socio-política. No hay dudas de que existen notables paralelismos entre el ámbito musulmán y el área andina. Cf. Tibi B. *Internationale Politik und Entwicklungsländer-Forschung* (Política internacional e investigación sobre países en desarrollo), Frankfurt, Suhrkamp (1979) 181; cf. también la importante obra de Kodjo S. *Probleme der Akkulturation in Afrika* (Problemas de la aculturación en Africa), Meisenheim, Hain (1973), cuyo autor presentó un interesante marco teórico para la comprensión de fenómenos actuales de aculturación en el Tercer Mundo. Una de las obras más importantes sobre esta temática es la de Tibi B. *Die Krise des modernen Islams. Eine vorindustrielle Kultur im wissenschaftlich-technischen Zeitalter* (La crisis del Islam moderno. Una cultura pre-industrial en la era científico-técnica), Munich, Beck (1981). Estas obras, pioneras en su campo, no han perdido vigencia.

[24] Sobre las ambigüedades de la globalización cf. los estudios críticos: Quijano A. *Colonialidad del poder, globalización y democracia*, en: *Trayectorias. Revista de Ciencias Sociales* 7 / 8, vol. 4 (2001) / (2002) 58-90; Beck U. *Was ist Globalisierung?* (Qué es la globalización?), Frankfurt, Suhrkamp (2002); Mires F. *Teoría del nuevo capitalismo o el discurso de la globalización*, Caracas, Nueva Sociedad (2000).

[25] Cf. la obra que no ha perdido vigencia: Di Tella TS. "Populism and Reform in Latin America" en Claudio Véliz (comp), *Obstacles to Change in Latin America*, Londres, etc., Oxford U.P. (1965) 48.

H.C.F. Mansilla, miembro de número de la Academia de Ciencias de Bolivia y miembro correspondiente de la Real Academia Española. hcf_mansilla@yahoo.com



© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

UNA MIRADA

a la historia de la cardiología

Los frescos de Diego Rivera en el Instituto Nacional de Cardiología

Enrique
Soto Pérez de Celis

La primera mitad del siglo veinte vio el nacimiento en nuestro país del movimiento de los muralistas que, en el ámbito posrevolucionario, se erigió como un testimonio de alabanza al progreso. Los muralistas desdeñaron el caballete y eligieron el gran formato de las paredes para llevar su mensaje a toda la población. Era éste un mensaje de exaltación a los grandes movimientos sociales, técnicos y científicos de México y del mundo.

Una de las áreas que más interés despertó en los muralistas fue la medicina. No sólo representaba una ciencia en constante evolución, sino que además tenía un importantísimo componente social e ideológico como derecho fundamental del ser humano del nuevo siglo. Los murales de Rivera en la Secretaría de Salud y los de Siqueiros en el Hospital de la Raza y el Centro Médico Nacional son una muestra de la admiración y el respeto que los muralistas sentían por la ciencia médica.

Es por lo tanto muy fácil entender por qué en 1944 el doctor Ignacio Chávez pensó en Diego Rivera para decorar el vestíbulo del auditorio del recién construido Instituto Nacional de Cardiología de la Ciudad de México. Chávez quería ilustrar "los momentos culminantes de la creación científica, los descubrimientos más fecundos, los hombres de radiación mayor"[1] e inmediatamente estuvo seguro de que el mejor modo de conseguirlo era mediante dos grandes murales. Esos dos frescos resumirían

volúmenes y volúmenes de historia de la cardiología en sólo cuarenta y ocho metros cuadrados y con un toque puramente mexicano.

El primer mural está dedicado a los anatomistas, los fisiólogos, los patólogos y los clínicos que lograron definir la estructura del corazón y del sistema circulatorio. Está iluminado por el fuego que surge de la pira de la izquierda, en la cual arde un condenado. Un grupo de soldados y sacerdotes dirige hacia la hoguera a un hombre que no es otro que Miguel Servet, el primero en describir la circulación pulmonar y en proponer que la "aireación" de la sangre se llevaba a cabo en los pulmones (aunque algunos autores afirman que este mérito le corresponde a Ibn al Nafis, un médico árabe que vivió tres siglos antes de Servet). Servet fue condenado a muerte en 1553 por los calvinistas, pero no por sus revolucionarios descubrimientos médicos, sino por sus escritos teológicos, entre los que destacan *De trinitatis erroribus* y *Christianismi restitutio*.[2] Rivera utilizó la luz del fuego para darle dramatismo a todo el mural e intentó simbolizar la lucha de la ciencia, del progreso y de la razón contra los dogmas establecidos.

En la base del mural se encuentra un busto de piedra que representa a Galeno de Pérgamo, el médico más importante de la Antigüedad, cuyas enseñanzas perduraron muchos siglos después de su muerte y se convirtieron en verdades inamovibles hasta que fueron refutadas por otros anatomistas. Debido a que en su época, dos siglos antes de Cristo, estaban prohibidas las disecciones de cadáveres humanos, Galeno realizó sus experimentos en animales y extrapoló sus hallazgos al hombre. Aun cuando esto provocó que tuviera muchos errores, él fue el primero en demostrar que los vasos sanguíneos estaban llenos de sangre y que el origen de ésta era el corazón.[3] Es el único personaje de los murales que no está representado en carne y hueso, quizás para recalcar el hecho de que sus preceptos fueron inalterables durante mucho tiempo.

En la esquina inferior derecha del fresco se encuentran tres de los anatomistas que más ayudaron a describir la estructura cardiaca. El primero de abajo hacia arriba es Andreas Vesalio, padre de la anatomía descriptiva gracias a su obra magna *De humanis corporis fabrica* (1543). A diferencia de Galeno, Vesalio sí realizó disecciones en seres humanos y por lo tanto sus aseveraciones y dibujos crearon un concepto renovado de la forma y la función del cuerpo.[4] Sigue a Vesalio, Marcelo Malpighi, el más importante de los anatomistas del siglo XVII y padre de la histología. Sus trabajos con el microscopio ayudaron a corroborar la teoría de la circulación, ya que fue el primero en observar la existencia de los capilares en los pulmones de la rana: [5]

> [...] es tal el trayecto errante de estos vasos, que proceden de la vena de este lado y de la arteria en el otro lado, que los vasos no mantienen ya una dirección recta, sino que parecen formar una red de conexiones de los dos vasos.[4]

A la derecha de Malpighi, Rivera colocó a Raymond Vieussens, un médico francés de Montpellier que en su libro *Traité nouveau de la structure et des causes du mouvement naturel du coeur* describió la circulación coronaria y realizó importantes conjeturas sobre la composición de la sangre.[6]

Flanqueando al busto de Galeno se encuentran dos fisiólogos que, junto con Servet, ayudaron a describir la circulación de la sangre: a la derecha el italiano Andreas Cesalpino y a la izquierda el inglés William Harvey. A

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Cesalpino se le atribuye (por parte de los historiadores italianos) la primera descripción de la circulación general,[4] aunque nunca probó experimentalmente sus teorías y es por ello que hasta el día de hoy Harvey es considerado el padre de la circulación. Desde su cátedra en Pavía, Harvey realizó centenares de disecciones de cadáveres humanos y de animales vivos y observó el movimiento del corazón y la naturaleza de las venas y de las arterias. Harvey se dio cuenta de que la sangre bombeada por el corazón era tanta que no podía provenir de la ingesta de agua como algunos postulaban, y de que todas las venas y arterias del cuerpo estaban conectadas entre sí. Estas observaciones lo llevaron a la publicación de su libro *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* o *Del movimiento del corazón y la sangre en los animales* (1628), en el cual describió detalladamente el recorrido que realizaba la sangre del ventrículo izquierdo a las arterias y luego, a través de las venas, de regreso al corazón.[7] Este esquema sería completado por las observaciones histológicas de Malpighi.

El último en este grupo de anatomistas y fisiólogos es Giovanni Battista Morgagni, de quien Rudolph Virchow dijo: "[…] comenzando con Morgagni y como resultado de su trabajo, el dogmatismo de las viejas escuelas fue destruido y la medicina moderna inició".[8] Sus estudios se enfocaron a realizar una correlación de la anatomía con la patología y la clínica y el fruto de su trabajo fue *De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis libri quinque* o *El asiento y las causas de la enfermedad investigadas anatómicamente en cinco libros*. Entre sus aportaciones a la cardiología se encuentra la descripción de la endocarditis, las lesiones valvulares, la pericarditis y los aneurismas aórticos.[9] Rivera lo representó como un maestro que muestra a sus estudiantes la relación entre lo encontrado en la necropsia y los datos clínicos de un enfermo y lo utilizó como vínculo con el siguiente peldaño del mural: los primeros clínicos.

Los dos primeros personajes de este grupo examinan a una mujer de cabellera rubia. Uno de ellos, sentado, coloca las manos sobre su pecho. No es otro que Joseph Leopold Auenbrugger, quien ideó por primera vez el método de la percusión para detectar la densidad de los diferentes tejidos, al observar a los productores de vino hacer lo mismo con sus barriles.[10] Junto a él se encuentra Jean Nicolas Corvisart, famoso clínico francés del siglo XVIII que divulgó las enseñanzas de Auenbrugger y describió la diferencia entre la hipertrofia y la dilatación del corazón. Corvisart fue, además, el médico personal del emperador Napoleón Bonaparte.[11] A la izquierda de ambos, el joven médico francés René Laennec acerca su invento, el estetoscopio, al pecho de un paciente. Laennec inventó esta herramienta médica imprescindible al realizar un cucurucho de papel para escuchar el corazón de una paciente a la cual le avergonzaba que le colocara su oído directamente sobre el seno. Murió en 1826 a los 45 años, víctima de la tuberculosis, pero su herencia clínica perdura hasta nuestros días.[12] Los últimos dos médicos de este grupo, Joseph Skoda y Jean Baptiste Bouillaud se destacaron por su participación en la enseñanza de la medicina. Este último, quien en el mural coloca un estetoscopio sobre el pecho de un paciente, realizó además la primera descripción clínica detallada de la endocarditis.[13]

En la parte superior del primer mural Rivera agrupó a los hombres que ayudaron, a principios del siglo XX, a construir el mapa eléctrico del corazón. De izquierda a derecha vemos primero a Ludwig Aschoff (realizando la disección de un corazón) y a Sunao Tawara (de espaldas al espectador), que describieron y caracterizaron las vías de comunicación eléctrica entre las aurículas y los ventrículos.[14,15] Les siguen dos hombres que trabajan con un microscopio: son Arthur Keith y William Flack, descubridores del nodo sinoauricular, marcapasos del corazón, que hoy en día lleva su nombre.[4] Los dos últimos investigadores son Wilhelm His, que muestra a sus alumnos el haz de conducción eléctrica que él descubrió en el tabique cardiaco, y Ev Purkinje, el primero en observar la red conductora terminal en el músculo ventricular.[16]

A diferencia del primer mural, el segundo está iluminado por el azulado brillo de la luz eléctrica que baña los aparatos de los investigadores que, según Chávez: "no contentos con explorar mediante las manos, los ojos y los oídos, empezaron a recurrir a los instrumentos".[1] En este mural Rivera representó a los pensadores que usaron la farmacología, la radiología y la electricidad

para ampliar los horizontes de la cardiología. En el centro del panel se encuentra un grupo de clínicos contemporáneos de Chávez (algunos de ellos sus maestros y amigos) explorando a los pacientes ante la atenta mirada de sus alumnos. Es muy interesante apreciar cómo a través de ambos murales Rivera enfatiza la vocación docente de la medicina y su misión como creadora de conocimientos, rodeando a los personajes de estudiantes de todas las razas y nacionalidades. De hecho, en las notas que Ignacio Chávez le proporcionó a Rivera para ayudarlo en la realización de los murales, le solicitó tomar en cuenta que el cuadro debía

> [...] subrayar que el progreso científico en nuestro ramo, lo mismo que en cualquier otro, no ha sido patrimonio de ninguna raza ni de ninguna cultura cerradamente nacionalista.[1]

En la esquina inferior izquierda del mural, Rivera colocó a aquellos investigadores que ayudaron al descubrimiento y la interpretación de la presión arterial. El primero es el reverendo inglés Stephen Hales, representado en plena realización de su famoso experimento, con el que logró demostrar la existencia de la presión arterial al conectar un tubo de vidrio a la arteria crural de una yegua.[17] Este método, aunque novedoso, era poco práctico, por lo que la presión arterial no pudo ser medida satisfactoriamente hasta 1881, cuando Karl von Basch, colocado arriba y a la derecha de Hales, inventó el esfigmomanómetro aneroide cuyo diseño general subsiste hasta nuestros días. Von Basch figura en la historia, además, como el médico personal del Emperador Maximiliano de Habsburgo durante su estancia en México. Acompañó al emperador en sus últimos días, estuvo presente en su embalsamamiento y fue el encargado de transportar su cadáver de regreso a Austria.[18] Arriba y a la izquierda de Von Basch está Victor Pachon, famoso médico francés e inventor del método osciloscópico para medir la presión arterial.[19] Es importante destacar que Chávez le proporcionó a Rivera dibujos y fotografías de los investigadores, de los aparatos y de los experimentos para ayudarlo a mantener la autenticidad del mural.

En el siguiente peldaño del mural se encuentra Carl Ludwig, fisiólogo alemán del siglo XIX e inventor del quimiógrafo, primer aparato utilizado en los laboratorios para realizar registros y representado junto a él en el mural. Así mismo fue el primero en inventar una técnica para mantener órganos vivos al sumergirlos en soluciones específicas. Su aportación más importante a la cardiología fue la descripción de los mecanismos reguladores de la presión arterial.[20] Junto a él se encuentra Etienne Jules Marey, fisiólogo apasionado con el movimiento del cuerpo humano y en especial del corazón, quien mejoró y refinó el uso del esfigmomanómetro, el miógrafo, el cardiógrafo y el neumógrafo.[21] Completan el grupo, directamente por encima de Marey, Sir James Mackenzie y Karl Wenckebach, estudiosos de las arritmias y autores de la primera descripción de la fibrilación auricular[22] y del bloqueo de conducción auriculoventricular,[23] respectivamente.

En la parte inferior y central del mural vemos a un hombre con un matraz y varias plantas en sus manos. Es William Withering, médico inglés transformado en botánico por carecer de clientela. Withering dedicó su vida a la investigación de las propiedades farmacológicas de las plantas y el fruto de su trabajo fue la descripción de la *Digitalis purpurea*, usada hasta nuestros días para el tratamiento de la insuficiencia cardiaca.[24] A su lado se encuentra el cardiólogo alemán Albert Fraenkel, descubridor de la ouabaína, un poderoso glucósido cardiaco obtenido de la estrofantina, un compuesto extraído a su vez de las plantas africanas del género *Strophanthus*.[25] Además de sus aportaciones a la cardiología, Fraenkel es famoso por haber descrito la bacteria *Streptococcus pneumoniae*, principal causa bacteriana de otitis media, sinusitis y neumonía en el mundo.

A la derecha de Withering y de Fraenkel se encuentra Jean Baptiste Senac, que nos muestra su obra *Traité de la structure du coeur, de son action et de ses maladies*, importantísimo libro de referencia que se utilizó hasta bien entrado el siglo XIX y en el que se describió por primera vez el espectro de manifestaciones clínicas de la insuficiencia cardiaca congestiva.[26] Junto a él se encuentra William Heberden, estudioso de los dolores del pecho que en 1768 describió un padecimiento caracterizado por la aparición súbita de dolor torácico muy intenso al realizar un esfuerzo, que cedía al des-

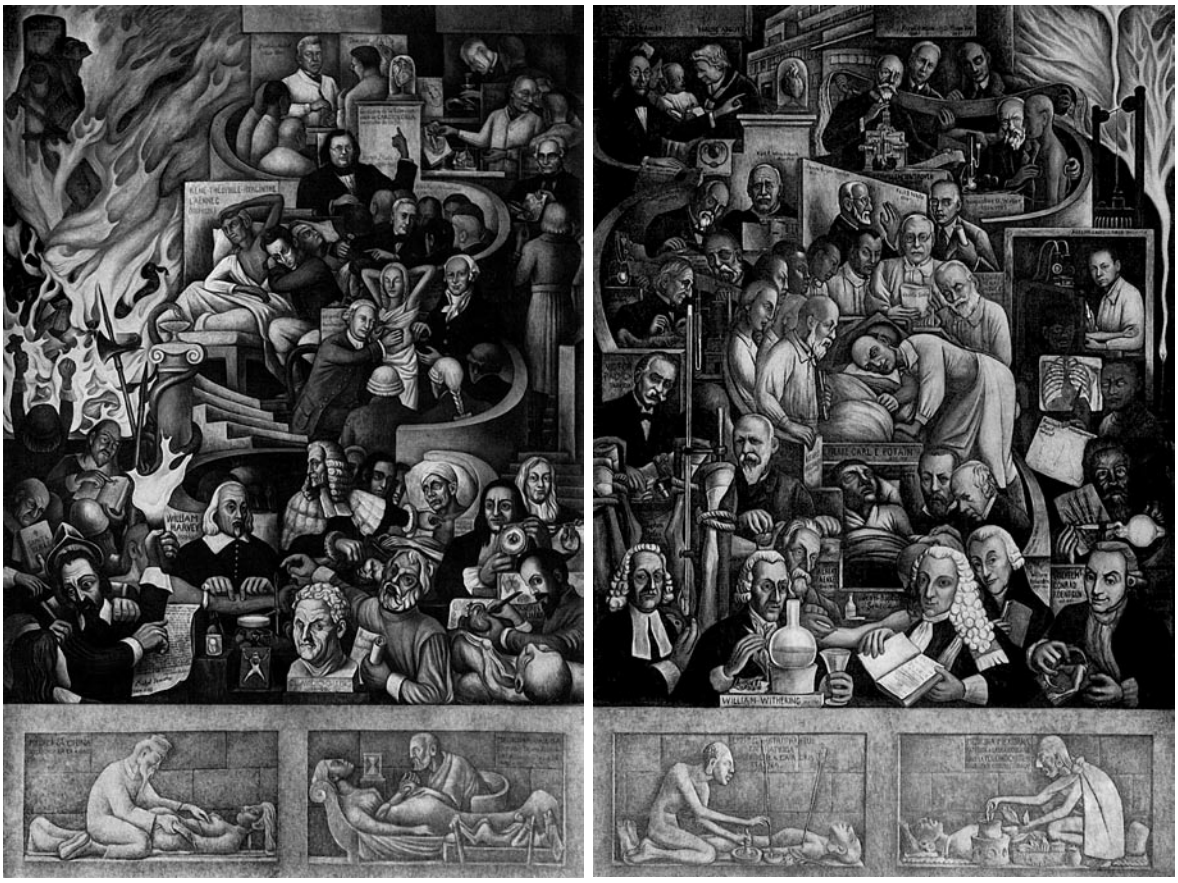


FIGURA 1. Los murales del Instituto Nacional de Cardiología.

cansar y que se acompañaba de angustia y ansiedad. Heberden llamó a ese padecimiento angina pectoris (angina de pecho) y es conocido con ese nombre hasta nuestros días.[27] Inmediatamente por encima de Heberden encontramos a dos médicos que parecen explorar juntos a un paciente. Sintiendo el pulso del enfermo vemos a William Stokes, médico irlandés que describió junto con John Cheyne el patrón respiratorio que lleva el nombre de ambos (respiración de Cheyne-Stokes)[28] y, con Adams, el síndrome caracterizado por síncopes ocasionados por bloqueos de la conducción eléctrica en el corazón.[4] Junto a él se encuentra Ludwig Traube, apasionado de la fisiología renal y de la hipertensión, a la cual bautizó como "esencial" creyendo que los pacientes hipertensos "necesitaban" tener la presión arterial elevada para poder vencer la resistencia de las arteriolas renales.[29] En la esquina inferior derecha del mural, Rivera colocó a Luigi Galvani, quien demostró la existencia de la "electricidad animal" al observar cómo los músculos de las ancas de una rana sufrían contracciones al aplicárseles una corriente eléctrica. Los experimentos de Galvani en el siglo XVIII fueron la piedra angular para comprender el funcionamiento del corazón y de su aparato conductor y sirvieron como base para la creación de la electrocardiografía.[4]

Una luz mortecina alumbra la siguiente sección del mural, en la que Wilhelm Roentgen observa sorprendido la mano de su esposa impresa gracias a la acción de los rayos X. Aun cuando Roentgen no realizó aportaciones a la cardiología, Chávez le solicitó a Rivera que lo incluyera en el mural por ser el iniciador de la imagenología. Recordemos que los murales fueron pintados y diseñados antes de la invención de las modernas técnicas de imagenología como la ecocardiografía, la tomografía o la resonancia magnética. Quizá por eso Chávez escogió para la "sección de radiología" del fresco a Friederich Moritz y Agustín Castellanos, muy poco mencionados en los textos de historia de la cardiología. El primero de ellos ideó el método de la ortodiagrafía, en la cual se realizaba un trazado del corazón tomando como referencia los rayos X proyectados sobre una pantalla fluorescente.[30] Rivera lo representó sosteniendo en su mano

uno de estos laboriosos y complicados trazos que fueron cayendo en desuso poco a poco. Castellanos, que es el único latinoamericano en los murales, fue un médico cubano que creó la cavografía y la aortografía retrógrada para observar el corazón utilizando medios de contraste. Las técnicas inventadas por Castellanos sirven aún hoy como fundamento para la realización de las arteriografías y el cateterismo cardiaco e incluso se dice que llegó a ser considerado para recibir el Premio Nobel.[31]

En la parte más superior y central del mural Diego Rivera pintó a aquellos que, usando la "electricidad animal" demostrada por Galvani, idearon un sistema para trazar sobre el papel la actividad eléctrica del músculo cardiaco. El padre del electrocardiógrafo Willem Einthoven, médico holandés nacido en la isla de Java, sostiene un trazo obtenido con su recién construido aparato. Las investigaciones de Einthoven a principios del siglo XX fueron inspiradas por los trabajos de Augustus Desiré Waller, que se encuentra representado junto a él en el mural aplicando un par de electrodos sobre el pecho de un paciente. Waller utilizó el electrómetro capilar para registrar la actividad eléctrica del corazón y producir trazos rudimentarios a los cuales llamó "cardiograma".[32] Este avance impresionó a Einthoven que, sin embargo, se mostró decepcionado por la baja calidad de estos registros y decidió mejorarlos. Para ello utilizó un galvanómetro de cuerda que registraba con mayor precisión las ondas producidas por el corazón e incluso conectó este aparato a un hospital cercano utilizando una línea telefónica. Además de inventar el electrocardiógrafo, Einthoven bautizó a las ondas cardiacas como "P, Q, R, S y T", nomenclatura utilizada hasta nuestros días. Por todos estos descubrimientos y por abrir el camino para los grandes avances de la cardiología del siglo XX, Einthoven fue recompensado con el Premio Nobel de Medicina de 1924.[33] En el mismo grupo Chávez solicitó a Rivera la inclusión de sir Thomas Lewis y Frank N. Wilson, que observan juntos un registro electrocardiográfico. El primero fue el responsable de la introducción del electrocardiógrafo a Inglaterra y de su producción en masa, así como de interesantes trabajos sobre las arritmias, especialmente sobre la fibrilación auricular (presentó el primer trazo electrocardiográfico mostrando esta patología).[19] Al segundo se le debe la concepción, en la década de los treinta, de las derivaciones unipolares de las extremidades y de las derivaciones precordiales que permitieron aumentar la capacidad diagnóstica del trazo electrocardiográfico.[30]

A la izquierda de los electrocardiografistas se encuentran dos personajes que se dedicaron al estudio de las malformaciones congénitas del corazón: Karl Rokitansky y Maude Abbott. Rokitansky, profesor de anatomía patológica en la Universidad de Viena en el siglo XIX, se interesó en el estudio de la embriología y de las malformaciones congénitas, sobre todo las del corazón. Describió con detalle las malformaciones de la aorta, la arteria pulmonar, las válvulas del corazón y el conducto arterioso y fue considerado por muchos como el mayor patólogo de su tiempo.[34] Abbott, la única investigadora incluida en los murales, fue la fundadora de la Academia Internacional de Patología y la propietaria de la colección más grande de casos de malformaciones cardiacas congénitas en el mundo.[35]

El último grupo, ubicado en el centro del mural, está formado por cardiólogos contemporáneos de Ignacio Chávez. Chávez aprovechó este espacio para rendirle homenaje a aquellos médicos que fueron sus maestros durante su estancia en Francia y para representar de un modo políticamente adecuado a los más poderosos e influyentes cardiólogos de la época que serían, en un futuro y como el propio Chávez, fundadores y presidentes de la Sociedad Internacional de Cardiología.[36] En el centro del grupo se encuentra Pierre Carl Potain, clínico del Hospital de la Charité de París que describió el "ritmo de galope" que caracteriza a la insuficiencia cardiaca.[23] Escucha el corazón de un hombre mientras lo rodean sus discípulos, entre los cuales destacan dos que lo observan atentamente: son Henri Huchard a la izquierda y Henri Vaquez a la derecha, maestros de Chávez en París. Huchard pasó a la historia por haber establecido el vínculo entre la hiperuricemia y la hipertensión al describir la esclerosis de las arteriolas renales en los pacientes con gota, en los envenenados por plomo y en los consumidores de comida grasosa.[37] Vaquez, por su parte, fue el primero en presentar un caso de policitemia vera.[38] Los últimos tres personajes, James Bryan Herrick, Charles Laubry y Paul Dudley White aún estaban vivos al momento de la realización del mu-

ral y de la inauguración del Instituto Nacional de Cardiología. Herrick (con barba blanca y anteojos) es famoso por haber descrito el primer caso de anemia de células falciformes y por sus importantes trabajos referentes a las secuelas a largo plazo del infarto agudo al miocardio.[39] Laubry, quien también observa a su maestro Potain, fue el primer presidente de la Sociedad Internacional de Cardiología al ser fundada ésta en 1950 y maestro de Chávez.[33] White es reconocido por sentar las bases de la práctica cardiológica actual en los Estados Unidos y fue el segundo presidente de la Sociedad Internacional de Cardiología[40] (el tercero sería el mismo Ignacio Chávez, coordinador del mural).[33]

Ningún comentario sobre los murales de Diego Rivera en el Instituto Nacional de Cardiología estaría completo sin mencionar los espacios que fueron dedicados por el pintor, en ambos murales, a las medicinas tradicionales del mundo. Al pie del primer mural están representadas la medicina tradicional china y la medicina helénica, mientras que en el segundo se ilustra la medicina de los pueblos del África negra y la medicina mexicana precolombina. Al colocar estas representaciones en la base de ambos murales Rivera acentúa el mensaje de la ideología muralista en cuanto al papel esencial de la raza indígena como forjadora del mundo moderno. Este mismo mensaje se hace notar en el mural de Rivera en el Hospital de La Raza en el cual realiza una apología de la medicina precolombina. Es interesante recalcar que la reseña realizada por Chávez sobre los murales no menciona la presencia de estas representaciones, centrando toda su atención sobre los investigadores y descubridores occidentales. Sin embargo, es posible y hasta lógico que cuando Rivera leyó las notas en las que Chávez le solicitaba que el mural "marcara la proyección ascendente en el conocimiento"[1] el pintor decidiera construir los cimientos de su obra usando como materia prima a los pueblos indígenas que tanto admiraban él y sus contemporáneos.

Los murales del Instituto Nacional de Cardiología son una muestra única en nuestro país de la colaboración entre la ciencia y el arte para crear una obra que no sólo sorprende por su compleja composición y por su dramatismo, sino que además le obsequia al observador una mirada única e integral hacia el centro mismo de la historia de la cardiología.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 Chávez I. *Diego Rivera. Sus frescos en el Instituto Nacional de Cardiología*, Sociedad Mexicana de Cardiología, México (1946).

2 De Micheli A. Miguel Servet y la circulación sanguínea pulmonar. *Archivos de Cardiología de México* 73-3 (2003) 171-4.

3 Tan SY. Galen (130-201 A.D.): History's Most Enduring Medic. *Singapore Medical Journal* 43-3 (2002) 116-17.

4 Acierno L. *Historia de la Cardiología*, Editorial Edika-Med, Barcelona (1997).

5 Jay V. Marcello Malpighi. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 123 (1999) 879.

6 Debus AG. *Chemistry and Medical Debate: Van Helmont to Boerhaave*, Science History Publications, Canton M.A. (2001).

7 Valdez R. William Harvey. *Elementos* 35 (1999) 47-51.

8 Virchow R. Morgagni and the Anatomic Concept. *Bulletin of the History of Medicine* 7 (1929) 975-990.

9 Ventura H. Giovanni Battista Morgagni and the Foundation of Modern Medicine. *Clinical Cardiology* 23 (2000) 792-94.

10 Chrobak L. History of Chest Percussion. *Acta Medica Supplement* 44-1 (2001) 45-8.

11 Paidhungat JV. Jean Corvisart First Day Cover and Stamp of France 1964. *Journal of the Association of Physicians of India* 50 (2002) 437.

12 Jay V. The Legacy of Laennec. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 124 (2000) 1420-21.

13 Da Cunha GP. A Obra de Bouillaud-uma Contribuição Fundamental ao Conhecimento da Doença Reumática. *Arquivos Brasileiros de Cardiología* 55-1 (1990) 35-41.

14 Fye WB. Ludwig Aschoff. *Clinical Cardiology* 22 (1999) 545-46.

15 Suma K. Sunao Tawara: A Father of Modern Cardiology. *Pacing and Clinical Electrophysiology* 24-1 (2001) 88-96.

16 Jay V. The Extraordinary Career of Doctor Purkinje. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 124 (2000) 662-663.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

17 Freis ED. "Chapter 164: Historical Development of Hypertensive Treatment" en Laragh JH y Brenner BM (edit.), *Hypertension: Pathophysiology, Diagnosis and Management*, Second Edition, Raven Press, Nueva York (1995).

18 Martínez M. Cuatro médicos personales del Emperador Maximiliano de Habsburgo. 1864-1867. *Boletín Mexicano de Historia y Filosofía de la Medicina* 6-1 (2003) 17-23.

19 Chávez R, De Micheli A. Epistemiology on Sphygmomanometry. *Revista de Investigación Clínica* 54-1 (2002) 84-91.

20 Bauereisen E. Carl Ludwig as the Founder of Modern Physiology. *The Physiologist* 5 (1962) 293-9.

21 Mannoni L. Étienne-Jules Marey. *Bulletin de la Sémia* 1 (2002).

22 Flegel KM. From Delirium Cordis to Atrial Fibrillation: Historical Development of a Disease Concept. *Annals of Internal Medicine* 122-11 (1995) 867-73.

23 Corvalán JE. A treinta y cuatro años de la muerte de Georg Karl Wenckebach, *in memoriam*. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, Universidad Nacional de Córdoba 60-1 (2003) 35-37.

24 Ventura H. Historical Vignettes in Heart Failure. History of Heart Failure. *Congestive Heart Failure* 10-4 (2004) 203.

25 Scholz H. *Some Historical Aspects of the Development of Cardiovascular Drugs*. *Zeitschrift fur Kardiologie* 91-4 (2002) 34-42.

26 Sanabria A. Historia de la patogenia y sintomatología de la insuficiencia cardiaca congestiva. *Hipertensión Experimental y Clínica* 1-2 (1992) 4-7.

27 Jay V. The legacy of William Heberden. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 124 (2000) 1750-51.

28 Pearce JM. Cheyne-Stokes respiration. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry* 72 (2002) 595.

29 Comroe JH. How to Succeed in Failing without Really Trying. *The American Review of Respiratory Disease* 114-3 (1976) 629-34.

30 Orthodiagraphy. *California State Journal of Medicine* 19-8 (1921) 303.

31 Arauz M, Pérez A. Dres. Agustín W. Castellanos González y Raúl A. Pereira Valdés. *Cuadernos de Historia de la Salud Pública* 2 (1999) 31-6.

32 Mehta NJ, Khan IA. Cardiology's 10 greatest discoveries of the 20th century. *Texas Heart Institute Journal* 29-3 (2002) 164-71.

33 De Micheli A. El centenario del electrocardiógrafo de Einthoven. Parte I. *Archivos de Cardiología de México* 71-2 (2001) 160-6.

34 Jay V. The legacy of Kart Rokitansky. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine* 124 (2000) 345-6.

35 Waugh D. Maudie: The Life and Times of McGill's Maude Abbott. *Modern Pathology* 5-6 (1992) 597-9.

36 Martínez-Ríos MA. Professor Ignacio Chávez. *Clinical Cardiology* 23 (2000) 929.

37 Johnson R, Fieg D, Herrera-Acosta J *et al*. Resurrection of Uric Acid as a Causal Risk Factor in Essential Hypertension. *Hypertension* 45 (2005) 18-20.

38 Tefferi A. Polycythemia Vera: A Comprehensive Review and Clinical Recommendations. *Mayo Clinic Proceedings* 78 (2003) 174-194.

39 James T. Homage to James B. Herrick: A Contemporary Look at Myocardial Infarction and at Sickle-Cell Heart Disease. The 32nd Annual Herrick Lecture of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation* 101-15 (2000) 1874-87.

40 Lüderitz B. Paul Dudley White. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 3 (1999) 193.

Enrique Soto Pérez de Celis, Instituto de Fisiología, BUAP. enriquesotopc@yahoo.com

La observación del

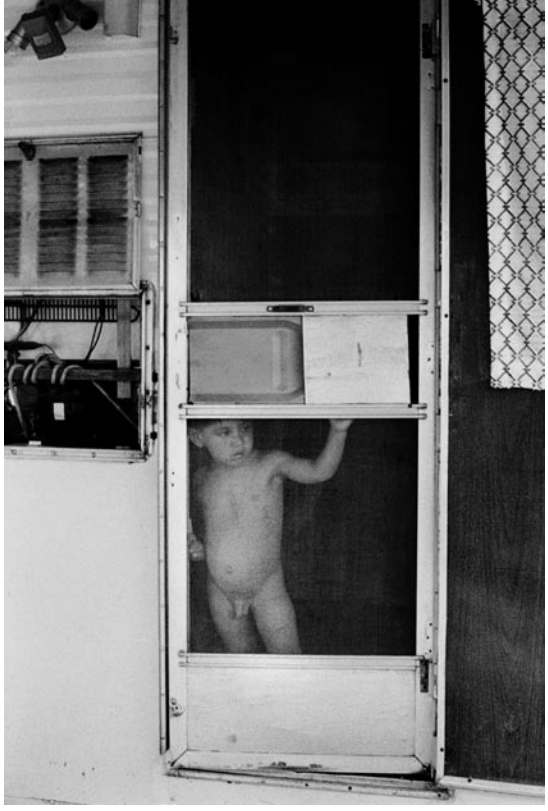
ECLIPSE DE LUNA

17 de noviembre de 1584
Ciudad de México

María Luisa
Rodríguez-Sala

La primera observación astronómica que se realizó en las posesiones españolas tuvo lugar en la Ciudad de México por disposición de la Corona española. Estuvo a cargo de un equipo interdisciplinario integrado por cosmógrafos-matemáticos y astrónomos-técnicos y presidido por el valenciano Jayme Juan. Este representante de Felipe II contó con la colaboración de dos peninsulares radicados e insertos en la sociedad novohispana, el cosmógrafo Francisco Domínguez y el armero y polvorista Cristóbal Gudiel. El resultado de ese valioso trabajo científico-técnico se plasmó en un interesante, bello y fundamental documento para la historia de la astronomía que su responsable llevó a España y, como era usual en esa época, se consideró confidencial y por lo tanto se guardó celosamente en los archivos oficiales. Los siglos pasaron y el documento con sus preciosos dibujos y su interesante contenido científico permaneció ignorado.

En el año 1996 tuvimos la fortuna de toparnos en el Archivo General de Indias de Sevilla con el expediente y los dibujos, como sucede en la mayoría de los descubrimientos sin pretenderlo específicamente, pero sí con la vista abierta y perceptiva a todo lo que pudiera significar un aporte a la historia de la ciencia novohispana. Poco después y no sin un enorme esfuerzo académico, aunado al interés y apoyo de colegas nacionales y españoles, logramos la publicación facsimilar del documento con los



© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

estudios complementarios correspondientes.[1] La Universidad de Huelva realizó no sólo un impecable, sino también bello trabajo de edición e impresión y tanto el Instituto de Investigaciones Sociales así como el Instituto de Astronomía de la UNAM y la Academia Mexicana de Ciencias, colaboraron como coeditores. El libro salió impreso en 1998 en el aniversario de la muerte del monarca a quien se debió la misión científica, Felipe II, y es el primero de la Biblioteca Montaniana.[2]

Los años pasaron y la edición se agotó, pero el interés por el tema no se ha terminado. Las recientes búsquedas en archivos españoles, específicamente en el Archivo General de Simancas, han arrojado información adicional, no ya sobre el acontecimiento mismo, sino sobre algunas comunicaciones del periodo preparatorio que conciernen al responsable de la misión, Jayme Juan. Dar a conocer esos nuevos materiales permite repensar la importancia de la observación astronómica y redifundir sus aportes a la historia de la astronomía novohispana, que finalmente conforma las raíces de nuestra cultura científica nacional.[3]

El descubrimiento de los nuevos mares y territorios americanos plantearon a la episteme y la *doxa* de finales del siglo XV y gran parte del XVI un enorme reto que se encauzó a través de actividades que vincularon estrechamente la teoría con las artes. Se buscó proporcionar soluciones a la navegación de altura y a la determinación de coordenadas y al reconocimiento geográfico de los nuevos territorios. El logro de soluciones, y en algunos casos sólo los intentos, requirieron de tiempo y se fueron dando por el concurso de las inquietudes y conocimientos de los miembros de los estamentos de astrónomos-astrólogos y cosmógrafos-matemáticos y de las preocupaciones y decisiones de la Corona española. Ésta plasmó las acciones del grupo de hombres de ciencia en la política administrativa vigente en los asuntos de ultramar que quedó representada primero por la Casa de Contratación de Sevilla y después por el Real y Supremo Consejo de Indias. Correspondió a esta instancia iniciar la organización sistematizada de los trabajos científicos sobre las posesiones españolas ultramarinas. Las iniciales "descripciones de la tierra", la primera la de la Nueva España, después la del Perú, se dispusieron y ejecutaron durante los primeros años de la década de los treinta del XVI. Fue el punto de arranque de la rica trayectoria de carácter interdisciplinario que representaron las *Relaciones Geográficas* y que se dio en el marco del reinado de Felipe II, siempre interesado en conocer con detalle todos los aspectos relacionados con los territorios, no sólo los españoles, también y principalmente los de las posesiones. Desde luego que su interés no fue solamente científico, pues a través de esos conocimientos se podían calcular los beneficios a obtener por medio de los mecanismos de explotación. Las tareas de ampliación y profundización de conocimientos de todo tipo quedaron en manos de los científicos del Consejo de Indias. Las Ordenanzas de su Presidente Ovando ejecutadas por Juan López de Velasco constituyeron la prueba irrefutable del programa y quehacer interdisciplinario a cargo del Consejo y de sus brazos ejecutores, entre otros, el nuevo cargo de cosmógrafo-cronista. El primero en ocuparlo lo fue precisamente López de Velasco, quien no sólo fue colaborador de Ovando, también, tras su fallecimiento, su digno sucesor en la continuación de las tareas científicas. A él debemos la formulación de los nuevos cuestionarios que respondieron al programa que Ovando planteó y ya para 1577 se contó con la impresión de las *Instrucciones y memoria de las relaciones que se*

han de hacer para la descripción de las Indias. En ellas, a través de sus cincuenta preguntas se hizo posible el conocimiento de la toponimia, geografía física, historia natural y organización social y cultural de cada una de las numerosas regiones o provincias que conformaban las posesiones americanas. Uno de los aspectos más importantes que incluyeron las *Relaciones* fue la determinación de las coordenadas geográficas de latitud y longitud de ciudades y poblaciones, una de las mayores preocupaciones científicas durante el siglo XVI. La obtención de esas medidas, especialmente la de latitud, se relacionó directamente con la observación astronómica de los eclipses lunares, pero también a lo largo de los siglos XVI y XVII el problema de la determinación de la longitud quedó aparentemente solucionado por el mismo método. No sería sino hasta bien entrado el siguiente siglo cuando se logró establecer un método práctico a partir de que se contó con cronómetros de precisión y además portátiles que permitieron una cuenta precisa del tiempo en cualquier lugar.[4]

La importancia que para los hombres de ciencia al servicio de la Corona representó contar con correctas observaciones de los eclipses quedó de manifiesto por la elaboración, impresión y difusión de *Instrucciones* precisas. La primera de ellas se dio a la luz para la observación del eclipse lunar del 26 de septiembre de 1577 y fue obra de López de Velasco, quien además se encargó de llevar a cabo las diligencias necesarias para su conocimiento y empleo.[5] Fue ese instrumento documental el que se utilizó para la observación del acontecimiento astronómico en varias ciudades españolas y americanas, entre ellas, San Juan de Ulúa y Puebla y, desde luego, el antecedente inmediato del acontecimiento que nos ocupa en este trabajo.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Fue en este contexto científico y político que se insertó una más de las misiones científicas de Felipe II en territorio novohispano, la anterior había sido la expedición botánica del protomédico Francisco Hernández durante los años de 1570 a 1576.

Largo tiempo con buenos resultados hemos dedicado a la observación astronómica según señalamos al inicio de este trabajo, aquí lo retomamos para dar a conocer nuevos aportes.

El primer documento que utilizamos en el trabajo anterior fue la Cédula Real que se emitió en Aranjuez el 5 de mayo de 1583 y por la cual se le concedió la autorización formal a Jayme Juan para emprender el viaje de observación científica y salir de Sevilla en la siguiente flota que se hiciera a la mar con destino al Nuevo Mundo. Ahora sabemos y añadimos que la Corona y el propio científico venían preparando esta empresa desde febrero de ese mismo año, lo que da cuenta no sólo de la seriedad del cometido, sino también de las dificultades y largas diligencias implícitas para asegurar el éxito de lo que se emprendía.

La primera comunicación que da cuenta de lo anterior está firmada en Madrid por el cosmógrafo-cronista del Real y Supremo Consejo de Indias, Juan López de Velasco, el 12 de febrero de 1583. Se trata de un documento oficial, redactado en estricto lenguaje científico, que fija el objetivo del viaje de Jayme Juan con la finalidad de avalarlo. El experimentado funcionario real escribió:

> El fin de la jornada para que se propone Jayme Joan es tomar las alturas y observaciones de los lugares por do fuere averiguar la desviación de la calamut o aguja de marear respecto del polo en los dichos lugares por do fuere y hallada la dicha desviación venir en conocimiento de la longitud y transición del Este a

Oeste conforme del instrumento que lleva de las longitudines y demás de esto observar los eclipses de la luna que sucediesen para averiguar las longitudines y distancias de unas provincias a otras lo cual todo es de mucha importancia para la geografía, navegación y otros efectos generales y particulares del servicio de Su Majestad y a lo referido se puede añadir que haga averiguación y memoria de los días y horas, de las crecientes y menguantes, de la marea, de las costas y marinas por do anduviere y así mismo que antes de partir se le señalen los eclipses que hubiere de observar para que aquellos se observen en otras partes donde se vean, porque si no hay correspondencia no será de ningún efecto para el intento dicho la diligencia que se hiciere de la verdad y precisión de los instrumentos y de la inteligencia del dicho Jayme Joan en el uso de ellos no se puede juzgar sin verlos y examinarlos, aunque fijo a los instrumentos que a hecho Joan de [Ignera] maestro mayor de las obras de Su Majestad, bien se pueden tener por ciertos y bien entendidos supuesta la certitud de la desviación suso dicha de la calamut, en Madrid a

12 de febrero 1583

Joan López de Velasco[6]

Pocos días más tarde, el 24 de febrero, se le dieron algunas instrucciones al secretario real, don Antonio de Erazo, las cuales confirman que la misión se afianzaba y las diligencias avanzaban. Se tenía ya seguridad en "la suficiencia" de Jayme Juan y se le plantearon al funcionario de la Corte varios asuntos sobre el cometido del cosmógrafo: lo que debería importar su salario, pero sin llegar a fijar una suma, la conveniencia de que se embarcara cuanto antes en la próxima flota, el proporcionarle sus *Instrucciones* con las indicaciones que había propuesto López de Velasco, la necesidad de entregarle los instrumentos y las órdenes para su colaborador en la Nueva España. Aquí aparece por primera vez el nombre de Francisco Domínguez, el cosmógrafo real que residía en la Ciudad de México y que, como sabemos, colaboró decididamente en la observación del eclipse. También se incluyó el que debería cobrar y recoger en las Filipinas todos los papeles de fray Martín

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

de Rada para que pudiera tomar provecho de ellos. En cuanto a la duración de la misión se mencionó que podría durar entre seis y ocho años, pero que, de acuerdo a las necesidades de la misma, se podría ir alargando o acortando y que durante ese tiempo los virreyes y gobernadores deberían apoyarla.

A pesar de la premura real en que el responsable de la empresa científica se pusiera en marcha, los meses pasaron y se dedicaron a la afinación de los detalles. Jayme Juan estaba en contacto directo con el aposentador real de palacio, don Joan de Herrera, con quien trató los asuntos administrativos y financieros. El 28 de abril le escribió para puntualizar algunos detalles en una carta de interés en sí, ya que pone de relieve las preocupaciones del cosmógrafo y la marcha de los asuntos en palacio. Ya se había puesto en relación directa con De Erazo, quien si bien lo había recibido, no le había dado respuesta directa, sino que había prometido dirigirse por correo al aposentador real, quien había salido de Madrid. En esa carta el cosmógrafo manifestó su urgencia de disponer de dinero antes de salir de la villa capital, ya que tenía necesidad de "proveerse de algunas cosas y principalmente de libros". Sin embargo, la disposición real había sido en el sentido de entregarle la ayuda hasta Sevilla, lo cual, sin duda alguna, le im-

posibilitó su partida. Para esa fecha los instrumentos que le habían sido señalados y trazados estaban ya listos y Jayme Juan esperaba la entrega de sus *Instrucciones*. También había concertado la colaboración de un mozo pintor: "para que venga conmigo a este viaje y sirva así en lo que toca a la pintura que no fuere de traza, como en las otras cosas que se le mandare, concertele en 30 reales cada mes". De esta contratación le había informado al secretario don Gaspar Ledesma y éste le aconsejó que pidiera directamente al rey el salario del dibujante. Este aspecto es un dato hasta ahora ignorado, no teníamos noticia de que Jayme Juan hubiera contado con un pintor, es posible que finalmente no se le haya autorizado la asistencia del mancebo, no aparece mencionado en su licencia de embarque, pero sí constituye prueba de la preparación que el cosmógrafo prestó a la misión que se le encomendaba.

Otro de los asuntos que preocupó y planteó el cosmógrafo fue la clase de los despachos y libranzas que se le entregarían para presentarlos a las autoridades de la Nueva España y de las Filipinas. Pidió que fueran especialmente redactados, puesto que estaba informado "que si son de los ordinarios, que son como sino fuesen y apenas en los pueblos se obedecen provisiones sino son escritas con muy buena tinta". A esta comunicación el aposentador mayor del palacio real dio respuesta, no dirigida al cosmógrafo, sino de carácter oficial, pero que da cuenta de que, a pesar de la lentitud de los asuntos de palacio, los personajes involucrados estaban al corriente de su marcha. Además de anexar la carta de Jayme Juan, vertió su propia opinión positiva. Recomendó que el aspecto relacionado con el pago del salario y los gastos de costa del cosmógrafo, deberían quedar bien especificados y que se le informara al interesado con toda claridad a quién o quiénes debería acudir para recibir sus pagos. Así mismo, estuvo de acuerdo en que fuera bien recomendado a los virreyes y gobernador, ya que ello era en servicio del rey. Acerca del mancebo pintor la indicación fue que el rey determinará lo más conveniente, pero recomendó su contratación.

Sin duda el asunto más relevante de esta etapa preparatoria fue el financiero, poco se avanzaba, el cosmógrafo debió haber esperado el adelanto de sus gastos en Madrid y, en algún momento, tal vez principios de mayo marchó a Sevilla. Ahí presentó la cédula real a la que hemos hecho referencia arriba y el tesorero de la Casa de Contratación le entregó cien ducados a cargo de su salario, que había sido fijado en 400 ducados anuales. Pero, es probable que no contara con los gastos de matolaje y de ayuda de costas, razón por la cual no procedió a su embarque inmediato. Este retraso en una misión que había sido considerada urgente, le trajo consecuencias. Para finales del mes de julio su situación se vio en un fuerte apuro, fue detenido en la Casa de Contratación de Sevilla por no haberse embarcado, a pesar de haber recibido el adelanto. Sin embargo, el apoyo de Felipe II, promotor de esta empresa científica, se manifestó de nuevo, mandó órdenes al Presidente y Jueces de la Contratación a fin de que lo dejaran libre, no le pidieran devolución del dinero, pero sí que se embarcara en las galeras o navío que fueran a Tierra Firme y que, una vez en las Islas de Barlovento lo desembarcaran en alguna de ellas desde donde le sería más fácil pasar a La Habana y "desde allí con las ocasiones que se ofrezcan vaya a la Nueva España". Se le mandó que donde quiera que llegare debía cumplir con el oficio para el cual se le había mandado.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Sus gastos de matolaje le fueron entregados con cargo a los dineros de los galeones que don Álvaro de Bazán, marqués de Santa Cruz había traído durante los años de 1580 y 1581 y que el monarca había ordenado en julio de 1583, se entregaran al Presidente y oficiales de la Casa de Contratación. De esa elevada suma, 6 millones 925 mil maravedíes, se descontó 1 millón 528 mil maravedíes para el pago de la avería que habían sufrido los galeones en un viaje realizado a las Islas de la Madera. Del resto, el tesorero de la Casa de Contratación, don Francisco Tello, informó al rey que 75 mil maravedíes se entregaron a nuestro personaje, y le escribió: "se pagaron a Jayme Juan, cósmografo por carta de V. M. que se los mandó dar para su matolaje del viaje que había de hacer a las Islas Philipinas".

Hasta aquí la nueva información de esa etapa preparatoria a la salida de Jayme Juan de Sevilla rumbo al Nuevo Mundo, embarque que, muy probablemente, se efectuó hacia el verano de 1583; la fecha exacta no la hemos localizado aún en los archivos sevillanos. Hasta ahora la habíamos considerado en mayo de ese año, pero como hemos visto, para julio el cosmógrafo estaba encarcelado. De lo que no hay duda es de que el responsable de esta misión científica realizó sus observaciones en la Ciudad de México y que en ella colaboraron ampliamente Francisco Domínguez y Cristóbal Gudiel. Sobre los resultados, a los que hemos dedicado gran parte del libro, aquí sólo hacemos referencia resumida para destacar, una vez más, su importancia histórica. Si bien en la observación y su descripción participaron los tres especialistas, la redacción e interpretación quedó a cargo del responsable, Jayme Juan. Tanto en las piezas dibujadas como en el texto en latín dejó asentadas las coordenadas geográficas de la Ciudad de México con referencia al Ecuador en grados y en horas. Las medidas establecidas por Jayme Juan son mucho más exactas que las que hasta entonces se conocían y que fueron vigentes algún tiempo. Éstas las había asentado el cronista Antonio de Herrera[7] en 1601 al escribir que México... "está en 19 grados y medio de altura y 103 grados de longitud del meridiano de Toledo, de donde distará por línea recta, 1740 leguas, que son ocho horas de sol". Para la fecha de impresión de la primera edición de esa obra, Jayme Juan y sus colaboradores habían establecido una longitud de 19 grados con 13 minutos y una diferencia de meridianos entre México y Sevilla de 7 horas, 2 minutos y 52 segundos y de 106 grados, 48 minutos y 30 segundos.

La siguiente medición conocida fue la del fraile mercedario Diego Rodríguez, en 1638, quien estableció una latitud de 19 grados y 15 minutos. La ciencia moderna la fija en el Centro Histórico (torre derecha de la Catedral) en 19 grados, 25 minutos y 59 segundos de latitud norte. Como se puede apreciar, si bien existe una diferencia con respecto al resultado de la observación eclipsar lunar de Jayme Juan, ésta no es excesiva. La medida de 1584 correspondería en la actualidad a un sitio entre las poblaciones de Mixquic (19°,13', 28'') y Xochimilco (19°,15',44'') en el sur-oriente del Valle de México. Si consideramos las circunstancias relativas a la adecuación y precisión de instrumentos con los que se contaba en la época frente a los avances científico-técnicos actuales, el cálculo de Jayme Juan resulta bastante aceptable.

El cálculo para determinar las diferencia de horas entre la Ciudad de México y la de Sevilla lo realizó tanto a

partir de fijar la hora en la cual concluyó el eclipse lunar, como por el cálculo de diferencias a partir de la trigonometría. No fueron procedimientos sencillos, involucraron conocimientos de frontera para el momento, una buena preparación matemática y astronómica, sin dejar de lado la interpretación astrológica, uno de los saberes de la subcultura científica que imperaba durante esa época. Jayme Juan en su redacción latina de sus *Proposiciones segunda y tercera* logró establecer la hora de terminación del acontecimiento astronómico. Lo hizo mediante la inclinación de la altitud equinoccial de la Luna y mediante el cálculo por las estrellas fijas que correspondieron al hombro derecho de Orión. Llegó a concluir que el eclipse había terminado a las 7 horas, 20 minutos y 20 segundos y, una vez que conoció la hora de conclusión en Sevilla, estableció la diferencia entre las dos ciudades en 7 horas, 2 minutos y 52 segundos. Nuevamente la comparación con cálculos posteriores no resulta con elevadas discrepancias: fray Diego Rodríguez habló de una diferencia entre Frankfurt y México de 7 horas con 40 minutos; Joaquín Velázquez de León, en 1762, fijo una diferencia de meridianos entre París y México de 6 horas y 47 minutos y, en 1881, Francisco Díaz Covarrubias proporcionó una diferencia de 6 horas con 45 minutos. Debemos recordar que las diferencias están también vinculadas con el empleo del meridiano de origen, que como es conocido varió de ubicación en diferentes periodos. Durante la Baja Edad Media y hasta el siglo XVI el meridiano de origen fue el de la Isla del Hierro y después, Toledo; más tarde pasó a un sitio cercano a París y no fue sino hasta el siglo XIX que se fijó internacionalmente en el Observatorio de Greenwich en las afueras de Londres.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

En esa investigación sobre la primera observación documentada sobre un eclipse de Luna en las posesiones españolas de ultramar y su repercusión en la determinación de coordenadas geográficas y diferencias meridianas, así como de su figura central, hemos avanzado unos pasos más. Queda aún por determinar si Jayme Juan llegó a concluir su cometido en las Islas Filipinas, nada hemos podido avanzar, pero no tenemos duda alguna de que posteriores esfuerzos nos llevarán a nuevos aportes. Conocer y difundir qué dificultades y qué trámites se realizaron para hacer posible una empresa científica de finales del siglo XVI que se constituyó en una contribución de frontera científica, es una contribución a la historia de la ciencia y por su realización dentro del territorio mexicano, a nuestra cultura científica nacional.

REFERENCIAS

1 A cargo de la autora y de los astrónomos Jesús Galindo Trejo y Marco Arturo Moreno Corral, con prólogo de Jaime Montaner y presentación de Octavio Uña Juárez.

2 Rodríguez-Sala ML (ed.), *El eclipse de Luna del 24 de noviembre de 1784, una misión científica de Felipe II en Nueva España*, Universidad de Huelva, Instituto de Investigaciones Sociales e Instituto de Astronomía de la UNAM y Academia Mexicana de Ciencias, Huelva (1998).

3 Este trabajo si bien no se inserta directamente en el proyecto de investigación actual financiado por el Programa PAPIIT de la UNAM, sí se desprende de anteriores auspicios, ya que todos ellos han contribuido a la investigación sobre la construcción de la historia de la ciencia y la tecnología mexicanas.

4 Moreno Corral MA. "El estudio de los eclipses como problema científico del siglo XVI" en Rodríguez Sala ML (ed.), *El eclipse de Luna, misión científica de Felipe II en Nueva España*, Universidad de Huelva, Instituto de Investigaciones Sociales e Instituto de Astronomías, UNAM, y la Academia Mexicana de Ciencias, Huelva (1998) 40.

5 Pérez Pastor C. *Bibliografía madrileña, siglo XVI*, Madrid, Tipografía de los Huérfanos, MDCCCXCI, tomo II, 115.

6 Archivo General de Simancas (AGS), *Guerra y Marina* (*Guerra Antigua*), legajos 142, 147, 151 y 151 y *Mar y Tierra*, legajo 1682. Los documentos me fueron gentilmente proporcionados por el Jefe del Departamento de Referencias, José María Burrieza Mateos. Se presenta el texto con ortografía y puntuación modernizados y se conserva el estilo y la presentación originales.

7 De Herrera A, *Historia General de los Hechos de los Castellanos en las Islas y Tierra-Firme de el Mar Océano*, Editorial Guarania, Asunción del Paraguay, tomo I, cap. IX (1944) 83.

María Luisa Rodríguez-Sala, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM.
rsala@servidor.unam.mx

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

CONTAMINACIÓN atmosférica y salud

Noé Manuel
Montaño Arias
Ana Lidia
Sandoval Pérez

La contaminación es uno de los problemas más graves a nivel mundial. La creciente urbanización, la industria, la agricultura con excesivo uso de pesticidas y fertilizantes, la deforestación, la producción de energía y los hábitos de consumo han producido una enorme cantidad de sustancias que contaminan el agua, el suelo, la vegetación, la atmósfera y son una silenciosa amenaza para la vida. En particular la contaminación atmosférica es un grave problema de salud pública que enfrentamos día con día y que tiende a incrementar aceleradamente tanto a escala global como regional. Por ello es importante informar a la sociedad sobre este tópico ambiental y tomar medidas para enfrentar este problema que atenta contra la vida. Este artículo resume el efecto que sobre la salud humana ejercen seis contaminantes atmosféricos: plomo, ozono, óxidos de carbono y nitrógeno, hidrocarburos y clorofluorocarburos; y aborda la problemática general de cada uno, tratando con mayor extensión el caso del bióxido de carbono ya que es, probablemente, el más importante y acerca del cual se ha realizado más investigación.

EL CASO DEL PLOMO Y EL OZONO

En los años ochenta, en México la contaminación atmosférica por plomo fue asociada al uso del automóvil. En concentraciones

ÓXIDOS DE CARBONO Y NITRÓGENO
Irritación de ojos, garganta y piel.
Fallecimiento por insuficiencia cardiaca y sofocación.
Disminución de glóbulos rojos y otras enfermedades vasculares y cardiovasculares.
Afectan el sistema respiratorio produciendo asma, bronquitis y enfisema pulmonar, pulmonía, influenza y disminución de la resistencia a enfermedades respiratorias.
Enfermedades microbianas desconocidas, desencadenadas por el aumento de la temperatura.
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS
Arterosclerosis, cáncer, daños a los riñones y ojos.
Micro-partículas atacan el sistema respiratorio, cardiovascular y neurológico.
Obstrucción crónica pulmonar, bronquitis, aumento del asma en niños.
HIDROCARBUROS Y CLOROFLUOROCARBUROS
Tienen propiedades carcinogénicas y destruyen la capa de ozono provocando una mayor incidencia de radiación solar ultravioleta que daña la piel y el sistema inmunológico.
PLOMO
Acumulación en la sangre, cambios histopatológicos como alteraciones de glándulas y queratinización de piel y pelo, cáncer pulmonar, hipertensión arterial, afecciones cardiacas y renales.
DESTRUCCIÓN DE OZONO
Incidencia directa de rayos solares ultravioleta, lo que provocaría daños severos sobre la piel, como manchas, irritaciones e incluso cáncer.
AUMENTO DE OZONO Y OTROS GASES
Respiración profunda y sofocada, sequedad de garganta, opresión y dolor toráxico, fatiga, dolor de cabeza y náusea.
En casos más graves, daños pulmonares o daños permanentes al sistema respiratorio.

CUADRO 1. Algunos efectos que ejercen los contaminantes atmosféricos.

elevadas, el plomo puede absorberse a través de la piel o por respiración, se acumula en la sangre, es tóxico y actúa sobre el encéfalo y el sistema nervioso de las personas.[1, 2] Además, al plomo en conjunto con el cadmio y el flúor, ambos de origen industrial, se les ha relacionado con afecciones cardiacas y renales, hipertensión arterial, arterosclerosis y cáncer pulmonar.[1] Ante este problema, PEMEX sustituyó la gasolina que vendía (con elevada concentración de tetraetilo de plomo) por otra con bajo contenido de plomo (gasolina *magna sin*), reduciendo las emisiones de plomo de 2000 a 150 toneladas anuales. Sin embargo, los oxidantes sintéticos que sustituyeron al plomo en la nueva gasolina también contaminan. Por ejemplo, ellos producen *smog*, el cual ha aumentado la concentración del ozono en la atmósfera a casi ocho veces la concentración atmosférica natural, provocando en las personas alteraciones en el sistema respiratorio, dolor de cabeza, ardor de ojos e infecciones en la piel.[1]

El ozono (O_3) se forma mediante reacciones químicas que involucran la radiación solar y compuestos orgánicos e inorgánicos, algunos de ellos producto de la contaminación. El ozono es la causa principal de cambios histopatológicos tales como la multiplicación excesiva de las células de un órgano o tejido, queratinización de la piel y pelo e inflamación de la mucosa nasal, resultado de respirarlo en elevadas concentraciones.[1, 3] El ozono provoca inflamación en los pulmones y reduce la habilidad del sistema respiratorio para luchar contra infecciones y para eliminar partículas extrañas. En consecuencia, el ozono complica el estado de salud de quienes padecen asma, enfisema o bronquitis crónica. No obstante, también altera la respiración de las personas saludables, causando irritación de garganta y daño permanente a los pulmones. Algunos de los síntomas son: tos, dolor de pecho al respirar, sequedad de garganta, dolor de cabeza y náusea. Debido a que en la atmósfera el ozono absorbe los rayos solares ultravioleta, la destrucción de la capa de ozono por reacciones químicas con otros contaminantes, como los clorofluorocarburos, permite que penetren los rayos ultravioleta, los cuales provocan cáncer en la piel y cataratas en los ojos. La destrucción del ozono está ocurriendo de manera acelerada en todas las latitudes de ambos hemisferios del planeta. Por ejemplo, en el Polo Sur durante los meses de septiembre y octubre, la pérdida del ozono aumenta las radiaciones ultravioleta en 120%, y ha provocado cáncer en la piel y alteraciones en el sistema inmunológico de los habitantes de la zona.[1,3]

EL CARBONO Y EL EFECTO INVERNADERO

El monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO_2) provienen de vehículos de motor, combustibles fósiles, quema de vegetación (la deforestación aporta 29% de la emisiones totales de carbono (C), 4.7×10^{15} gramos de C por año, de los cuales 90% es en forma de CO_2) y de la combustión de toneladas de basura producida. Mundialmente, cada año se emiten a la atmósfera más de 11,000 millones de toneladas de carbono. México emite anualmente 188 millones de toneladas de carbono

(C), es decir cerca de 2% de las emisiones mundiales de gases con efecto invernadero y se ubica como el noveno país en este rubro a nivel mundial.[5,6] Los gases de invernadero son de origen natural y antropogénico capaces de reabsorber y reemitir la radiación infrarroja a la Tierra. Entre estos gases están el bióxido de carbono y otros como el metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarburos. El calentamiento en el planeta es consecuencia de un aumento en la cantidad de estos gases (Figura 1).[7] Por ejemplo, se pronostica que de no reducir las emisiones de gases invernadero a la atmósfera, la Tierra experimentará un cambio climático global sin precedente, esperando que la temperatura aumente entre 1.4 y 5.8 grados centígrados. Como consecuencia ocurrirían deshielos capaces de aumentar el nivel del mar entre 10 y 88 centímetros y la frecuencia de ciclones y huracanes que provocan destrucción.[7] Por ejemplo, los glaciares de los Alpes han perdido 50% de su volumen. Esto es importante debido a que más de cien millones de personas viven a un metro del nivel medio del mar. Asimismo, el incremento de la temperatura aumenta el estrés por calor favoreciendo enfermedades como el asma y otros tipos de dolencias respiratorias y cardiovasculares, tanto que en los últimos años se ha encontrado una relación directa entre las temperaturas máximas del verano y las tasas de mortalidad.[3] La concentración de CO_2 en la atmósfera en los últimos cien años aumentó entre 15 y 25% (Figura 2a). De acuerdo con los modelos climáticos globales, cerca de 60% del calentamiento predicho se debe al bióxido de carbono (Figura 2). No obstante, otros gases como los clorofluorocarburos (CFC), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) también contribuyen al calentamiento global del planeta en 20 y 25 % impactando la salud humana como se documenta más adelante (Cuadro 1; Figura 2 b y c).[7] Existen, sin embargo, alternativas para capturar el dióxido de carbono y uno de los sumideros más importantes son los bosques (Cuadro 2). La importancia de estos sumideros de carbono radica en transformar en materia orgánica el CO_2 que se acumula en la estratosfera ya que, al tardar hasta cien años en destruirse, si hoy mismo se suspendiera su producción, el CO_2 acumulado seguiría produciendo efectos dañinos sobre las poblaciones del planeta por cerca de un siglo. Este gas puede dañar directamente la salud de las poblaciones o bien actuar indirectamente al modificar el clima a través de cambios en la temperatura del planeta, con graves consecuencias para la humanidad (Cuadro 1). De manera directa el CO_2 causa insuficiencia cardiaca, sofocación e incluso la muerte a las personas expuestas. Esto ocurre debido a que el CO_2 reemplaza el oxígeno en los glóbulos rojos de la sangre y reduce la cantidad que debería llegar a las células del cuerpo para mantenerlo con vida, por lo cual afecta a todas las personas, pero más aún a aquellas con enfermedades cardiovasculares, cerebrales y respiratorias (bronquitis, asma, cáncer pulmonar).[1] De manera indirecta el CO_2 al favorecer el aumento de la temperatura en un grado Celsius (°C) puede causar la presencia de mosquitos en regiones donde el frío les impedía sobrevivir y reproducirse; muchos de ellos son vectores de enfermedades como: la malaria trasmitida por el mosquito *Anopheles*, la encefalitis transmitida por el mosquito *Culex* y el virus del dengue y la fiebre del Nilo trasmitidas por el mosquito *Ades aegypti*. Asimismo, un incremento de la temperatura podría permitir la aparición de microorganismos generadores de nuevas enfermedades. El aumento de la temperatura también repercute en los sistemas agrícolas,

El bióxido de carbono (CO_2), es el componente atmosférico más importante y más afectado por las actividades humanas. Las principales fuentes de él son la respiración de animales y plantas, el uso industrial y doméstico de combustibles fósiles (90% de las emisiones se deben al consumo de petróleo, gas natural, carbón) y la quema de leña o la descomposición de la materia orgánica. Las plantas, fundamentalmente los árboles, toman el CO_2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis, almacenando el carbono en el follaje, tallos y raíces. Debido a la larga vida de la mayoría de los árboles y su relativo gran tamaño, los bosques se convierten en depósitos naturales de carbono. Los bosques almacenan entre veinte y cien veces más carbono que cualquier cultivo agrícola. Sin embargo, cuando los árboles mueren o son talados el carbono almacenado vuelve al liberarse a la atmósfera, por lo que ellos además de ser depósitos (sumideros) también son fuente de carbono. Por lo tanto, es importante conservar los bosques y usarlos con un manejo adecuado para que actúen más como sumideros de carbono que como fuente.

Se pueden considerar las siguientes estrategias para reducir las emisiones de CO_2 y favorecer la conservación de sumideros de carbono: evitar la deforestación y los incendios, mejorar la eficiencia de uso de biocombustibles, establecer reservas y áreas protegidas, reducir la tala de árboles, implementar programas masivos de reforestación, agrosilvicultura, arbolado urbano, etcétera.

CUADRO 2. Los bosques, oportunidad para capturar bióxido de carbono.

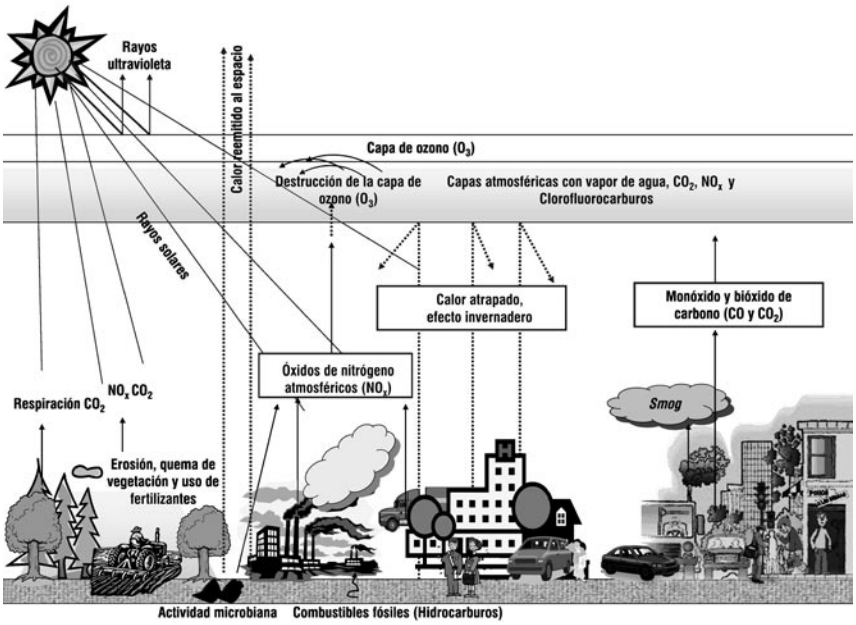


FIGURA 1. Algunas fuentes de gases contaminantes. Gases como el bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y clorofluorocarburos se acumulan en la atmósfera y destruyen la capa de ozono. Éstos también atrapan el calor solar reemitido al espacio favoreciendo el efecto invernadero, debido a que los gases invernadero atrapan a la mitad del camino a los rayos solares calentando la atmósfera y así contribuyen al aumento de la temperatura del planeta.

donde severas sequías y el surgimiento de plagas pueden reducir la cantidad y calidad de alimentos.[3,4,8]

CONTAMINACIÓN POR ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Los óxidos de nitrógeno (N) como el óxido nitroso (NO) y bióxido de nitrógeno (NO_2) son producidos por vehículos de motor, hornos, estufas y productos de limpieza, o bien son el resultado de procesos microbianos, por ejemplo, los suelos agrícolas fertilizados con nitrógeno y el suelo de las selvas tropicales secas son los que más emiten este tipo de óxidos a la atmósfera. La elevada concentración de estos óxidos también contribuye al calentamiento del planeta (efecto invernadero) ya que éstos absorben hasta doscientas veces más radiación infrarroja que el bióxido de carbono.[6,7] Cuando los niveles de los óxidos de nitrógeno sobrepasan las concentraciones normales en la atmósfera causan irritación pulmonar, bronquitis, pulmonía o facilitan infecciones respiratorias como la influenza. Experimentos realizados con animales en condiciones de laboratorio muestran que los niveles de NO_2 aumentan la susceptibilidad a infecciones respiratorias. Sin embargo, los estudios realizados en humanos sugieren que los óxidos de nitrógeno tienen un efecto grave sólo en personas asmáticas o con alguna enfermedad pulmonar.[1] No obstante, lo grave del aumento de las concentraciones de los óxidos de nitrógeno es que éstos son precursores del ozono (O_3) o participan en su destrucción según su concentración o el tiempo de reacción química y por lo tanto, muchos de sus efectos sobre la salud están asociados a la destrucción de la capa de ozono.[3,8]

HIDROCARBUROS Y CLOROFLUOROCARBUROS

Los hidrocarburos como el metano, propano y butano (gas usado en las estufas) son compuestos orgánicos volátiles. Éstos son emitidos por vehículos de motor, solventes, procesos industriales, residuos sólidos y por descomposición de la materia orgánica en ausencia del oxígeno. Los hidrocarburos contribuyen a la formación del ozono al combinarse en presencia de luz solar y óxidos de nitrógeno. Algunos, como el metano (CH_4), contribuyen en 20% con el calentamiento atmosférico al absorber entre veinte y treinta veces más calor que el CO_2. La concentración de metano en la atmósfera ha aumentado en los últimos años debido a la actividad humana (Figura 2c).[6,7] En la atmósfera, el metano es oxidado a monóxido y bióxido de carbono, por lo que es precursor de otros contaminantes cuya vida media en la atmósfera es de hasta cien años, sólo noventa años más que la del metano. Aunque no todos los hidrocarburos son tóxicos, existen evidencias de que algunos de ellos, como el benceno, provocan cáncer en las personas. Sin embargo, quizás su mayor papel en el ambiente es que producen sustancias carbonadas y exceso de ozono aumentando el efecto invernadero. Los clorofluorocarburos (CFC) también contribuyen en 20%

al efecto invernadero y reducen la capa de ozono.[7] Los CFC resultan del uso de aerosoles, gases de refrigeración, la fabricación de transistores, plásticos y de los sistemas de aire acondicionado de los vehículos con 120,000 toneladas de CFC por año. Los CFC son los responsables principales de la destrucción de la capa de ozono, ya que los iones cloro liberados por la radiación ultravioleta reaccionan con el ozono. El aumento de las concentraciones de metano y de CFC en la atmósfera y su dispersión en el aire provocan en las personas resequedad y cáncer en la piel, queratinización del cabello, y alteraciones del sistema inmunológico y de los ojos.[1,3,7]

CONCLUSIONES

La contaminación atmosférica es un problema severo que amenaza al planeta. La acumulación y reacciones en cadena de los óxidos de carbono y nitrógeno, clorofluorocarburos e hidrocarburos en la atmósfera impactan la salud humana y modifican la temperatura del planeta. La alteración de la salud y del clima podría ser en el futuro el inicio del colapso de nuestra civilización, y quizás los efectos de la contaminación sobre la salud es el primer aviso de que nuestra especie está en riesgo ya que podría no resistir los drásticos cambios ambientales que están ocurriendo debido a la contaminación. Para enfrentar a la contaminación y sus consecuencias debemos cuanto antes reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos, elaborar estudios de riesgo e impacto a nivel nacional y hacer evaluaciones permanentes sobre el calentamiento y la incidencia de enfermedades. Sin embargo, un esfuerzo individual es importante, por ejemplo, acciones sencillas como compartir el auto al viajar y usar productos menos industrializados ayudaría a reducir las emisiones de contaminantes. Todo esto garantizaría el futuro de nuestra especie y de la vida sobre el planeta.

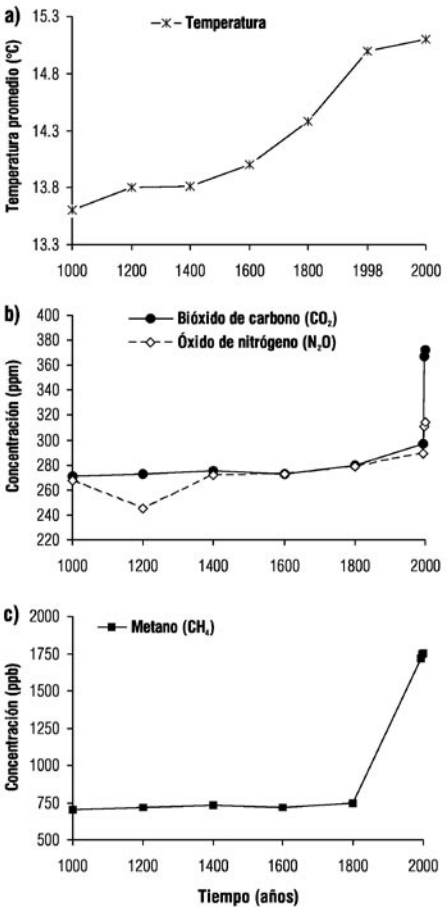


FIGURA 2. El siglo XX fue el más caliente en los últimos mil años. La temperatura global promedio (a) aumenta a medida que el (b) CO_2 y los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el (c) metano (CH_4) han incrementado por la actividad humana. Los gases absorben el calor en la atmósfera y contribuyen al calentamiento de la Tierra favoreciendo el efecto invernadero a un ritmo sin precedentes en la historia del planeta. [ppm= partes por millón, ppb= partes por billón]. (Datos adaptados de: IPCC Assessement Report 2001).[7]

REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra, Suiza. http://www.who.int/topics/es/air.html. Fecha de consulta: marzo (2005).

[2] Garza A, Vega R y Soto E. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. *Medical Science Monitor* 12 (3) (2006) RA57-65.

[3] Agencia de Protección al Ambiente (EPA). http://www.epa.gov/air/topics/comeap.html. Environmental Pollution and its Effect on Human Health. Fecha de consulta: mayo (2006).

[4] Rosales JA, Torres VM, Olaiz G y Borja VH. Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población, evidencias de estudios epidemiológicos. *Salud Pública en México* 43 (2001) 544-555.

[5] Sheinbaum C y Masera O. Mitigating Carbon Emissions while Advancing National Development Priorities. The Case of Mexico. *Climatic Change* 47(2000) 259-282.

[6] Martínez J y Fernández A. *Cambio climático, una visión desde México*, Instituto Nacional de Ecología y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México (2004).

[7] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report on Climate Change*, Cambridge WMO-UNEP, Cambridge University Press (2001).

[8] Forget G y Lebel J. An Ecosystem Approach to Human Health. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 72 (2001) 1-38.

Noé Manuel Montaño Arias y Ana Lidia Sandoval Pérez. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM campus Morelia. nmma@oikos.unam.mx

MARÍA LUZ

Nacida en Puebla, México en 1975. A los 25 años María Luz completa sus estudios en Arquitectura en la Universidad de las Américas-Puebla donde por primera vez puso los pies en un laboratorio fotográfico y descubrió su interés profundo por la fotografía en blanco y negro.

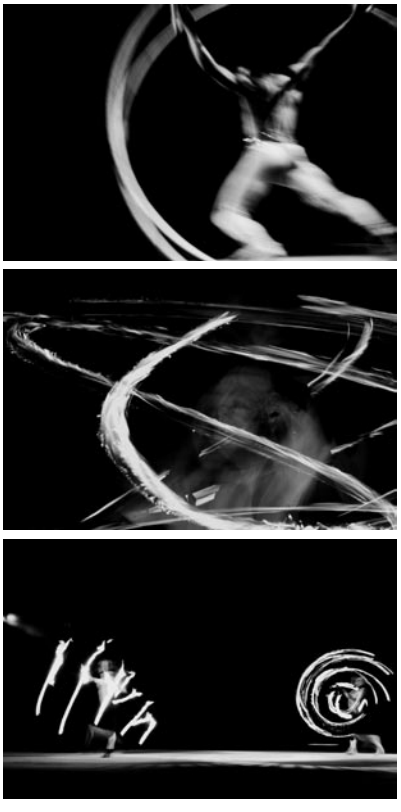
Dos años más tarde tiene como profesor al maestro Ernesto Bazán, reconocido fotógrafo documental, quien le transmite la forma en que una imagen puede capturar la esencia de situaciones cotidianas. La manera en que María Luz percibe y hace fotografía cambia radicalmente a partir de ese momento.

Poco después comienza a fotografiar de forma regular la vida de los artistas de circo en México. En paralelo a este proyecto en continuo desarrollo, ella explora fotográficamente diferentes caminos. Una gran parte de éstos se basa en reflexiones que giran alrededor de la intimidad humana en general y del cotidiano de su vida particular.

María Luz vive en Puebla actualmente.

marialuz@flowtografia.com
www.flowtografia.com

B R A V O



© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

El estudio **NO** DESTRUCTIVO del Breviario Romano de la Biblioteca José María Lafragua de la BUAP

HACIA NUEVOS MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

José Luis
Ruvalcaba Sil

Los manuscritos y en general los documentos antiguos son algunos de los objetos históricos más apreciados. Éstos son estudiados desde muchos puntos de vista, sobre todo considerando su contenido y su estilo. Sin embargo, el aspecto material ha sido poco examinado. El análisis de la composición del soporte, tintas, decoraciones y encuadernaciones forma parte del estudio historiográfico y autentificación de los manuscritos, y puede proporcionar valiosa información sobre los materiales empleados en su realización, su manufactura y cronología, así como aspectos relevantes de su estado de deterioro y puede contribuir con información importante para su conservación.

Por lo anterior, el estudio del aspecto o entorno material de los documentos históricos es relevante considerando que en nuestro país existen acervos con manuscritos únicos y muy valiosos y, en la mayoría de los casos, no hay estudios previos ni las condiciones de conservación apropiadas.

Debe señalarse que los manuscritos, y en general los documentos históricos, son algunos de los más difíciles de estudiar desde el punto de vista material, pues son de naturaleza frágil y resulta arduo su muestreo. Por ello se requieren métodos de análisis no invasivos y no destructivos que proporcionen la mayor información posible.

Folio	Clave	S/Fe	Ca/Fe	Mn/Fe	Cu/Fe	Zn/Fe	As/Fe	Pb/Fe	Hg/Fe
A	A	1.14	1.18	0.10	0.22	0.95	-	0.012	0.009
B	B1	1.21	1.42	0.06	0.20	0.95	-	0.104	0.005
	B2	1.34	1.45	0.07	0.21	1.06	-	0.061	0.007
C oscura	Ci	0.30	0.32	0.01	0.28	0.04	0.12	-	0.008
clara	Ct	2.10	2.91	0.06	0.78	0.76	0.18	-	0.079
F trazo grueso	Fg	1.30	0.90	0.03	0.10	0.16	-	0.023	0.005
trazo fino	Ff	0.96	0.98	0.04	0.33	0.11	-	0.023	0.002

TABLA I. Concentraciones relativas a hierro (Fe) de las tintas sepia del Breviario.

Los aceleradores de partículas constituyen una herramienta analítica muy poderosa para el estudio de los objetos y materiales históricos debido a que las técnicas de análisis basadas en su uso pueden aplicarse de manera no destructiva para la caracterización de papel y tinta de documentos antiguos.[1-3] La técnica más apropiada para tales fines es la espectroscopía de emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE),[3] pues mediante ésta es factible determinar la composición elemental de tintas y papel con una alta sensibilidad, sin tomar muestra alguna del objeto de estudio.

Mediante el uso de PIXE, los estudios pioneros de las tintas empleadas en la Biblia de Gutenberg permitieron confirmar algunas hipótesis del proceso de impresión de esta obra fundamental para el desarrollo de la imprenta.[1, 4] Los estudios posteriores sobre las notas manuscritas de Galileo Galilei sobre la cinemática y cartas fechadas del científico dieron lugar a una descripción cronológica de sus pensamientos, sus anotaciones y conclusiones, las cuales fueron plasmadas en su obra escrita.[5,6] El análisis de decoraciones de libros[7] abordó el aspecto técnico de la ilustración, así como los materiales empleados para tal fin, a partir de nuevos métodos de análisis. En todas estas investigaciones se emplearon dispositivos especializados para el estudio de dichos documentos. La irradiación de los documentos con un haz de protones a la atmósfera se llevó a cabo utilizando un dispositivo de haz externo,[2,7-10] el cual permitió el manejo del libro y la irradiación puntual de las diversas regiones y partes del documento.

Considerando lo anterior, en el Instituto de Física de la UNAM se desarrolló un dispositivo de haz externo con sus sistemas adjuntos,[11-12] el cual puede emplearse para los más diversos fines de investigación, incluyendo el estudio de materiales y objetos propios del patrimonio cultural e histórico. En este artículo se presentan los resultados obtenidos en el estudio de un libro iluminado, el Breviario Romano, del fondo reservado de la Biblioteca José María Lafragua de la BUAP, en Puebla.[13] Este estudio puede considerarse como el primero realizado en su tipo en nuestro país y en Latinoamérica y constituye una propuesta de investigación novedosa y original en lo que concierne a los fondos antiguos en México.

EL BREVIARIO ROMANO

El Breviario Romano es un precioso manuscrito elaborado con tintas roja, café y azul sobre una vitela de gran finura y delgadez, con capitulares decoradas en varios colores e iluminadas; corresponde estilísticamente a los manuscritos franceses, del periodo de transición entre los siglos XIV y XV, según un examen del doctor Alberto Montaner Frutos, Secretario de la Institución Fernando el Católico de la Diputación de Zaragoza, España. Su signatura topográfica es: BJML. Fondo Reservado C.B. 54856 (# Inv.32946). Este libro es quizás el más antiguo de los existentes en fondos reservados del país.

El objetivo de este estudio fue determinar la composición de las tintas y el soporte del libro manuscrito para confrontar la información resultante con bases de datos europeas de tintas y establecer una probable temporalidad del documento. Asimismo, se realizó la identificación de los pigmentos utilizados en las miniaturas y capitulares de este documento.

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El estudio no destructivo del Breviario Romano se llevó a cabo mediante el dispositivo de haz externo del acelerador Peletrón del Instituto de Física de la UNAM (Figura 1). Se utilizó un haz de protones de 1 mm de diámetro y

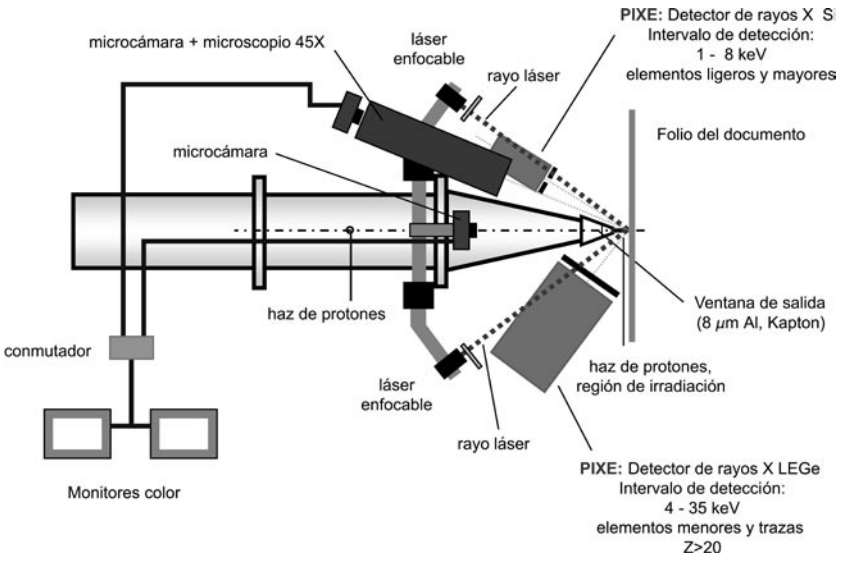


FIGURA 1. Diagrama del dispositivo de haz externo del IFUNAM empleado en el análisis de libros y documentos antiguos.

2.9 MeV de energía. Para evitar cualquier daño al documento, la intensidad del haz fue muy baja (2 nA) sobre el punto de análisis. El tiempo que duró cada irradiación fue en promedio de 10 min.

La detección de los rayos X se realizó con dos detectores, uno de silicio para los rayos X de los elementos ligeros en una atmósfera local de helio, ya que así disminuye de manera significativa su absorción en la atmósfera y se disipa la energía depositada por el haz sobre el punto analizado.[14] Con un segundo detector de germanio y un absorbedor no selectivo de aluminio de 38 μm de espesor se captaron apropiadamente los rayos X de los elementos más pesados con número atómico superior al manganeso.

Es necesario señalar que los libros bajo estudio se colocan sobre un atril de acrílico y aluminio, diseñado especialmente para soportarlos adecuadamente ya que este dispositivo permite sujetar la página de interés de manera perpendicular frente al haz incidente. Este atril está situado sobre un soporte que permite su movimiento en tres direcciones frente al haz (adelante-atrás, izquierda-derecha y arriba-abajo). De esta manera se coloca el libro en la posición adecuada para realizar el análisis de prácticamente cualquier región del folio.

Dado que en general los trazos en los manuscritos y libros antiguos pueden ser muy delgados y finos, se utilizó también para este caso un microscopio con aumento de 45X para localizar precisamente el punto de irradiación y hacer incidir el haz justo sobre el trazo de interés. Todas las irradiaciones se siguieron por medio de microcámaras que transmiten las imágenes de las regiones irradiadas a dos monitores. Un sistema de captura de las imágenes permite llevar a cabo un registro de la secuencia de la irradiación.

Para realizar la calibración del sistema de haz externo y el análisis cuantitativo correspondiente, se emplearon materiales de referencia certificados de películas delgadas, los cuales se irradiaron bajo las mismas condiciones que los folios y las tintas de las muestras estudiadas. En todos los casos, además de las tintas y decoraciones, fue necesario realizar el análisis del pergamino para determinar sus contribuciones de calcio y hierro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS ANÁLISIS

Debido a las dimensiones del libro sólo fue posible irradiar los extremos externos de los folios. El dispositivo actual no permite alcanzar zonas centrales y del encuadernado. Los resultados del análisis de siete folios del Breviario Romano con capitulares y miniaturas a tres tintas, así como partes del texto, se resumen a continuación.

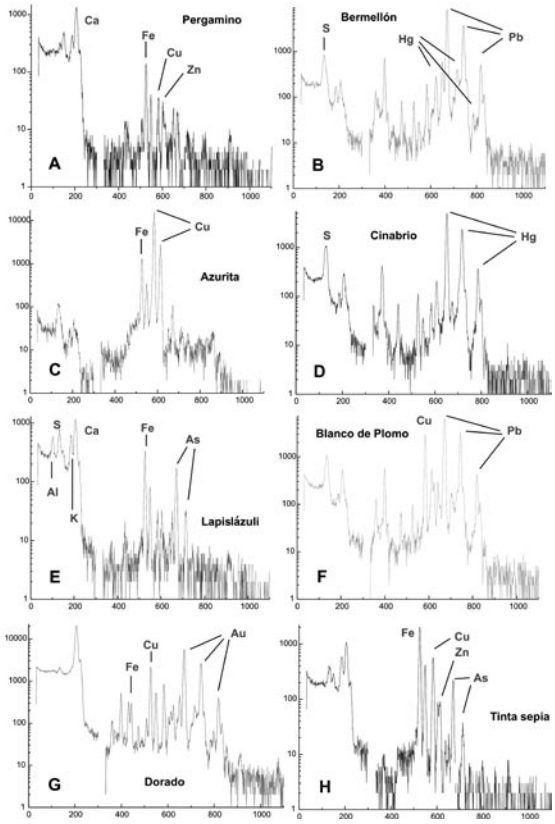


FIGURA 2. Espectros representativos de los diversos pigmentos y tintas del Breviario. A. Pergamino o vitela. B. Rojo, miniatura. C. Azul, miniatura y tinta azul. D. Tinta roja y decoraciones finas de los márgenes. E. Azul, canto del libro. F. Blanco de base de preparación. G. Dorado. H. Tinta sepia (ferrogálica).

En cuanto a los pigmentos de las miniaturas que conforman las decoraciones y las capitulares, los espectros de rayos X de los folios resultan adecuados para realizar su identificación. A partir de elementos característicos de cada pigmento (Figura 2) podemos establecer su identidad y determinar que para el color rojo se utilizó el bermellón, *i.e.* una mezcla de minio (PbO_4) y cinabrio (HgS), mientras que para el azul se empleó azurita ($Cu_3(OHCO_3)_2$) en todos los casos. El blanco y la base de preparación del temple se realizaron con blanco de plomo (PbO). El color rojo de la tinta de la decoración corresponde sólo a cinabrio. El análisis del canto del libro, también de color azul, dio como resultado un espectro completamente diferente de la azurita, pero característico del lapislázuli ($(Na,Ca)_8(SO_4,S,Cl,)_2(AlSiO_4)_6$). Todos los pigmentos encontrados han sido utilizados en la realización de miniaturas y corresponden en efecto al periodo comprendido entre los siglos XIII-XVII.[15] Esto demuestra cómo la identificación de tales pigmentos puede realizarse claramente mediante la técnica PIXE.

En cuanto a las tintas del texto, en el caso de las capitulares azules, se trata de azurita mientras que la tinta roja del texto y de las decoraciones de los márgenes corresponde a cinabrio, consistentemente. No es de extrañar el hecho que las finas decoraciones rojas de los folios tengan la misma naturaleza material del texto, pero sean distintas de las líneas y colores rojos de las miniaturas, pues éstas debieron haberse realizado durante el proceso de escritura del libro y no en la etapa de iluminado.

En lo que toca a las tintas de color sepia se detectaron azufre (S), cloro (Cl), potasio (K), calcio (Ca), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), arsénico (As) y mercurio (Hg), siendo los elementos más significativos S, Ca, Fe, Cu, Zn y Pb para diferenciarlas. La Tabla I muestra las razones de concentración con respecto a hierro (Fe) para estos elementos en los diversos folios. Cabe señalar que los valores de las concentraciones absolutas no son útiles pues éstos varían de acuerdo a la cantidad de tinta que se encuentre en cada trazo y a su absorción en el papel. En cambio, las concentraciones relativas, *i.e.* las proporciones de estos elementos, no cambian independientemente de la cantidad de tinta.

Respecto a la variación de la composición de tintas de manuscritos, en función de la temporalidad, existe una investigación de Lucarelli y Mando donde se establecen las tendencias de las concentraciones de metales en las tintas entre los siglos XII y el XV.[10] Una comparación con dichos resultados (Figura 3) permite establecer que las razones de concentración de Cu/Fe y S/Fe corresponden a los valores reportados para los siglos XIV. En el caso de las razones Ca/Fe, éstas son ligeramente superiores a los valores del siglo XIV, lo cual es más similar a lo observado para el siglo XV. Por lo anterior, se concluye que la composición de las tintas del Breviario corresponde propiamente al siglo XIV.

En cuanto a la comparación de las tintas entre sí, se observa que existe uniformidad entre la composición dentro de un mismo folio y folios contiguos, pero la composición de las tintas puede cambiar en algunos párrafos de los folios. Por ejemplo, en el folio C (Tabla I)

con párrafos manuscritos con tinta oscura y clara se observa que la diferencia entre las tintas estriba en las concentraciones de hierro, las cuales son significativamente menores en la tinta tenue, con un aumento muy importante en zinc, mercurio y cobre para ésta última. También es notable una mayor presencia de arsénico en las tintas sólo de este folio.

Las anotaciones manuscritas del último folio, de una caligrafía muy distinta a la del libro, son evidentemente diferentes por sus mayores concentraciones de hierro y se distinguen entre sí por contar con más cobre la anotación con trazo fino, mientras que la anotación con trazo grueso contiene más zinc y azufre.

CONCLUSIONES

La metodología empleada es apropiada para realizar estudios no destructivos de los libros antiguos. Es posible determinar la naturaleza de los pigmentos y caracterizar las tintas utilizadas para su diferenciación, a tal grado que incluso pudo establecerse para el caso del Breviario Romano una correspondencia temporal.

El presente estudio representa el primer análisis no destructivo de libros antiguos con este tipo de técnicas en México y pone en evidencia los alcances y relevancia de investigaciones que consideren la naturaleza física de documentos antiguos. Asimismo, se hace evidente la necesidad de generar bases de información de referencia sobre los diversos elementos materiales que componen un libro antiguo: los soportes, las tintas del texto, las decoraciones, y la encuadernación.[16-18] Después de una primera etapa de estudio de los materiales que se encuentran en buen estado es deseable llevar a cabo estudios de deterioro de los materiales que componen los fondos mexicanos, tal y como se ha hecho en otros casos en el extranjero.[19-20]

Quizás el único inconveniente de estos estudios es la necesidad de transportar el documento de estudio al laboratorio para su análisis, no obstante, el desarrollo de metodologías para estudios diagnósticos *in situ,* en el fondo facilita y complementa este tipo de investigaciones, pues permite estudiar colecciones, seleccionar apropiadamente documentos representativos, así como las técnicas y metodologías más apropiadas para su estudio.[16,18]

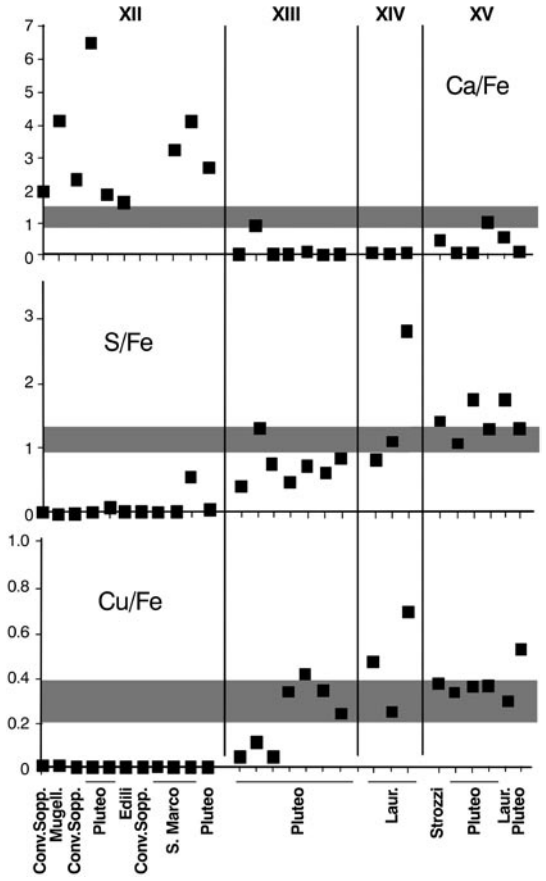


FIGURA 3. Comparación de las razones Ca/Fe, S/Fe y Cu/Fe del Breviario (franja gris) con valores reportados para manuscritos italianos.[10]

AGRADECIMIENTOS

Al maestro Manuel de Santiago, Director de la Biblioteca José María Lafragua de la BUAP por su notable interés y apoyo para la realización de esta investigación, así como por la discusión de este artículo.

A los técnicos del laboratorio del acelerador Peletrón del Instituto de Física de la UNAM, Karim López y Francisco Jaimes, por la operación del acelerador y por su valiosa colaboración durante la realización de las irradiaciones. Esta investigación fue apoyada por el proyecto DGAPA PAPIIT UNAM IN403302.

REFERENCIAS

[1] Kusko BH, Schwab RN. Historical Analyses by PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 22 (1987) 401-406.

[2] Mando PA. Advantages and Limitations of External Beams in Applications to Arts and Archaeology, Geology and Environmental Problems. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 85 (1994) 815-823.

[3] Johansson SAE, Campbell JL y Malmqvist KG (eds.). Particle-Induced X-Ray Emission Spectrometry (PIXE). *Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and its Applications*, vol. 133, John Wiley and Sons, New York (1995) 1-17.

[4] Kusko BH, Cahill TA, Eldred RA, Schwab RN. Proton Milliprobe Analyses of the Gutenberg Bible. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 3 (1984) 689-694.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

5 Giuntini L, Lucarelli F, Mando PA, Hooper W, Barker PH. Galileo's Writings: Chronology by PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 95 (1995) 389-392.

6 Del Carmine P, Giuntini L, Hooper W, Lucarelli F, Mando PA. Further Results from PIXE Analysis of Inks in Galileo's Notes of Motion. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 113 (1995) 389-392.

7 Neelmeijer C, Wagner W, Schramm HP. Depth Resolved Ion Beam Analysis of Objects of Art. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 118 (1996) 338-345.

8 Cambria R, Del Carmine P, Grange M, Lucarelli F, Mando PA. A Methodological Test of External Beam PIXE Analysis on Inks of Ancient Manuscripts. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 75 (1993) 488-492.

9 Del Carmine P, Lucarelli F, Mando PA, Pecchioli A. The External PIXE Setup for the Analysis of Manuscripts at the Florence University. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 75 (1993) 480-484.

10 Lucarelli F, Mando PA. Recent Applications to the Study of Ancient Inks with the Florence External-PIXE Facility. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 109/110 (1996) 644-652.

11 Ruvalcaba JL y Monroy M. "Estudio no destructivo de documentos y libros antiguos mediante haces de iones" en *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, vol. I, Academia Mexicana de Ciencia de Materiales A.C., Mendoza D, Brito L y Arenas J (coords.), Ed. Lagares, México (2004) 141-154.

12 Monroy Peláez BM. *Caracterización de un sistema de haz externo para el estudio de materiales mediante PIXE*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM (2002).

13 Ruvalcaba Sil JL. *Informe técnico del análisis de dos libros del Fondo Antiguo de la Biblioteca José María Lafragua, BUAP*, Puebla, IFUNAM (2005).

14 Zeng X, Wu X, Shao Q, Tang J, Yang F. Radiation Damage in PIXE Analysis of Museum Paper-Like Objects. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 47 (1990) 143-147.

15 Pedrola A. *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*, Ed. Ariel, Colección Patrimonio Histórico, Barcelona (1998).

16 Ruvalcaba JL y González Tirado C. "Análisis *in situ* de documentos históricos mediante un sistema portátil de XRF" en *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, Vol. II, Academia Mexicana de Ciencia de Materiales A.C., Mendoza D, Arenas J y Rodríguez V (coords.), Ed. Lagares, México (2005) 55-79.

17 Torner L, Ruvalcaba Sil JL y González Tirado C. *Estudio no destructivo de decoraciones en guardas y cantos decorados de libros de los siglos XVIII y XIX por PIXE y XRF*, XIV International Materials Research Congress, Cancún, México (2005).

18 Torner Morales L. *Identificación de pigmentos en cantos, guardas y planos decorados: doce libros novohispanos y mexicanos de los siglos XVIII y XIX*, Tesis de Licenciatura en Restauración de Bienes Culturales, Esc. Nac. de Restauración Conservación y Museografía, INAH, México (2005).

19 Remazeilles C, Quillet V, Calligaro T, Dran JC, Pichon L, Salomon J. PIXE Elemental Mapping on Original Manuscripts with an External Microbeam. Application to Manuscripts Damaged by Iron-Gall Ink Corrosion. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B, vol. 181 (2001) 681-687.

20 Budnar M, Vodopivec J, Mando PA, Lucarelli F, Casu G y Signorini O. Distribution of Chemical Elements of Iron-Gall Ink Writing Studied by PIXE Method, *Restaurator* 22 (2001) 228-241.

José Luis Ruvalcaba Sil, Instituto de Física, UNAM. sil@fisica.unam.mx

El ESPACIO

Tejidos lumínicos

Carlos José **Olaizola Rengifo**

El espacio puede ser definido en una primera instancia como la extensión que contiene toda la materia existente. También como la parte que ocupa cada objeto sensible, entendiendo un objeto sensible como aquel que puede ser conocido por medio de los sentidos. Es decir, que es perceptible, o manifiesto.

Para Kant el espacio es un objeto singular que puede subdividirse en espacios específicos, pero que siguen formando parte de un sólo espacio, el espacio general. Si un objeto es todo lo que puede ser materia de conocimiento o sensibilidad de parte del sujeto, incluyéndose a sí mismo, significa entonces que puede considerarse al espacio como un objeto en sí mismo, pero de una magnitud tal que sólo puede ser comprendido a partir de su acotamiento en parcelas que permitan al ser humano asignarle dimensión y escala dentro de su mente.

Sin embargo, la experiencia espacial implica también un recorrido entre dos situaciones que interactúan, por una parte el sujeto y por la otra el objeto al que éste se encamina, de manera tal que la acción resultante encadena el espacio al tiempo porque implica un desplazamiento o recorrido que puede ser físico, para unir un punto con otro, o virtual, como resultado de la interacción entre la percepción del sujeto y el objeto de conocimiento, creando un espacio sensible de interacción entre el objeto y el sujeto que vincula la realidad externa con la percepción interna de esta realidad.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Si el espacio es una entidad única que comprende el mundo sensible, entonces nuestra conciencia se mueve en ese espacio y lo construye a partir de la propia experiencia y de la relación entre los distintos objetos que lo ocupan. Por lo tanto, podemos decir que es esencia o vacío que sólo puede ser llenado en la medida que es abarcado y comprendido. Así, este objeto surgido de la percepción interior, permite entender el mundo sensible, como un reflejo o imagen mental necesariamente acotada para ubicar, comprender y construir la realidad que nos rodea por medio de procesos interiores, ya sean éstos emocionales, psíquicos o propios de la experiencia subjetiva.

El estudio de ese objeto único que se puede dividir sin afectar su unidad es entonces una infinitud limitada por la mente humana para poder asirla y convertirla en un objeto de estudio particular que, como dice Kant, no proviene de la experiencia exterior, sino de su intuición. El espacio entonces se convierte en una entidad siempre presente en nosotros y fuera de nosotros a la que nos acercamos intuitivamente y con la que construimos y comprendemos la realidad objetiva fuera de nosotros.

Esos espacios particulares o compartimientos en que la conciencia humana divide ese espacio infinito y único han sido estudiados de distinta manera por los distintos campos del conocimiento. La matemática ha definido su entidad a partir de la geometría y de vectores con los cuales comprender cualquier cosa a partir de su ubicación en un sistema de coordenadas; la física, lo ha estudiado en función del tiempo y del desplazamiento de los objetos en relación al espacio; la historia, como sucesión cronológica entre dos eventos trascendentes con el fin de ubicarlos en un tiempo; la arquitectura, como receptáculo para contener y desarrollar la actividad humana, y como vinculo entre el exterior y el interior; la pintura como soporte compositivo para la forma, y más recientemente como entidad que puede ser intervenida por diversos medios; la filosofía lo ha estudiado como intuición, es decir, como realidad absolutamente independiente de la experiencia; y la metafísica, como experiencia vivenciada en un espacio interior suprasensible más allá de la razón que permite acercarse a la comprensión intuitiva de las causas primeras.

LA CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO VIRTUAL

Con la aparición de la computadora y el Internet, la percepción del espacio y su relación con el tiempo ha ido cambiando de forma relativa, ya que la simultaneidad de la experiencia y la creación de espacios virtuales

que pueden ser asidos por la mente sin necesidad de un recorrido físico lo convierte en un espacio disociado de la realidad tangible pero que interactúa con ella y la transforma.

Al hablar del ciberespacio, hablamos de un espacio virtual que puede ser recorrido y es sujeto de la experiencia sensible, eso sí, es intangible en la medida que no puede ser asido físicamente, a pesar de que puede ser construido o intervenido desde lo fáctico por medio de la introducción de contenidos, programas, etc., que continuamente lo modifican y transforman.

Castells define en *La Galaxia Internet* un "espacio de flujos" y dice de él:

> [...] Las localidades se desprenden de su significado cultural, histórico y geográfico, y se reintegran en redes funcionales o en *collages* de imágenes, provocando un espacio de flujos que sustituye al espacio en lugares [...]

Según esto, un espacio de flujos está conformado en redes funcionales que se interconectan continuamente dejando a un lado aquellos lugares aislados o desconectados de una experiencia integradora. Por su parte, Bonder en *Las nuevas tecnologías de la información* dice que el ciberespacio es "un terreno intangible al que se accede por medios tangibles".

Así como el espacio virtual termina por afectar y modelar la conformación del espacio físico en la medida en que crea nuevas formas para el intercambio económico, cultural, social, informativo y recreativo, las nuevas tecnologías posibilitan a su vez la creación de obras en las cuales los programas informáticos hacen viable el desarrollo de nuevas tecnologías para el cálculo y el diseño de edificaciones cada vez más complejas y con una libertad formal extrema cercana al caos o a la distorsión, que sin embargo están basadas en rigurosos esquemas geométricos y matemáticos que facilitan la concreción de formas y espacios complejos.

Un buen ejemplo de esto es el Museo Guggenheim de Frank Gehry en Bilbao (1997), en el cual fue necesaria la utilización de programas de la industria aeronáutica para llevar a las dos dimensiones de los planos, las formas tridimensionales creadas en las maquetas de estudio; también la cubierta de cristal de la Terminal Internacional de Waterloo de Nicholas Grimshaw (1993), que fue diseñada en el ordenador para estandarizar la mayoría de los elementos que componen la fachada de la terminal; o el Museo Municipal de Shimosuwa de Toyo Ito (1993), en el cual la forma distorsionada del museo requirió del diseño y dibujo por ordenador de cada uno de los paneles de aluminio de la fachada para reducir costos de manera que pudieran competir con paneles existentes en el mercado.

En la medida que las nuevas tecnologías posibilitan el desarrollo de proyectos hasta hace unos años impensables se hace cada vez más necesario al mismo tiempo el uso de los mecanismos de representación que ofrecen los programas de computadora para generar ideas o imágenes que exceden en mucho las capacidades del dibujo o de la construcción tradicional. Además los programas facilitan el paso de la maqueta a los planos de formas complejas, al igual que su representación; el diseño de piezas particulares o únicas, su modelado y su construcción, y la reducción de costos, así como el flujo continuo de la información durante todas las fases del proyecto y la construcción.

Una de las características más atractivas de los nuevos medios o tecnologías es que permiten la interacción

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

y la integración de diversos códigos en una misma experiencia. Así, el sonido, la imagen, la escritura y el movimiento se fusionan para generar una experiencia multisensorial. El Centro de Arte y Tecnología ZKM en Karlsruhe, de Rem Koolhaas (1989), fue concebido como una gran pantalla de proyección para reflejar parte del mundo multimedia que sucede en su interior.

Actualmente se pueden combinar el diseño en computadora, la fotografía digital y el uso del video, con técnicas convencionales para crear obras concebidas en el ordenador, pero expuestas en espacios físicos con los cuales interactúan para provocar experiencias que afecten la percepción del mismo y en las cuales sea partícipe el espectador. Myron Kruger ha desarrollado su obra a partir de la interacción entre la computadora y el humano definiéndola como "realidad artificial". Jeffrey Shaw, por su parte, emplea gráficos de computadora proyectados, imágenes de video y sonido para crear un ambiente audiovisual con el que interactúa el espectador. En su obra *Web of life* (2002) usa un escáner para influir en el funcionamiento del ambiente virtual por medio de los patrones de la línea de la mano del espectador. Agnes Hegedüs también utiliza la interfaz entre el espectador y un objeto para recrear la relación entre un objeto real y su contraparte virtual.

Así, la creación de una obra en el ordenador con el uso de la tecnología digital puede luego ser recorrida o visualizada virtualmente con el uso del video; esto hace posible la simbiosis entre el espacio virtual y el físico produciendo la interrelación entre una construcción virtual del espacio y su materialización en el espacio físico, así como la interfaz entre el objeto, su representación virtual y el espectador.

TEJIDOS LUMÍNICOS

Este espacio virtual, en apariencia caótico y desordenado, se estructura a sí mismo continuamente en la medida en que las redes se interconectan generando un enorme tejido invisible compuesto por infinitud de redes superpuestas que trasmiten información, contenidos, lenguajes y formas que permean hacia el espacio físico.

La idea de generar estas estructuras o tramas superpuestas para recrear el espacio virtual y su funcionamiento parece una idea recurrente en la arquitectura actual. Así vemos que las posibilidades del vidrio o el plástico traslúcido han superado el concepto modernista de la transparencia, para crear lecturas fragmentarias, ambiguas o disociadas, por medio de la superposición de capas, tramas o velos, que asemejan un *collage* entre los distintos reflejos que surgen del exterior y del interior, produciendo de este modo una imagen siempre cambiante formada por numerosos fragmentos reflejados.

En la Torre de los Vientos, de Toyo Ito (1986), el uso del vidrio y los paneles de acrílico para recubrir la estructura de hormigón, así como el empleo de luces de neón y focos que interactuaban con el viento y el ruido generaban durante la noche una forma sugerente, traslúcida, inmaterial y cambiante denominada por el propio arquitecto como "ciudad de luces", que recuerda una cascada de luz, un entramado lumínico o una imagen holográfica a gran escala. Así mismo, la Fundación Cartier de Arte Contemporáneo, de Jean Nouvel (1994), utiliza tres capas de cristal superpuestas para crear una imagen surrealista o una "imagen ambigua" en la cual se mezclan el reflejo con la realidad y el interior con el exterior.

La obra de Bill Viola realizada a partir de video y video-instalaciones utiliza imágenes proyectadas sobre telas traslúcidas superpuestas desde puntos opuestos para sugerir mediante el uso de la figura humana, efectos de inmaterialidad, ingravidez y movimiento. En *The Veiling* (1995) la luz proyectada sobre planos hechos de tela crea superficies en el espacio en los cuales la figura humana emerge como una presencia, traslúcida, incorpórea, hecha sólo de luz. En *The Crossing* (1996) la utilización del video sirve para construir un espacio virtual que se desarrolla ante la mirada del espectador, en donde se produce la desmaterialización de una figura humana al contacto con las fuerzas naturales del agua fundiéndose ambas por un instante para desaparecer al final en el vacío.

Por su parte Melissa Gould, en Planta (1991), utiliza la luz para reconstruir a escala real la planta de una sinagoga destruida reforzando la idea del espacio metafórico y virtual que interactúa con el espacio físico. Según

la propia artista sugería "la dinámica de un espacio a la vez presente y ausente, real e irreal".

Junto con el uso del ordenador aparecen al mismo tiempo nuevas tecnologías en el campo industrial y comercial que pueden ser incorporadas al campo arquitectónico o plástico. De ahí se deriva el desarrollo de nuevos productos para la fabricación de textiles lumínicos, mediante la combinación de tejido de fibras ópticas lumínicas con tejidos tradicionales, la integración de LEDs[1] utilizando hilos conductores o la incorporación de materiales electroluminiscentes al tejido para generar estas tramas o tejidos a partir de un elemento tan inmaterial y virtual como puede ser la luz.

En mi propio proceso de investigación en torno a las nuevas tecnologías, los materiales actuales y su aplicación en las artes y en la arquitectura, he explorado las posibilidades expresivas de la cinta de fibra de vidrio, que permite la utilización de un elemento industrial y estandarizado para la creación de tejidos y tramas que pueden superponerse para producir planos virtuales y para definir o estructurar espacios de gran transparencia y luminosidad y que además no están limitados, pues pueden ser penetrados visualmente gracias a las características propias del material.

La idea de la construcción de un espacio virtual al cual se accede por medios tangibles y que conforma a su vez una red o tejido que se expande continuamente en la medida en que crea nuevos vínculos o conexiones que afectan y transforman la realidad, me ha llevado ha desarrollar una serie de modelos para recrear en el ordenador la construcción de este espacio virtual a partir de estructuras reticulares, de tejidos y redes que se interconectan para conformar a su vez nuevos espacios o lugares superpuestos para producir nuevas relaciones visuales y formales a las que he llamado tejidos lumínicos.

Estos tejidos que son elaborados mediante tramas regulares permiten la construcción de formas mucho más complejas a partir del patrón regular que las origina, constituyendo a su vez estructuras espaciales que al interactuar entre sí se modifican.

El diseño de retículas por medio de la computadora y el uso de impresiones directas en la tela o a través del proceso de sublimación de colorantes en mallas y tejidos semitransparentes o transparentes, así como la proyección de las retículas por medio de videos o cualquier otro medio expresivo sobre mallas o telas suspendidas de gran formato que participen del espacio físico buscan modificar la percepción del espacio físico real creando construcciones virtuales del espacio a partir de estructuras sustentadas en luz.

NOTA

[1] LED. Un diodo LED, acrónimo de *Light-Emitting Diode* (diodo emisor de luz), es un dispositivo semiconductor que emite luz policromática, es decir, con diferentes longitudes de onda cuando se polariza y es atravesado por la corriente eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

Bonder G. *Las nuevas tecnologías de información: reflexiones necesarias*, CEPAL, Chile (2002) 29.

Castells M. *La galaxia Internet*, Plaza & Janés, España (2001) 452.

Kant E. *Crítica de la razón pura*, Editorial Porrúa (1991).

Meneguzzo M. *Il Novecento. Arte contemporanea*, Editorial Mondadori Electa, Milán, Italia (2005).

Montaner J.M. *Modernidad, vanguardia y neovanguardias. El Croquis* 76 (1995) 4-17.

Riley T. *Light Construction*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España (1996).

Carlos José Olaizola Rengifo, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. colaizola@usb.ve

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

El pez eléctrico y el descubrimiento de LA ELECTRICIDAD ANIMAL

Chau H. **Wu**

El poder maravilloso del pez eléctrico se conocía desde siglos antes del descubrimiento de la electricidad. El choque producido por el pez fue tópico de especulación y curiosidad considerable, que devino posteriormente en investigaciones científicas del fenómeno eléctrico en todos los seres vivos. Pero mucho antes de que la electricidad fuese conocida científicamente, una gran cantidad de conocimientos prácticos fueron obtenidos por experiencias con peces eléctricos. Por cierto, estos conocimientos llegaron a ser tan sofisticados como para que se usaran los choques en electroterapia.

Scribonius Largus, en su carácter de médico oficial del emperador romano Claudio, en el siglo I, gozó de una posición única que le permitió tener acceso directo a los archivos médicos dispersos en todo el imperio romano. Dejando fuera los remedios supersticiosos prevalecientes en su época, e incorporando solamente aquellos remedios que consideró de eficacia probada, compiló un formulario de prescripciones que fue considerado como un hito en medicina desde la época de Hipócrates hasta la de Galeno. En los primeros registros del uso terapéutico de la electricidad, dos de las prescripciones en este libro recomiendan el uso de descargas eléctricas del torpedo, raya eléctrica de la familia *Torpedinidae* que puede producir choques eléctricos de aproximadamente cuarenta y cinco voltios.[1]

FIGURA 1. El pez eléctrico era bien conocido en el imperio romano clásico, tal como se percibe en este mosaico del primer siglo después de Cristo, encontrado entre las ruinas de Pompeya. El torpedo (*Torpedo torpedo*), una raya eléctrica, es mostrado entre otros peces hallados comúnmente en el Mediterráneo, los cuales son representados observando la lucha entre entre un pulpo y una langosta; el torpedo aparece en la parte superior, directamente sobre los tentáculos retorcidos del pulpo.[53]

Los torpedos comprenden una diversidad de géneros, de los cuales cinco especies pueden encontrarse en el Mediterráneo; la especie más común, ilustrada en la Figura 1, es el *Torpedo torpedo*.[2]

Uno de los remedios fue descrito así por Scribonius:

> El dolor de cabeza, incluso si es crónico e insoportable, puede ser eliminado y remediado para siempre colocando un torpedo negro vivo sobre el punto donde está el dolor, hasta que el dolor cese.

Hay una prescripción similar para la gota:

> Para cualquier tipo de gota, un torpedo negro vivo deberá, cuando el dolor comienza, colocarse bajo los pies. El paciente deberá pararse en una playa húmeda bañada por el mar y permanecer de este modo hasta que todo el pie y la pierna hasta la rodilla estén adormecidos. (Scribonius, *Compositiones Medicae*.[3])

Éstos y otros remedios similares fueron copiados y recopiados por autoridades médicas de Occidente durante muchos siglos.

El uso terapéutico del pez eléctrico también fue desarrollado de manera independiente en otras partes del mundo. Los primeros exploradores y colonos de América del Sur reportaron que los indios nativos trataban la gota con la poderosa anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*, anteriormente *Gymnotus electricus*), un pez de agua dulce, aborigen de los ríos Amazonas y Orinoco, que es capaz de producir choques eléctricos de hasta seiscientos voltios.[4] En China, un pez gato eléctrico (*Parasilurus asota*) era recomendado para el tratamiento de la ptosis (caída del párpado) y de la parálisis facial, como en esta prescripción de una farmacopea clásica:[5]

> Cortar la cola de un pez gato vivo y colocarla directamente sobre la zona paralizada todas la mañanas. El párpado caído se corrige inmediatamente.

A diferencia de las prescripciones occidentales, que hacían uso de la propiedad adormecedora de las descargas eléctricas para mitigar el dolor, este modo de tratamiento utilizaba las decargas para estimular directamente a los músculos esqueléticos.

Los registros más antiguos que tenemos de peces eléctricos son las representaciones del pez gato del Nilo (*Malopterurus electricus*) en los murales de antiguas tumbas egipcias; algunos murales, como el que se muestra en la Figura 2, datan del año 2750 a.C.[6] Este pez está dotado de un órgano eléctrico por debajo de la piel capaz de producir hasta trescientos cincuenta voltios de electricidad.[1]

Hasta donde podemos determinar, la más temprana referencia escrita al pez eléctrico se encuentra en un antiguo tratado griego de Hipócrates (*Régimen*)[7] en el cual el valor dietético del torpedo del Mediterráneo es comparado con otros alimentos animales y vegetales. En el texto hipocrático el pez es llamado por su arcaico nombre griego *narkē*, el cual se refiere tanto al pez como al efecto que produce (adormecimiento) y forma la raíz del término moderno *narcosis*. El poder adormecedor del torpedo era bien conocido por los antiguos griegos, como lo indica un pasaje del *Menón*, de Platón,[8] en el cual la bien conocida capacidad de Sócrates de "electrificar" a su audiencia es comparada con el

> [...] torpedo marino que causa adormecimiento a todos los que se le aproximan y le tocan. Pienso que has producido el mismo efecto sobre mí, porque verdaderamente siento adormecidos mi espíritu y mi cuerpo, y no sé qué responderte [...].

Muchos filósofos antiguos griegos y romanos hicieron una seria investigación acerca de la naturaleza del poder de choque de los peces y estaban al tanto de sus propiedades, como la notable habilidad del torpedo para transmitir su poder a través de un medio conductor. Teofrasto, discípulo y sucesor de Aristóteles, notó que el torpedo podía enviar sus choques a través de bastones y arpones, entumeciendo a quienes los sostenían en sus manos,[9] y el filósofo romano Plotino (*Enéadas*[10]) observó que los pescadores podían sentir el choque adormecedor por contacto con el pez eléctrico a través de la red. Que el agua es un buen medio para la transmisión de choques también era bien conocido. Plutarco (*Moralia*[11]) escribió que

> [...] aquellos que derraman agua sobre el pez muy pronto percibirán un adormecimiento sobre sus manos y el entorpecimiento de sus sensaciones, por medio del agua afectada por la cualidad del pez [...].

Podemos asegurar que los naturalistas antiguos estaban enterados de que las descargas eléctricas surgían de ciertas partes especializadas del torpedo, ahora conocidas como los órganos eléctricos. El poeta romano del siglo IV Claudiano (*Eydillium*[12]), por ejemplo, se refirió a la localización de los órganos eléctricos diciendo:

> [...] la naturaleza ha armado con ponzoña sus lados, / y les ha adicionado frío que en su médula se desliza, / ante el cual las sensaciones de todos los animales se adormecen / y a través de cada vena, el frío del invierno se desliza [...].

Los primeros escritos reconocieron el valor biológico de los choques de los peces. La habilidad del torpedo para usar su poder paralizante con el objeto de espantar a sus depredadores fue citada por Cicerón (*De Natura Deorum*[13]) como un ejemplo de cómo la naturaleza dotó a ciertos animales con armas de defensa. Y Aristóteles (*Historia Animalium*[14]) observó cómo

> [...] el torpedo narcotiza a las criaturas que desea atrapar, abrumándolas con la fuerza del choque residente en su cuerpo, y se alimenta de ellas; también se esconde en la arena y el fango, y atrapa a todas las criaturas que nadan en su cercanía y que caen bajo su influencia narcotizante [...].

Como prueba, Aristóteles cita el hecho de que el lento pez eléctrico "es a menudo hallado con salmonetes, los más rápidos de los peces, en su interior".

Figura 2. Los antiguos egipcios conocían los efectos de la electricidad por el bagre del Nilo (*Malopterurus electricus*), el cual es representado entre otras especies de peces comunes en este detalle de un bajorrelieve, *circa* 2750 a.C., de la tumba de Ti perteneciente a la Quinta Dinastía en Saqqarah. Un bagre del Nilo puede observarse directamente bajo la parte trasera de la barcaza.[6]

Plutarco[11] hace una observación similar, que es especialmente notable al ofrecer la primera especulación sobre la naturaleza del choque:

> [...] Nadando circularmente sobre su presa, dispara una emanación, parecida a múltiples dardos, que en principio infecta el agua, y luego al pez a través del agua el cual ya no será capaz de defenderse ni escapar, pareciendo como si estuviese encadenado y congelado [...].

Por supuesto, antes del desarrollo de una teoría de la electricidad, los naturalistas antiguos fueron fuertemente presionados para describir el choque doloroso o explicar su causa. Algunos escritores antiguos describieron la descarga como "veneno" a falta de un mejor término; al menos un escritor del Renacimiento sugirió que el choque del torpedo estaba literalmente relacionado con alguna especie de veneno.[15]

Galeno caracterizó el letargo producido por el choque como una dificultad de movimiento debida a enfriamiento y compresión del tejido nervioso, lo que él atribuyó a una cierta cualidad enfriadora inherente al pez.[16] De acuerdo con su teoría de las funciones corporales, entendidas como un equilibrio fisiológico de los cuatro humores, razonaba que los efectos producidos en el cuerpo eran parecidos a los ocasionados por la acción del frío extremo, y que la descarga podía ser transmitida a cierta distancia en modo parecido a la cualidad del frío. La teoría de Galeno dominó por más de mil años, y puede ser fácilmente identificada en literatura tan tardía como la del siglo XVI. Por ejemplo, Montaigne[17] escribió en uno de sus ensayos que para cazar a su presa, el pez se entierra en el lodo de modo que cuando otro pez nada sobre él lo ataca y lo aturde con su frialdad, y de esa forma se apodera de él.

Para el final del siglo XVI, los italianos, que habían estado a la vanguardia de los esfuerzos del Renacimiento tardío por traducir y dominar la escuela de fisiólogos de Alejandría, habían aprendido del pasado todo lo que pudieron y comenzaban a emprender su propio camino. Francesco Redi[18] y luego su discípulo Stefano Lorenzini[19] fueron los primeros en disecar el torpedo; ellos concluyeron –correctamente, según se ha comprobado después– que el órgano eléctrico especializado era esencialmente tejido muscular ordinario modificado. Lorenzini consideró que el choque era causado por la expulsión súbita y rápida, desde el órgano especializado, de un efluvio microscópico o de corpúsculos que son

> [...] lanzados como dardos por la contracción de aquellas fibras de las cuales estos dos cuerpos de músculos se componen [...].

La última y más influyente hipótesis planteada para explicar la naturaleza del choque, antes del advenimiento de la teoría eléctrica, fue la de Giovanni Borelli,[20] quien amplió la creencia de Lorenzini de que el órgano eléctrico era un tipo especial de músculo, argumentando que cuando el torpedo era tocado, el órgano eléctrico del animal se contraía a altas frecuencias, provocando sensaciones de entumecimiento muy parecidas a las provocadas por un golpe en el codo. Sorprendentemente, la teoría de Borelli permaneció sin cambios durante casi cien años. Esto fue así, por supuesto, debido a la ignorancia de la electricidad, pero también gracias a que la teoría era defendida por René

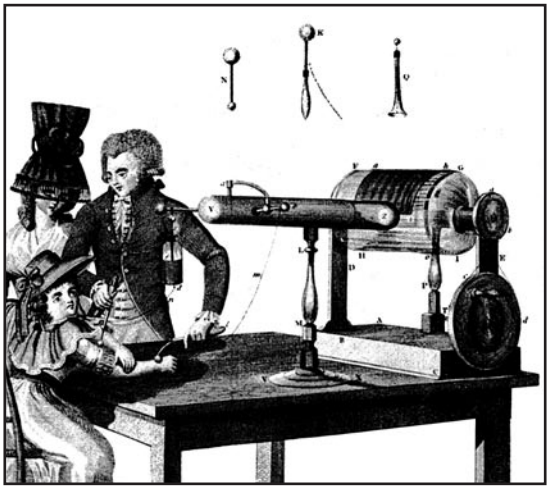


FIGURA 3. La pequeña botella de Leyden (próxima al brazo del hombre) está siendo usada aquí para almacenar la electricidad generada por la máquina electrostática de la derecha. La botella de Leyden es un simple capacitor elaborado con una botella de vidrio cubierta tanto en su interior como en su exterior con papel metálico; su invención a mediados del siglo XVIII hizo posible el empleo de cantidades significativas de electricidad para experimentos científicos y, tal como se muestra en la figura, para propósitos supuestamente terapéuticos.[52]

Antoine Ferchault de Réaumur,[21] quien escribió de forma similar que los efectos entumecedores eran ocasionados por una contracción de los músculos del torpedo, misma que provocaría una dura descarga que podía ser transmitida a través de cuerpos sólidos, pero que no lo haría –contrariamente al conocimiento adquirido por los antiguos– a través de líquidos. La quinta edición de la *Cyclopaedia* de Chambers[22] declaró terminantemente que Réaumur había "aclarado el punto" de la descarga del torpedo.

EL DESCUBRIMIENTO DE LA ELECTRICIDAD ANIMAL

La invención de la botella de Leyden en 1745 jugó el papel más decisivo en el establecimiento de la naturaleza eléctrica de la descarga del pez eléctrico. Usada junto con el generador electrostático, inventado cien años antes, la gran capacidad de almacenamiento de la botella de Leyden incrementó grandemente la cantidad de electricidad que podía ser empleada para experimentos (Figura 3). Aquellos que experimentaron choques tanto del pez eléctrico como de la botella de Leyden, quedaron grandemente impresionados por su gran similitud.

Coincidentemente, la invención ocurrió en el mismo año en que reportes de la existencia de la poderosa anguila eléctrica sudamericana cautivaron la atención de la naciente comunidad científica (Figura 4). Informes de los resultados de experimentos realizados con la anguila comenzaron a llegar a Europa, y la mayoría de ellos hacía notar la semejanza entre este choque y el producido por la botella de Leyden. Por ejemplo, Frans van der Lott[23] escribió desde la Guayana Holandesa dando una detallada descripción de sus experimentos con la anguila eléctrica; reportó que los efectos del pez semejan a los de la electricidad, con la cual ya había experimentado con anterioridad en los Países Bajos. También notó, al igual que otros, que el pez no puede producir chispas. Probó varias especies de conductores y encontró que cuando sostenía una varilla de hierro en un paño seco no se presentaba el choque, pero que éste ocurría en cuanto el paño se humedecía. Pieter Van Musschenbroek,[24] el inventor de la botella de Leyden, infirió de esos experimentos que los efectos de la anguila y de la botella eran similares, y sugirió que el torpedo europeo era también eléctrico.

FIGURA 4. El poder prodigioso de la anguila eléctrica *Electrophorus electricus* (en la parte inferior izquierda) es ilustrado en este grabado en el que se representa la historia espectacular difundida en Europa según la cual los indígenas sudamericanos capturaban anguilas utilizando caballos para dejarlas exhaustas. Los primeros informes relacionados con la existencia de la anguila eléctrica atrajeron enormemente el interés científico en el siglo XVIII y dieron pie eventualmente al descubrimiento de la electricidad animal. Este grabado está basado en un dibujo de Emil Du Bois-Reymond, uno de los pioneros de la electrofisiología moderna.[51]

De los artículos subsecuentes, el que tuvo mayor importancia en cambiar definitivamente la marea de opinión hacia la teoría eléctrica fue un ensayo escrito por un médico norteamericano residente en Guayana, Edward Bancroft,[25] quien desafió específicamente la validez de la teoría de Réaumur de un choque puramente mecánico. Para cuestionar el argumento de Réamur de que el choque no podía ser transmitido a través de líquidos, Bancroft realizó un experimento en el cual

> [...] una persona que ponía un dedo en el agua a una distancia de unos ocho a diez pies del pez, recibía una violenta descarga en el instante en que el pez era tocado por otra persona [...].

En otro experimento del mismo día:

> [...] la misma anguila, tocada con una varilla de hierro sostenida en la mano de una persona cuya otra mano toma a la de otro, etc., comunica un violento choque a diez o doce personas tomadas así de la mano, de manera exactamente parecida a la de una máquina eléctrica [...].

Más tarde, Bancroft se estableció en Inglaterra, donde se unió al círculo que incluía a Benjamin Franklin

y Joseph Priestley, y donde conoció a John Walsh, quien era miembro del Parlamento y socio de la Royal Society. A sugerencia de Bancroft, Walsh pasó varias semanas efectuando experimentos con el torpedo europeo, el cual era capturado comúnmente por los pescadores comerciales. Estos experimentos eran similares a los realizados por Bancroft con la anguila eléctrica. Walsh confirmó que los descubrimientos de Bancroft eran también verdaderos para el torpedo, y concluyó que todos los experimentos "determinan que la elección de conductores es la misma en el torpedo y en la botella de Leyden".[26]

De los experimentos sugeridos por Franklin, Walsh encontró que los dos lados del órgano eléctrico del torpedo estaban en estados eléctricos opuestos. Estos y otros experimentos le hicieron ganar a Walsh la codiciada medalla Copley de la Royal Society en 1774.

A solicitud de Walsh, el más detallado estudio anatómico del torpedo, desde Lorenzini, fue emprendido por el gran anatomista y cirujano del siglo XVIII, John Hunter.[27] Como se ilustra en la Figura 5, Hunter encontró que cada órgano consiste de entre 470 y 1200 columnas perpendiculares, dependiendo del tamaño del animal, y que una columna de una pulgada de longitud contiene alrededor de 150 particiones. Hunter prestó particular atención a los inusualmente grandes troncos nerviosos que inervan a los órganos eléctricos, y especuló –proféticamente, según se comprobó después– que estos nervios juegan un papel en la descarga eléctrica:

> [...] Si fuera probable que estos nervios no sean necesarios para propósitos de sensación o acción, no podríamos concluir que sean útiles para la formación, colección o manejo del fluido eléctrico; especialmente porque, como se aprecia en los experimentos del señor Walsh, es la voluntad del animal la que controla absolutamente los poderes eléctricos de su cuerpo, control que debe depender de la energía de los nervios. Cuán lejos puede ser esto llevado al poder de los nervios en general, y cuán lejos puede llevar a una explicación de sus operaciones, sólo el tiempo y los descubrimientos futuros podrán determinarlo [...].

A pesar del triunfo de Walsh, su teoría de que el choque del torpedo era de naturaleza eléctrica se encontró con un gran escepticismo. Por ejemplo, Jan Ingenhousz, luego de escuchar acerca de las investigaciones de Walsh, realizó varios experimentos con el torpedo, pero llegó a la conclusión contraria de que la única manera en que el pez podía imitar a la botella de Leyden era en la sensación que producía. El pez fallaba en atraer cuerpos luminosos o en electrificar una botella con recubrimiento, o incluso al experimentador, y cuando el pez daba un choque en la obscuridad, no se escuchaba ningún ruido y ninguna chispa era percibida.[28]

La última prueba, la producción de una chispa, resultó ser el *sine qua non* para la aceptación total de la naturaleza eléctrica de la descarga. Un contemporáneo, Thomas Ronayne, dijo acerca de la hipótesis de Walsh: "si eso pudiese ser probado, él no ve por qué no podríamos tener tormentas de truenos y relámpagos en las profundidades del océano".[29] John Hunter, quien había emprendido nuevamente las disecciones de la anguila eléctrica a petición de Walsh, publicó una anatomía detallada del pez, pero evitó la palabra "eléctrico", sin pensar que estaba suficientemente justificada por cualquiera de los experimentos que habían hecho uso de ella.[30]

LA ACEPTACIÓN DE LA ELECTRICIDAD ANIMAL

Eventualmente Walsh encontró una respuesta a sus críticos en una serie de eventos que comenzaron con un artículo de Hugh Williamson,[31] de Filadelfia, publicado en el mismo volumen de *Philosophical Transactions* que incluía los artículos de Ingenhousz y de Hunter. Williamson, quien sirvió en el Congreso Continental, en la Convención Federal y en el Congreso de los Estados Unidos, efectuó una serie de experimentos con una gran anguila que había traído a Filadelfia desde Guayana. Además de los experimentos similares a los realizados por Walsh con el torpedo, Williamson y su ayudante tuvieron éxito en hacer pasar un choque a través del espacio entre dos piezas de metal, aunque en realidad no vieron la chispa.

Inmediatamente Walsh se propuso repetir el experimento de Williamson con la esperanza de obtener una chispa luminosa que, en un artículo magistral de Henry Cavendish, se publicó que apoyaba la teoría eléctrica

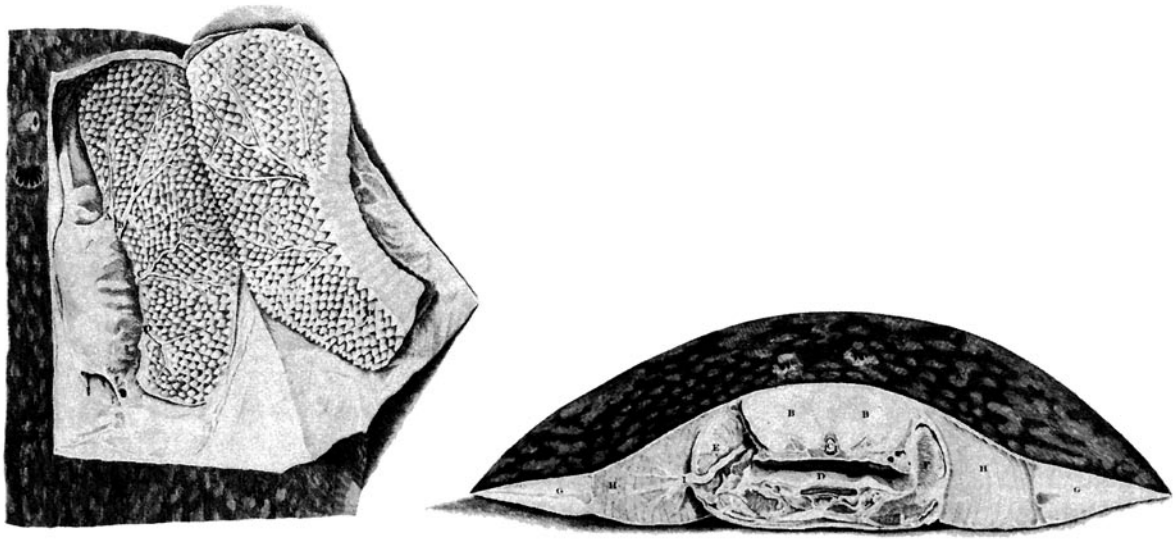


FIGURA 5. Los órganos eléctricos del torpedo, tal como se ilustran en la disección lateral (izquierda) y en la disección vertical (derecha) de John Hunter; consisten en cientos de columnas verticales dispuestas en un paquete compacto, cada una de las cuales está subdividida a su vez en bloques apilados (véase la Figura 7). El lado izquierdo de la sección vertical muestra una de las grandes ramas troncales del nervio a través de órgano eléctrico; esto llevó a Hunter a sugerir que la electricidad podía estar asociada cercanamente con la acción de los nervios en general.[27]

de Walsh, y en el que se aclaraba el problema de producir una chispa luminosa. James Clerk Maxwell escribió:

> [...] Sólo sé de dos ocasiones en las que Cavendish, luego de haber resuelto su opinión sobre cualquier tema, pensó que valía su tiempo corregir a otros que disentían de él [...].[29]

Una de estas ocasiones fue cuando Cavendish, un acaudalado y retraído erudito, invitó a un grupo de sus amigos a presenciar su investigación sobre el torpedo. Entre ellos estaban Walsh, Hunter, Priestley y el dubitativo Thomas Ronayne, los únicos visitantes, según muestran los papeles de Cavendish, jamás admitidos en su laboratorio.

Cavendish se enfocó en las tres principales dificultades que impedían la total aceptación de la teoría eléctrica de Walsh. Las dificultades surgían principalmente del hecho de que la comprensión de la electricidad en esa época era confusa, especialmente en lo que respecta a la distinción entre el grado de electrificación (es decir, la diferencia de potencial) y la cantidad de electricidad.

La primera dificultad con la teoría de Walsh era que los choques del pez podían ser sentidos en un medio acuoso altamente conductor. Si el torpedo es eléctrico, como la botella de Leyden, el agua de mar debería producir un cortocircuito. Cavendish demostró que una descarga eléctrica podía ser sentida bajo el agua construyendo un modelo físico del torpedo y conectándolo a una botella de Leyden. Él sumergió el aparato y sintió choques al colocar una mano en el agua cuando el circuito era cerrado. En un experimento que recuerda al tratamiento para la gota recomendado por Scribonius Largus 1700 años atrás, enterró el modelo en arena mojada y caminó sobre ella con sus pies descalzos notando con satisfacción que, en lo que tocaba a transmisión a través del agua, el efecto de este torpedo artificial concordaba con el del original.

Cavendish razonó que los choques eran esencialmente el resultado del paso de electricidad a través de circuitos paralelos en los que

> [...] una mayor cantidad debería pasar mejor a través de aquellos en los que se encuentra con una menor resistencia, que a través de los que tienen una mayor [...].[32]

Para mostrar que la electricidad no pasa solamente a lo largo del circuito más corto, ilustró el flujo del fluido eléctrico con un diagrama que se anticipó por más de medio siglo a las líneas de fuerza eléctrica y magnética de Michael Faraday.

La segunda dificultad concernía a la ausencia de chispas durante la descarga. Cavendish confirmó lo que

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Walsh había observado antes –que una gran batería de botellas de Leyden cargada débilmente no podía descargar a través de un espacio de aire, aunque era capaz de dar choques severos. Basado en las mediciones anatómicas de Hunter del área de las membranas en el órgano eléctrico del torpedo, Cavendish estimó que un órgano eléctrico sería equivalente a una batería conteniendo tanta electricidad como cuarenta y nueve botellas de Leyden cargadas al mismo nivel. Así que no obstante que el torpedo puede tener una gran cantidad de electricidad, su grado de electrificación puede no ser suficiente como para hacer que una descarga pase a través de un mínimo espacio de aire entre dos hilos de metal.

Cavendish explicó la tercera dificultad, la ausencia de atracción o repulsión asociada comúnmente con la electricidad estática, por el carácter transitorio de las descargas. En cuanto el pez perturba el equilibrio, la electricidad se disipa. Ningún electrómetro disponible en ese entonces era lo suficientemente sensible como para detectar tan breve descarga.

Despues de un minucioso y penetrante análisis que hizo mucho para establecer el carácter eléctrico de la descarga del pez, todo lo que quedaba por hacer era producir una chispa del pez eléctrico, ni más ni menos. Como Cavendish señaló, el torpedo, a pesar de poseer una gran cantidad de electricidad para producir descargas, no tiene un grado suficientemente alto de electrificación para producir chispas. Por lo tanto, Walsh dirigió su búsqueda de una chispa visible a la anguila eléctrica, cuyo grado mayor de electrificación permitiría producir una chispa.

Finalmente, una noche de 1776, ante un grupo de amigos filósofos reunidos en su casa, Walsh tuvo éxito en demostrar la chispa luminosa. La noticia del descubrimiento se esparció rápidamente. Walsh lo comunica en una carta a un amigo de la Real Academia de Ciencias de Francia, Jean-Baptiste Le Roy,[33] quien también recibió reportes confirmatorios de otras fuentes diversas, y se ha dicho que Walsh repitió el experimento de diez a doce veces ante miembros de la Royal Society de Londres. Sin embargo, Walsh nunca publicó los resultados de sus experimentos y, en cambio, estamos en deuda con Tiberius Cavallo, testigo que dejó este relato:

> [...] El choque más fuerte del gymnotus pasará una muy corta interrupción en el circuito. [...] Cuando la interrupción es producida por la incisión por un cuchillo sobre una hoja de papel de estaño pegada sobre vidrio y ese papelito es colocado en el circuito, la descarga que pasa a través de la interrupción producirá una pequeña, pero vívida chispa, claramente distinguible en un cuarto oscuro [...].[34]

Cavallo también describe otro descubrimiento de Walsh

> [...] mostró en su casa a varias personas ingeniosas; fue una clase nueva de sentido en el animal por el cual él sabía cuando los cuerpos que se acercaban a él eran susceptibles de recibir la descarga (es decir, conductores), y cuando eran de naturaleza contraria [...].

La simple, pero elegante demostración de Walsh fue realizada de la siguiente manera: dos alambres fueron colocados en el agua de una vasija en la cual se encontraba nadando una anguila eléctrica. Estos

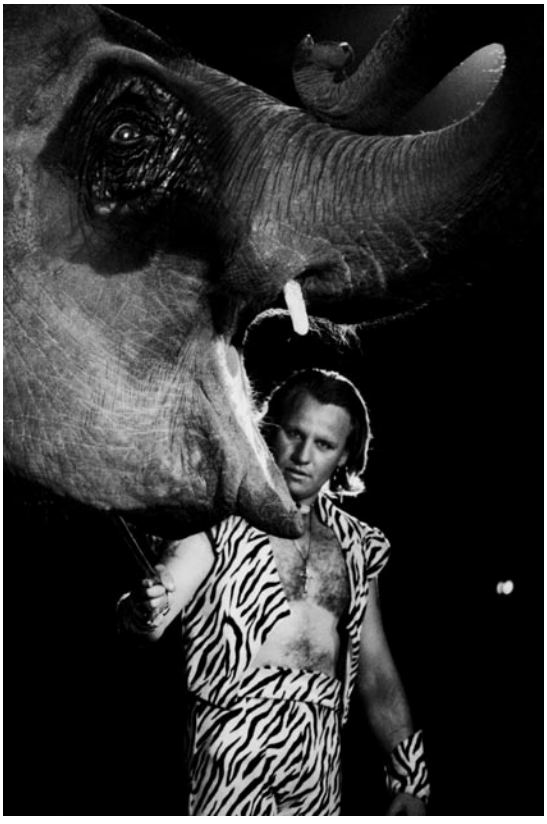
alambres eran de la misma longitud y se extendían hasta terminar en un vaso lleno de agua. Mientras el aparato permanecía en este estado, con los dos vasos separados, el circuito estaba abierto y el animal nunca se aproximaba a los extremos de los alambres en la vasija. Pero en el momento en que el circuito era cerrado por otro alambre, una persona, o cualquier otro conductor que conectara los dos vasos, el animal se movía instantáneamente hacia los alambres, se acomodaba y proporcionaba un choque, aun cuando el cierre del circuito hubiese ocurrido fuera de su vista. La astuta habilidad del pez de sentir si un objeto en su medio es conductor no fue reinvestigada sino hasta la década de 1950.[35]

La observación de Walsh de chispas provenientes de la descarga de la anguila eléctrica fue repetida y confirmada subsecuentemente por varios investigadores, estableciéndose firmemente el cáracter eléctrico de las descargas. Puede decirse que la noche en que Walsh demostró por primera vez la chispa a sus amigos marca el nacimiento de la electrofisiología. Antes de esto, se pensaba que el agente de la actividad nerviosa y muscular era un misterioso espíritu animal, pero Walsh probó que al menos algunos animales producen su propia electricidad. Esto fue generalizado quince años más tarde en el principio fisiológico de que todos los animales producen su propia electricidad y de que la electricidad es el agente de la actividad nerviosa y muscular.

La literatura fue muy pronto avasallada por una avalancha de afirmaciones acerca del descubrimiento de nuevos peces eléctricos, una tendencia que culminó con un profesor de anatomía en Nápoles que afirmaba haber recibido una severa descarga de un ratón ordinario durante la disección.[36] Otra indicación del reconocimiento general del descubrimiento de Walsh fue la popularidad de la electricidad animal entre personas que sufrían de gota o artritis, las cuales acudían en manada para probar el poder curativo de la electricidad "natural" del pez eléctrico. Un anuncio publicado en Londres en 1777 proclamaba que por el precio de dos chelines y seis peniques uno podía disfrutar del beneficio curativo de una "anguila torporífica".[37]

Sin embargo, las fuentes animales para la electroterapia fueron poco fiables en términos de suministros y disposición de los animales. Las anguilas eléctricas y los peces gato del Nilo no estaban disponibles en Europa, y las descargas del torpedo eran a menudo impredecibles y esporádicas, incluso bajo demanda repetitiva, y rápidamente cansaban al animal. Pero la electricidad podía ser generada por medios artificiales, y equipados con generadores electrostáticos y grandes botellas de Leyden, los practicantes pusieron manos a la obra de manera entusiasta (ver Figura 3). Se reportaron muchas afirmaciones sobre el tratamiento exitoso de varias enfermedades.

Entre los ardientes defensores de la "electricidad médica" estaba Benjamin Franklin[38] quien, a menudo, trató a paralíticos y a pacientes que padecían crisis convulsivas; de ahí que el término "franklinización" fue acuñado durante este periodo para denotar el uso terapéutico de la electricidad estática. Incluso John Wesley, el fundador del Metodismo, estaba tan convencido del valor terapéutico de la electricidad que hizo traer cuatro generadores estáticos a Londres para tratar enfermedades, y publicó un libro en el que exaltaba las virtudes de la electroterapia como "la medicina más noble jamás conocida en el mundo".[39]



© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

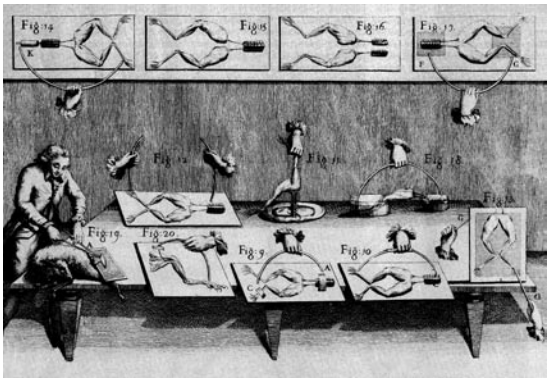


FIGURA 6. Estas figuras ilustran algunos de los muchos experimentos realizados por Luigi Galvani en los cuales demostró que podía inducirse la contracción de las piernas de una rana si los nervios de la extremidad eran conectados a la médula espinal por dos metales en serie, como los del arco metálico de la "Fig:10".[42]

Fue en este medio fomentado por los descubrimientos de Walsh, en el que los generadores estáticos y las botellas de Leyden tuvieron gran demanda entre fisiólogos y médicos, donde el interés curioso acerca de la electricidad animal se transformó en un esfuerzo científico conocido actualmente como electrofisiología. Con la aceptación del hecho de que la electricidad animal no era diferente de la electricidad común, y con la demostración de que podía ser producida voluntariamente por el animal, se necesitó sólo un pequeño paso para sugerir, como lo hizo Priestley, que la electricidad animal no estaba confinada a unos pocos peces altamente especializados sino que era inherente a todos los animales y que era usada por ellos para el propósito de la locomoción.[40] El mismo punto de vista fue expresado por Fellice Fontana,[41] profesor de filosofía natural en Pisa y Roma, quien, para explicar el movimiento muscular escribió:

> […] aparentemente seremos llevados a recurrir a algún otro principio; ese principio, de no ser la electricidad común, puede ser sin embargo algo análogo a ella. El gymnotus eléctrico y el torpedo, si bien no hacen la teoría muy probable, al menos la hacen posible, y puede creerse que este principio sigue las leyes más comunes de la electricidad. Puede así mismo estar más modificado en los nervios que en el torpedo o el gymnotus. Los nervios deberían ser órganos destinados a conducir el fluido y quizá también a excitarlo, pero en este campo todo queda por ser hecho [...].

En medio de tan creciente interés y gran especulación, Luigi Galvani, profesor de anatomía en la Universidad de Bologna, hizo el anuncio trascendental de sus observaciones acerca de que las piernas de rana se contraían bajo estimulación eléctrica.[42] Galvani también describió, entre los resultados de muchos experimentos con piernas de rana, la todavía más sorprendente observación de que las piernas se contraían cuando un arco formado por dos metales en serie tocaba simultáneamente los nervios de las piernas y la médula espinal (Figura 6).

Galvani interpretó sus inesperadas observaciones como una evidencia de electricidad animal inherente, la cual, suponía, era sintetizada en el cerebro y almacenada en el músculo vía los nervios. Utilizando la descarga de la botella de Leyden como analogía, pensó que al tocar la preparación neuromuscular con el arco de metal causaba que el músculo descargara la electricidad almacenada, y de ese modo se contraía el músculo. Para apoyar su hipótesis, Galvani citó la electricidad del torpedo como ejemplo, forzando la semejanza entre la débil electricidad animal de las piernas de rana disecadas y las fuertes descargas "de la raya eléctrica y otros animales de su clase". El informe de su trabajo fue extensamente publicado causando gran excitación en el mundo científico y sus experimentos fueron repetidos y confirmados en cualquier lugar en que hubiese ranas disponibles.

Galvani envió una copia de su artículo a Alessandro Volta, profesor de física en la Universidad de Pavía, quien inicialmente lo llenó de elogios. Pronto, sin embargo, comenzó a cuestionar la validez de las conclusiones de Galvani. Usando un sensible electroscopio que había inventado antes, Volta repitió cuidadosamente los experimentos de Galvani, poniendo atención particular en la observación de Galvani de que el vigor de las contracciones dependía de la clase de metal usado. Entonces, en una conferencia pública que luego publicó, Volta[43] argumentó que las contracciones musculares no eran resultado de una corriente que surgía del interior del organismo, sino que eran debidas a corrientes eléctricas gene-

radas en el contacto de distintos metales en el arco de metal que tocaba a la preparación.

El escenario estaba ahora preparado para uno de los grandes debates en la historia de la ciencia. La rivalidad entre los galvanistas que creían en la electricidad animal intrínseca, y Volta y sus seguidores que defendían la teoría del contacto metálico, se extendería a toda Europa. La controversia Galvani-Volta ha sido sujeto de extensa discusión en la literatura (por ejemplo, Dibner, 1952;[44] Mauro, 1969[45]); nuestra atención se enfocará en el papel del pez eléctrico en la polémica.

En el único experimento lógico que pudo oponer al argumento de Volta, Galvani efectuó un experimento sin el arco metálico.[46] Efectivamente, encontró que cuando los músculos de una pierna tocaban los nervios expuestos de la médula espinal dañada, los músculos se contraían vigorosamente. Este exitoso experimento es la primera observación de la existencia de una corriente de lesión en los músculos, la cual es el producto del flujo de corriente resultante de la diferencia de potencial entre el tejido dañado y el intacto; extensos estudios de este fenómeno en el siglo XIX condujeron eventualmente al descubrimiento del potencial de acción, el cambio transitorio en el potencial eléctrico a través de la superficie de membrana de las células nerviosas y musculares cuando son estimuladas.

Sin embargo, a pesar del experimento de Galvani, Volta prevaleció claramente, y por razones ajenas al debate. Para 1794 Galvani, acosado por problemas personales y de salud, se había retirado virtualmente del campo de batalla. Sus infortunios fueron agravados por la invasión de Italia por Napoleón en 1796; debido a su negativa a jurar lealtad al régimen títere de Napoleón, la República Cisalpina, fue despedido de su cátedra en la Universidad de Bologna y forzado a renunciar a su residencia.[47]

La posición de Volta fue pronto desafiada por el barón Alexander von Humboldt. Sin una predisposición hacia alguno de los protagonistas, Humboldt[48] realizó experimentos que demostraron contracciones en una preparación neuromuscular sin usar el arco metálico, y por tanto, confirmó independientemente los resultados previos de Galvani.

Sin embargo, el más grande desafío a la negativa de Volta a aceptar el concepto de electricidad animal intrínseca vino del ejemplo del pez eléctrico. No hay duda de que Volta era completamente consciente de la naturaleza eléctrica de este pez, y de que estaba al tanto de los trabajos publicados sobre este tema por Walsh, Hunter y Cavendish. Su conocimiento del órgano eléctrico del torpedo era profundo porque había hecho estudios anatómicos detallados de la estructura. El pez eléctrico debió ser un gran peso en la mente de Volta, a pesar del hecho de que durante los ocho años que siguieron a 1792, en los que publicó un total de 32 artículos, mantuvo un silencio estricto sobre el tema.

Volta rompió su silencio dramáticamente en una comunicación a la Royal Society, en la cual reveló un nuevo aparato que había inventado; lo llamó "órgano eléctrico artificial" porque imitaba "el órgano eléctrico natural del torpedo o anguila eléctrica".[49] Como se muestra en la Figura 7, fue construido intercalando capas de dos metales y cartones bien empapados en agua salada, y era capaz de producir corriente eléctrica de modo continuo. Así nació la primera batería eléctrica.

La esencia del comunicado culminante de Volta es su modelo para la descarga tomado del pez eléctrico.

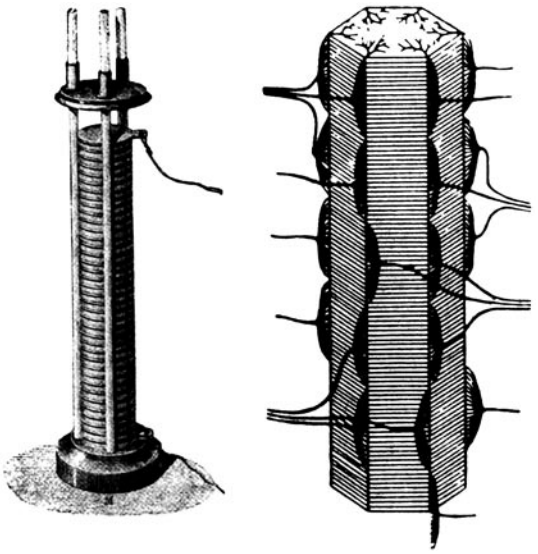


FIGURA 7. La "pila" de Alessandro Volta (izquierda),[44] la primera batería eléctrica, consistía en delgadas placas metálicas de dos metales apiladas entre capas de cartón empapadas en agua salada, con lo cual se producía una corriente eléctrica continua. Para construir su aparato, Volta describió su analogía con el órgano eléctrico natural, el cual según él era "fundamentalmente igual" a la pila eléctrica. El dibujo esquemático de la derecha[54] muestra las múltiples divisiones y los nervios conectados a ellas que componen cada una de las columnas verticales del organo eléctrico natural del torpedo tal como Hunter las describió (ver Figura 5); la similitud entre el órgano eléctrico artificial y el natural es asombrosa.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

Él argumentó que su "aparato columnar" era "fundamentalmente igual" al órgano eléctrico natural, y que el órgano, como su aparato, estaba compuesto enteramente por sustancias conductoras. Explicó que lo que el torpedo hace cuando desea transmitir una descarga a los brazos de un hombre o a un animal que lo esté tocando, es alinear de manera apropiada algunas partes de sus órganos eléctricos, para obtener el contacto requerido, y para provocar que algo de humedad fluya entre los diafragmas, los cuales normalmente están separados.

El efecto en la comunidad científica de las noticias de la "pila" de Volta, como se le llamó, fue sensacional. A su llegada triunfal a París en 1801, Volta fue invitado a demostrar su celda eléctrica en la Academia Francesa de Ciencia. Realizó los experimentos en tres sesiones, a las cuales asistió Napoleón, quien –en contraste con el trato que recibió Galvani– le otorgó a Volta numerosos honores, incluyendo un premio de una medalla de oro y una atractiva pensión, además le confirió el título de conde y lo designó senador del Reino de Italia.

Los reconocimientos fueron bien merecidos. Efectivamente, el órgano eléctrico artificial tuvo mucho que ver con el rápido desarrollo de la ciencia en el siglo XIX. Con su suministro constante de energía eléctrica, la pila voltaica hizo posibles muchos de los descubrimientos decimonónicos, incluyendo las leyes fundamentales de electroquímica por Michael Faraday, los nueve elementos químicos en cinco años por Humphry Davy, los fenómenos del electromagnetismo por Hans Christian Oersted, y, con la electrólisis del agua, factible por potentes baterías, la teoría atómica moderna por John Dalton. Las aplicaciones técnicas que la batería eléctrica han propiciado son de una magnitud inconmensurable.

Ahora sabemos que tanto Galvani como Volta tenían razón: las células vivas producen electricidad, y fuerzas eléctricas surgen con el contacto de metales distintos en un electrolito. Sin embargo, Galvani se equivocó al suponer que la electricidad animal inherente es sintetizada en el cerebro y es enviada a través del nervio al músculo, el cual la almancena como una botella de Leyden, por ello pensó que cuando tocaba el nervio y el músculo con su arco bimetálico, simplemente descargaba la electricidad almacenada. Él se percató que sólo el arco bimetálico funcionaba, pero falló en determinar el por qué –un único metal habría trabajado si su teoría de la descarga hubiese sido correcta. Ahora comprendemos que, de hecho, él estimuló la preparación neuromuscular con el voltaje generado por las dos medias celdas de las uniones metal-electrolito disímiles.

Volta se dio cuenta de la necesidad de usar metales disímiles y así desarrolló su teoría del contacto. Él atribuyó la causa de las contracciones del músculo enteramente a la electricidad generada por el contacto de los distintos metales; falló en reconocer que los metales proveen sólo un estímulo eléctrico que excita al nervio. Los nervios y músculos de hecho generan su propia electricidad por la autopropagación de la excitación –el potencial de acción– que lleva a la contracción muscular.

Nuestro conocimiento actual del funcionamiento del nervio y el músculo tiene su origen científico en la demostración de Galvani de que las contracciones del músculo pueden ser inducidas sin el uso del arco metálico. Sin embargo, en parte debido a la suerte política de Galvani y de su rival, pasaron cerca de cincuenta años antes de que la fuente de la electricidad fuera reinvestigada. Fue Carlos Matteucci[50] quien demostró la existencia del potencial de lesión entre regiones dañadas y no lesionadas, y de la corriente durante la excitación, la corriente de acción. Emil Du Bois-Reymond[51] confirmó su existencia y además comprobó que los nervios y los músculos son verdaderamente electrogénicos. El tema del mecanismo básico de la descarga del pez eléctrico fue finalmente resuelto cuando él demostró de manera concluyente que la descarga es fundamentalmente similar a la excitación del nervio y el músculo.

BIBLIOGRAFÍA

1 Grundfest, H. 1957. The mechanisms of discharge of the electric organs in relation to general and comparative electrophysiology. *Progr. Biophys. Biophys. Chem.* 7:1-85.

2 Bini, G. 1967. *Atlante dei Pesci delle Coste italiane*, vol. 1, pp. 127-34. Rome: Mondo Sommerso Editrice.

3 Scribonius Largus. *Compositiones Medicae*, XI, CLXII. Trans. in P. Kellaway 1946, The part played by electric fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *Bull. Hist. Med*. 20:112-37.

4 Keynes, R.D. 1956. The generation of electricity by fishes. *Endeavour* 15:215-22.

5 Li, Shih-Chen. 1596. *Pen Tso Kang Mu* (*The Great Herbal*). Taipei: Wun You Books Company, 1959, pp. 1379-80 (in Chinese).

6 Gaillard, M.C. 1923. *Faune Égyptienne Antique. Recherches sur les poissons représentés dans quelques tombeaux égyptiens de l'Ancien Empire*. Vol. 51 of *Memoires de l'Institut Français d'Archéologie Orientale*, pp. 75-78. Cairo: Imprimerie de l'Institut Français d'Archéologie Orientale.

7 Hipócrates. *On Regimen*, II, XLVIII. Trans. and ed. W.H.S. Jones, *Hippocrates*, vol. 4, p. 321. London: William Heinemann, 1931.

8 Platón. Meno, 80ª. Trans. B. Jowett, *The Dialogues of Plato Translated into English with Analysis and Introduction*, 2nd ed., vol. 1, pp. 280-81. Oxford: Clarendon Press, 1875.

9 Teofrasto. Fragment 178. *Theophrasti Eresii Opera Quae Supersunt Omnia*, ed. F. Wimmer, vol. 3, pp. 222-23. Leipzig: Sumptibus et Typis B.G. Teubneri, 1862.

10 Plotino. *Enneades* IV, 5:1. Trans. K.S. Guthrie, *Plotinos Complete Works*, vol. 2, pp. 515-16. London: George Bell and Sons, 1918.

11 Plutarco. *Moralia*, 978B. Trans. and ed. H. Cherniss and W.C. Helmbold, *Plutarch's Moralia*, vol. 12, pp. 433-35. Harvard Univ. Press, 1957.

12 Claudiano. *Eidyllium* III. Trans. A. Hawkins, *The Works of Claudian, Translated into English Verse*, vol. 2, pp. 296-97. London: J. Porter, 1817.

13 Cicerón. *De Natura Deorum*, II, 50. In *M. Tulli Ciceronis De Natura Deorum*, ed. A.S. Pease, vol. 2, pp. 872-78. Harvard Univ. Press, 1958.

14 Aristóteles. *Historia Animalium*, IX, 620b. Trans. D.W. Thompson, in *The Works of Aristotle Translated into English*, ed. J.A. Smith and W.D. Ross, vol. 4. Oxford: Clarendon Press, 1910.

15 Mercurialis, H. 1571. *Praelectiones Patavinae. De Cognoscendis et Curandis humani corporis affectibus*. Venice: Junta, 1603, p. 99.

16 Kühn, C.G., ed. 1822-26. *Claudii Galeni Opera Omnia*, vol. 2, pp. 108-09; vol. 4, pp. 497-98; vol. 8, p. 72. Leipzig: C. Cnoblochii.

17 Montaigne, M. de. 1580. Trans. G.B. Ives, *The Essays of Montaigne*, vol. 2, pp. 223-24. Harvard Univ. Press, 1925.

18 Redi, F. 1671. *Esperienze intorno a diverse cose naturali e particolarmente a quelle che ci sono portate dalle Indie*, pp. 47-51. Florence: 1671. Reprinted in *Le Più Belle Pagine di Francesco Redi*, ed. P. Giacosa, pp. 105-09. Milan: Fratelli Treves, Editori, 1925.

19 Lorenzini, S. 1678. *Osservazioni intorno alle Torpedini*. Florence: l'Onofri. Trans. J. Davis, *The curious and accurate observations of Mr. Stephen Lorenzini of Florence*, pp. 66-72. London: Jeffery Wale, 1705.

20 Borelli, G.A. 1680. *De Motu Animalium*. Leiden: P. Vander Aa, 1710, pp. 276-77.

21 Réaumur, R.A.F. de. 1714. Des effets que produit le poisson appelle en françois torpille, ou tremble, sur ceux qui le touchent; et de la cause dont ils dependent. *Memoires de l'Academie Royale des Sciences* 1714:447-68.

22 Chambers, E. 1743. *Cyclopaedia: or, an universal dictionary of arts and sciences*. London: J. and J. Knapton *et al*.

23 Lott, F. van der. 1762. Kort bericht van den Conger-aal, ofte drilvisch. *Verhandelingen Uitgegeeven door de Hollandse Maatschappy der Wetenschappen, te Haarlem* 6:87-95.

24 Musschenbroek, P. van. 1762. *Cours de physique expérimentale et mathématique*. Trans. S. de la Fond, vol. 1, pp. 392-93. Paris: Desventes de la Doué, 1770.

25 Bancroft, E. 1769. *An Essay on the Natural History of Guiana, in South America*, pp. 190-201. London: T. Becket and P.A. de Hondt.

26 Walsh, J. 1773. Of the electric property of the torpedo. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 63: 461-80.

27 Hunter, J. 1773. Anatomical observations on the torpedo. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 63:481-89.

28 Ingenhousz, J. 1775. Extract of a letter from Dr. John Ingenhousz, F.R.S. to Sir John Pringle, Bart. P.R.S., containing some experiments on the torpedo. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 65:1-4.

29 Maxwell, J.C., ed. 1879. *The Electrical Researches of the Honourable Henry Cavendish*, F.R.S., p. XXXVII. Cambridge Univ. Press.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

© **María Luz Bravo,** de la serie *Entretelón*, 2004/2005.

30 Hunter, J. 1775. An account of the *Gymnotus electricus*. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 65:395-407.

31 Williamson, H. 1775. Experiments and observations on the *Gymnotus electricus*, or electric eel. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 65:94-101.

32 Cavendish, H. 1776. An account of some attempts to imitate the effects of the torpedo by electricity. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 66: 196-225.

33 Le Roy, J.B. 1776. Lettre sur l'etincelle électrique que donne l'anguille de Surinam. *Journal de Physique* 8:331-35.

34 Cavallo, T. 1786. *A Complete Treatise on Electricity, in Theory and Practice*, 3rd ed., vol. 2, pp. 309-11. London: C. Dilly.

35 Lissmann, H.W. 1963. Electric location by fishes. *Sci. Am.* 208:50-59.

36 Cavallo, T. 1795. *A Complete Treatise on Electricity, in Theory and Practice,* 4th ed., vol. 3, pp. 7-8. London: C. Dilly.

37 Strong, A. [pseud.]. 1777. *The electric eel, or* Gymnotus electricus *by A. S. Naturalist*. London: J. Bew.

38 Franklin, B. 1759. An account of the effects of electricity in paralytic cases. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 50:481-83.

39 Wesley, J. 1760. *The Desideratum: or, electricity made plain and useful*, pp. 70-72. London: W. Flexney, E. Cae, *et al*.

40 Priestley, J. 1775. *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, 2nd ed., vol. 1, pp. 274-79. London: J. Johnson.

41 Fontana, F. 1781. *Traité sur le vénin de la vipere, sur les poisons americains, sur le laurier-cerise, et sur quelques autres poisons végétaux*, vol. 2, pp. 244-45. Florence.

42 Galvani, L. 1791. *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari*. Bologna: Typographia Instituti Scientiarum. Trans. R.M. Green, *Commentary on the Effect of Electricity on Muscular Motion*, pp. 66-67. Cambridge, Mass.: Elizabeth Licht, 1953.

43 Volta, A. 1792. Memoria Prima sull'Elettricità Animale. In *Collezione dell'Opere*, tomo 2. Florence: G. Piatti, 1816.

44 Dibner, B. 1952. *Galvani-Volta*. Norwalk, Conn.: Burndy Library.

45 Mauro, A. 1969. The role of the voltaic pile in the Galvani-Volta controversy concerning animal vs. metallic electricity. *J. Hist. Med.* 24:140-50.

46 Galvani, L. 1794. *Dell'Uso e dell'Attivita dell'Arco Conduttore nelle Contrazione dei Muscoli, Supplemento al Trattato*. Bologna: A.S. Tommaso d'Aquino. Trans. in Dibner 1952, pp. 50-51.

47 Dibner, B. 1971. *Luigi Galvani*. Norwalk, Conn.: Burndy Library.

48 Humboldt, F.H.A. von. 1797. *Versuche über die gereizte Muskel-und Nervenfaser nebst Vermuthungen über chemischen Process des Lebens in der Thier und Pflanzwelt*, vol. 1, pp. 367-73. Poznan: Decker.

49 Volta, A. 1800. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 90: 403-31 (in French). Trans. in *Phil. Mag.* 7:289-311.

50 Matteucci, C. 1840. *Essai sur les Phénomènes Électriques des Animaux*. Paris: Carilian-Goeury and Dalmont.

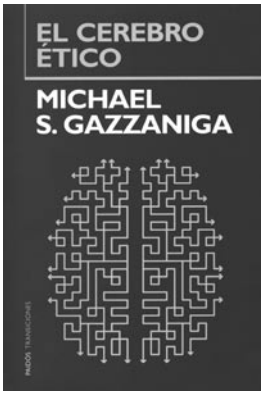
51 Du Bois-Reymond, E. 1849. *Untersuchungen über thierische Elektricität*. Berlin: Verlag von G. Reimer.

52 Adams, G. 1799. *An Essay on Electricity*, 5th ed. London: W. and S. Jones.

53 Feder, T.H. 1978. *Great Treasures of Pompeii and Herculaneum*. Abbeville.

54 Fritsch, G. 1890. *Die elektrischen Fische*. Leipzig: Verlag von Veit und Comp.

Texto reproducido con permiso de* American Scientist *, vol. 72, no. 6, pp. 598-607, 1984. Traducción de J. Emilio Salceda.



EL CEREBRO ÉTICO
MICHAEL S. GAZZANIGA
Paidós, Barcelona, 2006

"El estudio del cerebro es la materia más candente del siglo XXI, no sólo en la ciencia, sino también en la filosofía. Suponiendo que, como nos dice la ciencia, no seamos más que robots controlados por un ordenador analógico y químico llamado cerebro, ¿qué lugar ocupan conceptos tan curiosos como la conducta ética? ¿Quién mejor que Michael Gazzaniga, uno de los dos neurocientíficos experimentales más destacados del mundo, puede responder a dicha cuestión? Éste es un libro provocador y de amena lectura."

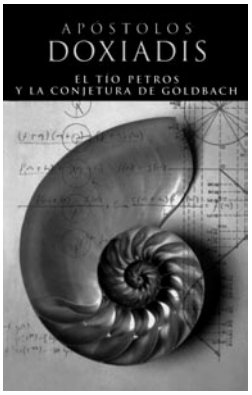
TOM WOLFE

"Si este libro se hubiera escrito hace dos mil años, nos habríamos ahorrado un sinfín de misterios. Plantea una cuestión de suma importancia: ¿los conocimientos actuales sobre el cerebro pueden guiarnos en la formación de un conjunto de principios éticos racionales? La gran frontera que se extiende ante nosotros atañe a la cuestión de cómo tratarnos unos a otros, y este libro fascinante nos ayuda a abrirnos camino en esa dirección."

ALAN ALDA

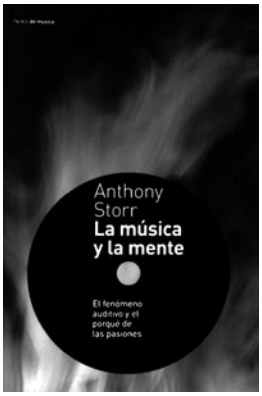
"Michael Gazzaniga, investigador pionero de la neurociencia cognitiva, ha escrito un libro atractivo, accesible y de planteamientos precisos, donde se esclarecen las profundas cuestiones que surgen en el punto de intersección entre la neurociencia moderna y los intereses de la ética, la religión y la política pública."

STEVEN E. HYMAN



EL TÍO PETROS
Y LA CONJETURA DE GOLDBACH
APOSTÓLOS DOXIADIS
Ediciones B, Barcelona, 2000

"Toda familia tiene su oveja negra; en la nuestra era el tío Petros." Así lo afirma el sobrino favorito de Petros Papachristos –y narrador de las peripecias de su tío–, al comienzo de la novela de Apostólos Doxiadis. En efecto, el anciano tío Petros vive retirado de la vida social y familiar, entregado al cuidado de su jardín y a la práctica regular del ajedrez. Su sobrino, sin embargo, descubre un día por azar que el tío Petros fue un matemático eminente, profesor en Alemania e Inglaterra, niño prodigio en esta disciplina y estudioso totalmente absorto en sus investigaciones científicas. Como irá descubriendo el sobrino, y el lector con él, la vida de Petros Papachristos ha girado durante años en torno a la demostración de la famosa conjetura de Goldbach, un problema en apariencia sencillo, pero que durante más de dos siglos nadie ha conseguido resolver científicamente. Apostólos Doxiadis nos abre las puertas de una extraordinaria aventura personal inscrita en el ámbito de las matemáticas, donde personajes ficticios conversan con estudiosos como Hardy, Ramanujan, Turing y Gödel. Sin embargo, más importante aún es que en esta novela las matemáticas adquieren una dimensión simbólica, y los esfuerzos de un científico por resolver un enigma reflejan la lucha prometeica del ser humano por conquistar lo imposible.



LA MÚSICA Y LA MENTE.
EL FENÓMENO AUDITIVO
Y EL POR QUÉ DE LAS PASIONES
ANTHONY STORR
Paidós, Barcelona, 2002

"Este hermoso libro –humano, inteligente y reflexivo– es una importante contribución a la comprensión de los misteriosos movimientos de la mente."

ADAM LIVELY, *The Times Educational Supplement*

"Se trata de una estimulante investigación destinada al descubrimiento de por qué la música conmueve tan intensamente a tantas personas. A lo largo de ella, Storr describe los efectos físicos de la mescalina, reflexiona sobre la relación de la música con el canto de los pájaros, el balbuceo de los bebés y el lenguaje literario, y habla de otros muchos temas fascinantes para llegar a la conclusión de que el aspecto más importante de la música es su capacidad para poner orden en nuestro caos."

FRANCES PARTRIDGE
The Spectator

"Leer las obras de Storr es como recorrer un país extranjero de la mano de un gran viajero. No importa si desconoces el idioma, porque él te enseña lo que necesitas saber a lo largo del camino. Su conocimiento es extenso y su entusiasmo contagioso. Storr es un comunicador de habilidad extraordinaria."

MARY LONDON
New Statesman & Society

DEL SOL A LOS CONFINES
DEL SISTEMA SOLAR
Esperanza Carrasco Licea
y Alberto Carramiñana Alonso
Fondo de Cultura Económica,
México, 2005

En los últimos años se ha descubierto que el sistema solar externo es mucho más complejo de lo que imaginábamos, pues su estructura resulta ser más intrincada que la del Sol, los nueve planetas, los satélites, los asteroides y los cometas.

Existe una población de objetos menores, el Cinturón de Kuiper, que ha desdibujado la frontera entre los conceptos de planeta, asteroide y cometa. Plutón, hoy considerado como el mayor de los objetos hasta ahora conocidos del Cinturón de Kuiper, ha resultado ser menor que la Luna y apenas mayor que objetos como Varuna y Quaoar, descubiertos en los albores del siglo XXI y que no han sido reconocidos como planetas.

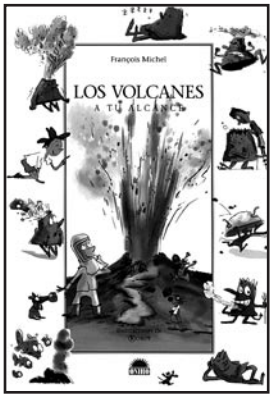
El vacío que creíamos que existía más allá de Plutón se ha llenado con una población de objetos cuya naturaleza se empieza a revelar. Se trata de la nueva frontera del sistema solar, hoy en día marcada por el misterioso objeto Sedna, tal vez el primer indicio de la lejana Nube de Oort.

En este libro se presenta, en un formato de artículos breves, una visión contemporánea del sistema solar. Se describen las características más relevantes del Sol, los planetas y los objetos menores que han marcado un hito en el conocimiento de nuestro sistema planetario.

CÁMARAS RÉFLEX.
FOTOGRAFÍA DIGITAL
Michael Freeman
Taschen, Colonia, 2005

Tanto si se adentra desde cero en el mundo de la fotografía réflex digital como si está acostumbrado a usar una cámara digital compacta o una cámara réflex convencional, abordar la fotografía réflex digital requiere plantearse ciertas consideraciones. La mayoría de los usuarios de réflex compaginarán durante cierto tiempo con ambos sistemas. Los sistemas réflex favorecen esa dualidad precisamente porque se trata de un sistema y no de cámaras diferentes; en general, los distintos objetivos y accesorios funcionan con los dos tipos de cámara. Un síntoma significativo del cambio es que la mayoría de los fabricantes de cámaras profesionales permiten la transición a los usuarios al facilitar el intercambio de tecnología convencional y digital.

De modo que puede empezar a conocer y a experimentar con la fotografía digital sin renunciar al sistema convencional. En el ámbito profesional, con algo más de tiempo y esfuerzo podrá conservar la película como una copia de seguridad. Durante el período de transición invertirá mucho más tiempo y esfuerzo en la compaginación de ambos sistemas, pero así no correrá riesgos innecesarios. Poco a poco se impondrá la fotografía digital, porque comprobará que en determinadas situaciones permite mucha más libertad.



LOS VOLCANES A TU ALCANCE
François Michel
Paidós, Barcelona, 2006

Montañas de fuego, montañas humeantes, montañas coléricas, montañas que explotan, montañas que se derriten, montañas que se desploman, montañas que dan vida, montañas que matan, montañas fascinantes, montañas dormidas. Todo el mundo sabe lo que es un volcán: una montaña que arroja fuego y humo por la parte de arriba. Pero ¿cómo es eso posible? Antiguamente se creía que los volcanes eran pozos que bajaban hasta el infierno. Hoy sabemos que el interior de la Tierra está muy caliente, y que los materiales ardientes que hay bajo nuestros pies a veces consiguen salir a la superficie y forman los volcanes.

En la actualidad hay más de 500 volcanes activos en el mundo. La mayoría están distribuidos en regiones grandes pero muy bien delimitadas: el cinturón de fuego del Pacífico, Indonesia, las Antillas, el Mediterráneo, África del Este y la Antártida. También se encuentran algunos volcanes aislados y otros surgen en medio de los océanos debido al vulcanismo submarino.

François Michel es geólogo y guía de alta montaña; escribe para el público juvenisl (en realidad, para todos los públicos) sobre ciencias de la Tierra, medio ambiente y geografía, y se dedica especialmente a la divulgación de estos temas. Es también autor de numerosos e instructivos documentales y películas, que se utilizan como apoyo didáctico en las escuelas.