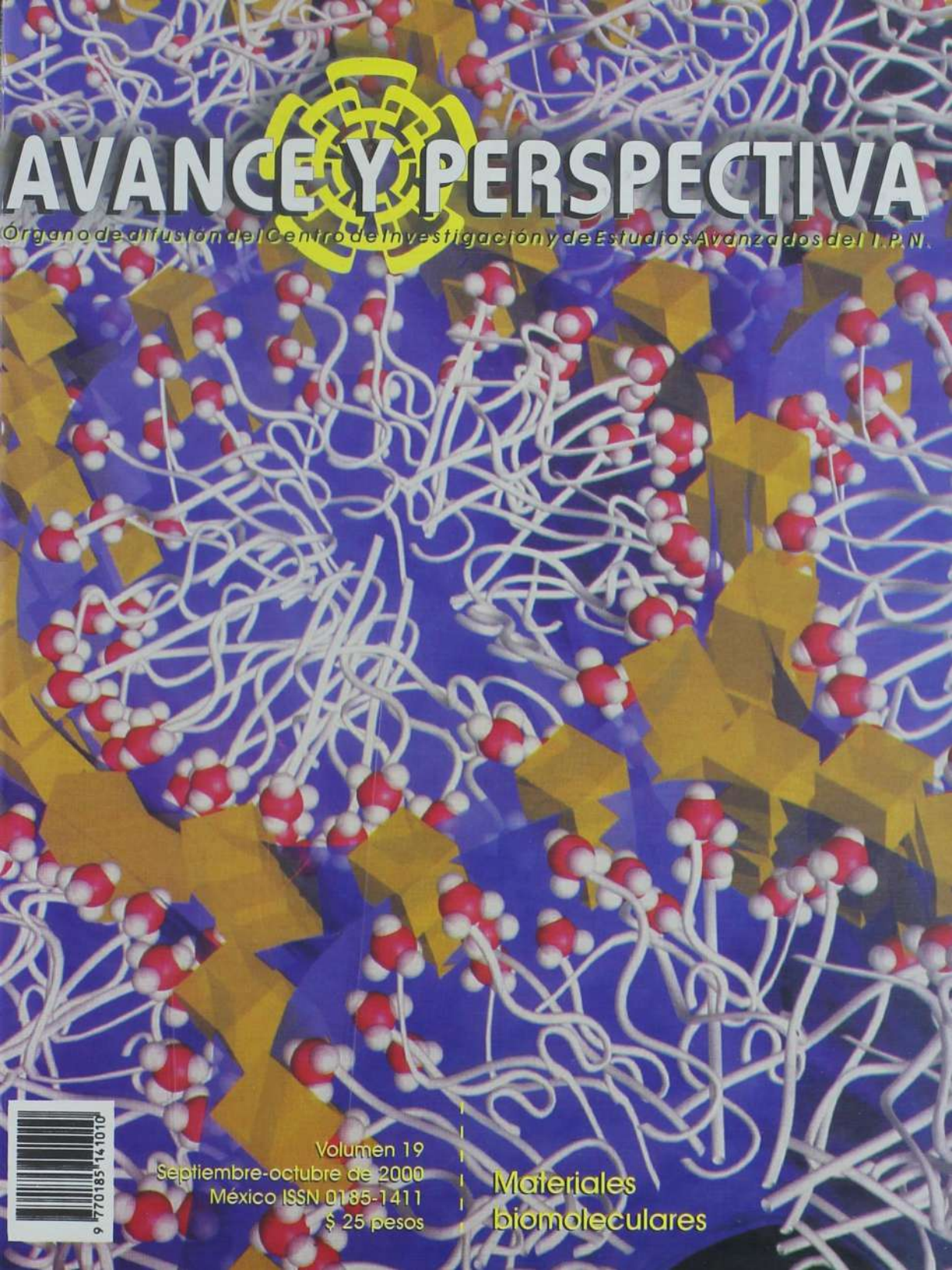




AVANCE Y PERSPECTIVA

Órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.



Volumen 19
Septiembre-octubre de 2000
México ISSN 0185-1411
\$ 25 pesos

Material
biomoleculares

Participa en la **RECONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA DEL CINVESTAV**

**LA COMISIÓN ENCARGADA DE RECONSTRUIR
LA HISTORIA DE NUESTRA INSTITUCIÓN INVITA:**

* a toda la comunidad del Cinvestav: académicos, alumnos, egresados, trabajadores administrativos, técnicos y manuales a escribir testimonios libres sobre cualquier tipo de experiencia o reminiscencia significativa de su vida en nuestra institución.

* a los colegios de profesores de las unidades, departamentos y secciones a organizarse internamente para producir la historia de sus entidades.

* a los jóvenes investigadores de nuestra institución a participar en la realización de diálogos y entrevistas a los profesores fundadores y exitosos.

* a todo el personal académico a preparar, a la elección y edición, ponencias sobre la historia de diversas líneas o temáticas del conocimiento aportado por el Cinvestav y a debatirlas con especialistas externos en foros públicos a celebrarse en el año 2001.

El material recuperado por estas diversas vías dará origen a volúmenes impresos o materiales audiovisuales diferenciados que consignarán diversos enfoques sobre la historia de nuestra institución, que se publicarán a lo largo del año 2001.



Mayor información
Dra. María de Ibarrola
Asesora de la Dirección General
mibarrola@infadm.inf.cinvestav.mx
Tels: 57 47 70 91 / 57 47 70 92; fax:
57 47 70 93



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados del IPN
CINVESTAV

DIRECTOR GENERAL
Adolfo Martínez Palomo
ASESORA DE LA DIRECCIÓN GENERAL
María de Ibarrola Nicolín
SECRETARIO ACADÉMICO
René Asomoza
SECRETARIO DE PLANEACIÓN
Manuel Méndez Nonell
SECRETARIO ADMINISTRATIVO
Jorge Velasco Oliva

AVANCE Y PERSPECTIVA
DIRECTOR EDITORIAL
Enrique Campesino Romeo
EDITORA ASOCIADA
Gloria Novoa de Vitagliano
COORDINACIÓN EDITORIAL
Martha Aldape de Navarro
DISEÑO Y CUIDADO DE LA EDICIÓN
Rosario Morales Álvarez
FOTOGRAFÍA
Carlos Villavicencio
Sección Fotografía
del CINVESTAV
CAPTURA
Josefina Miranda López
María Eugenia López Rivera
María Gabriela Reyna López

CONSEJO EDITORIAL
J. Víctor Calderón Salinas
BIOQUÍMICA
Luis Capurro Filigrasso
UNIDAD MÉRIDA
Marcelino Cerejido
FISIOLOGÍA
María de Ibarrola Nicolín
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS
Eugenio Frixione
BIOLOGÍA CELULAR
Jesús González
UNIDAD QUERÉTARO
Luis Herrera Estrella
UNIDAD Irapuato
Yasuhiro Matsumoto
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Luis Moreno Armella
MATEMÁTICA EDUCATIVA
Angeles Paz Sandoval
QUÍMICA
Miguel Ángel Pérez Angón
FÍSICA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

Correo electrónico:
avance@mail.cinvestav.mx
Tel. y Fax: 5747 70 76

Consulte nuestra página de Internet:
<http://www.cinvestav.mx/weblect/avance.html>

RESPONSABLE
Valente Espinosa

AVANCE Y PERSPECTIVA

SUMARIO

Volumen 19

septiembre - octubre del 2000

- 263 *Materiales biomoleculares*
Martín Hernández Contreras
- 271 *Electroquímica y mecanismos de reacción*
Felipe J. González Bravo
- 279 *Vida y quiralidad*
Nury Pérez Hernández
- 287 *Tarjetas inteligentes y su aplicación en salud*
L. E. Dávalos Jiménez, R. Vázquez Medina y J. Velázquez López

PERSPECTIVAS

- 295 *Telecomunicaciones y electrónica*
Jorge Suárez Díaz

NOTICIAS DEL CINVESTAV

- 300 *Jorge Suárez Díaz, Premio Nacional de Ingeniería de Comunicaciones y Electrónica*

INNOVACIONES EDUCATIVAS

- 303 *Foro interdepartamental sobre materiales didácticos*
María de Ibarrola y Pedro Cabrera

DIÁLOGOS

- 313 *La Royal Institution y la química para viajeros*
Carlos Chimal

LIBROS Y REVISTAS

- 321 *De motu proprio, de E. Frixione*
Marcelino Cerejido

Portada: Ilustración esquemática de la agregación de materiales biomoleculares: los liposomas son inducidos por reconocimiento específico de lípidos de biotina (esferas rojas) por proteínas estratividina (cubos amarillos). Cortesía de P. Pincus, Universidad de California, Santa Bárbara.

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral. El número correspondiente a septiembre-octubre de 2000, volumen 19, se terminó de imprimir en agosto de 2000. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. *Editor responsable:* Enrique Campesino Romeo. Oficinas: Av. IPN No. 2508 esquina calzada Ticomán, apartado postal 14-740, 07000, México, D.F. Certificados de licitud del título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de Título No. 577-85 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 01603-89, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Grupo Printer Pack, S.A. de C.V., Av. Azcapotzalco 224, Col. Angel Zimbrón, México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número enero-febrero del 2000 página 48. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente. *Avance y Perspectiva* se distribuye en forma gratuita a los miembros de la comunidad del CINVESTAV y a las instituciones de educación superior. Suscripción personal por un año: \$ 150.00



La **Academia Mexicana de Ciencias**

abre a concurso el

PREMIO A LA DIVULGACIÓN Y PROMOCIÓN DE LA CIENCIA

TWNSO 2000

creado por iniciativa de la Red de Organizaciones Científicas del Tercer Mundo (TWNSO), el Premio TWNSO es una distinción que otorga la Academia bianualmente por el trabajo realizado en divulgación y promoción de la Ciencia.

El premio consiste en un diploma y \$10,000 pesos. Se convoca a la comunidad científica a presentar candidatos para TWNSO 2000 de acuerdo con las siguientes bases.

- 1.- Se tomará en cuenta primordialmente la obra realizada en México.
- 2.- Las candidaturas deberán ser presentadas por instituciones o miembros de la comunidad científica nacional, y acompañarse del **currículum vitae** del candidato, así como los documentos que demuestren las actividades base de la propuesta y la forma AMC-TWN proporcionada por la Academia, (también disponible en la página de la AMC en internet).
- 3.- El jurado respectivo será designado por la comisión de premios de la Academia, y su decisión será inapelable, el premio se entregará en sesión solemne.
- 4.- Las candidaturas y la documentación respectiva deberá dirigirse al Presidente de la Academia Mexicana de Ciencias y enviarse o entregarse por duplicado, antes del **5 de octubre de 2000** en las oficinas de la AMC, ubicada en Av. San Jerónimo 260, Colonia Jardines del Pedregal, México D.F., 04500.

Mayores informes: Lic. Martha Villanueva

Tel. 56 16 42 83, Fax. 55 50 11 43

e-mail: mbeatriz@servidor.unam.mx

<http://www.amc.unam.mx>

Materiales biomoleculares

Martín Hernández Contreras

Biochips

Los materiales biomoleculares¹ son sistemas autoensamblados que presentan una organización molecular. Están formados por macromoléculas funcionales biológicamente activas (por ejemplo proteínas) y diversas moléculas de lípidos (también llamadas surfactantes o anfifílicos, figura 1a), como los que forman el jabón, por lo que sus propiedades globales se estudian en la ciencia de materiales, ingeniería y biología. El área de los materiales biomoleculares es aún incipiente pero está atrayendo fuertemente el interés de los investigadores de países industrializados debido al alto potencial tecnológico que está generando su investigación, con el consecuente beneficio en otras áreas de investigación básica y desarrollo de nuevas metodologías. Esta es un área esencialmente interdisciplinaria en la cual participan científicos de diversas disciplinas como la física de la materia condensada suave, fluidos complejos, biofísica, síntesis química, bioquímica y de manera excepcional biología molecular e ingeniería genética.

La característica fundamental de los materiales biomoleculares es su habilidad para autoensamblarse a temperatura ambiente (figuras 1b y 1c) y formar complejos de estructuras jerárquicas superiores de apenas un micrómetro. Hay que recordar que una micra o un micrómetro es mil veces más pequeño que un milímetro, que es aproximadamente el diámetro de un cabello humano (*dch*); los objetivos con dimensiones a esta escala se pueden ver fácilmente con el microscopio

El Dr. Martín Hernández Contreras es investigador adjunto del Departamento de Física del Cinvestav. Dirección electrónica: marther@fis.cinvestav.mx

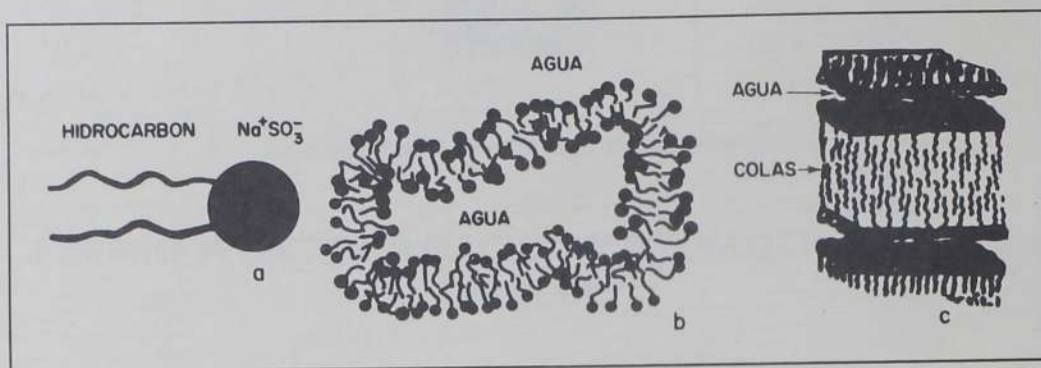


Figura 1. (a) Molécula de lípido (su dimensión es casi cinco veces la de una molécula de agua); colas neutras y cabeza polar cargada; (b) vesícula en solvente polar (agua); (c) fase lamelar de membranas de lípidos separadas por agua.

óptico de contraste y muestran propiedades funcionales que se derivan del tipo de unidad o bloque biomolecular que forman sus interfaces. La frontera entre dos fluidos o un fluido y su vapor es una interfaz. Cuando en la interfaz se adsorben moléculas de naturaleza química diferente a la de los fluidos se obtiene una membrana, que también puede formarse en un solo fluido.

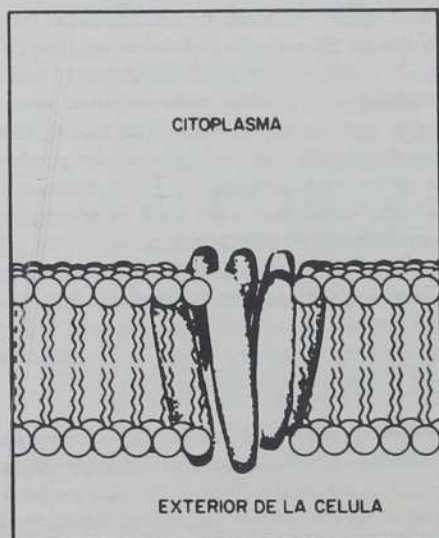


Figura 2. Membrana púrpura de bacteriorodopsina (bR): una sola cadena péptida se dobla formando siete estructuras cilíndricas. Este es un ejemplo de membrana generada con una proteína membranar.

Las biomoléculas que integran a las membranas pueden ser manipuladas a escala molecular a través de síntesis química o con las técnicas de recombinación desarrolladas originalmente para el ácido desoxirribonucleico (ADN) en la ingeniería genética. Con estas técnicas las propiedades del material se pueden modificar para que cumpla una función específica. El prototipo de complejo biomolecular que ilustra claramente las características de estos materiales lo constituye el autoensamblado bidimensional formado en una membrana de lípidos por la proteína bacteriorodopsina (bR). Esta proteína forma parches de un milímetro de diámetro y apenas nueve nanómetros (nm, una milésima de micrómetro) de espesor en la membrana celular de la bacteria *Halobacterium halobium* (figura 2). Gracias a un proceso evolutivo, la madre naturaleza dotó a esta bacteria de propiedades muy notables, entre ellas poder realizar el efecto fotoeléctrico por medio del cual la bacteria produce el adenosin trifosfato (ATP), es decir, la energía que requiere para realizar su metabolismo. También se ha encontrado que es más eficiente que cualquier material fotocromático manufacturado de manera sintética^{2,3} (inmediata respuesta química, eléctrica y de forma, al incidir luz sobre ella).

Esta proteína sufre cambios reversibles en su conformación durante la absorción de luz: con luz natural cambia de su color nativo púrpura a amarillo, deformándose a un estado estable intermedio, mientras que con luz de otro color se le puede regresar reversiblemente a su configuración original, llamada bR,

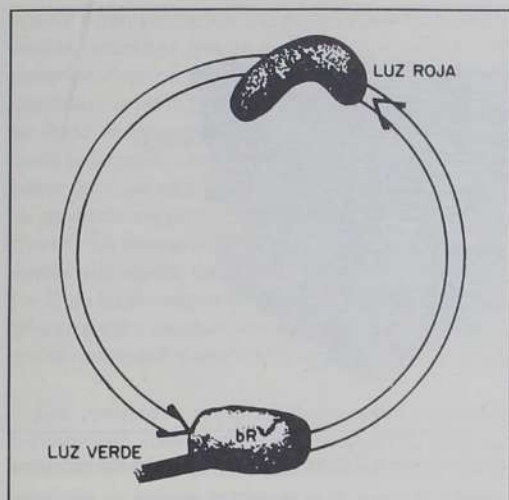


Figura 3. Propiedad fotocromática de la proteína bR; al incidirle luz cambia su forma y color púrpura.

sin sufrir ninguna degradación funcional (figura 3). Estos dos estados pueden ser utilizados para definir el bit de información característicos de los *chips* de computadoras. Debido a su uso potencial como proteína convertidora de luz a energía química o eléctrica (transductor), se le investiga actualmente como componente activo en dispositivos de electrónica molecular a escala nanométrica en varios laboratorios de Estados Unidos, Europa y Japón. Su aplicación más notable ocurre en la tecnología de las supercomputadoras donde puede resolver algunos problemas que se tienen con la actual tecnología de semiconductores, como el de la limitada rapidez para procesar información y la capacidad de memoria.

Usando la tecnología de los semiconductores, las componentes individuales de las computadoras se han hecho cada vez más pequeñas para crear mejores unidades de memoria y procesadores más potentes. Sin embargo, este proceso de miniaturización tiene limitaciones severas de orden económico, ya que miniaturizar por un factor de dos incrementa los costos por un factor de cinco. La bacteriorodopsina puede realizar la misma función básica de un *chip* de semiconductor, proporcionando mayor capacidad de memoria y rapidez a través de unidades autoensambladas cuyos volúmenes para almacenar el equivalente de información

son apenas de unos cien angstroms cúbicos; un angstrom (Å) es una décima de millón de veces más chico que el *dch*; para tener una idea de estas escalas de dimensión, recordemos que una molécula de agua tiene un diámetro de tres Å. También se le investiga en aplicaciones de óptica no lineal y en la fabricación de patrones a escala nanométrica.

Todas estas funciones de la bacteriorodopsina se presentan a temperatura ambiente, lo cual la hace ideal como biomaterial. En 1993 se verificó⁴ la estabilidad térmica de la bacteriorodopsina a una temperatura de 140°C cuando forma un autoensamblado de multicapas en un ambiente con muy bajo contenido de agua (figura 4). Se descubrió que si se aumenta la concentración de agua, entonces las fluctuaciones térmicas de las membranas de bR en su dirección perpendicular son muy fuertes y comienzan a chocar entre ellas; como consecuencia la estructura cristalina de la bR en la membrana púrpura se destruye y por tanto también sus propiedades. En el caso particular de esta proteína, se le encuentra formando una estructura cristalina hexagonal con grupos de trímeros en cada vértice. Se ha observado que si se aíslan los trímeros, la proteína pierde sus propiedades funcionales, por lo que los experimentos de estabilización a alta temperatura indican que es importante la estructura intacta de la proteína en la membrana para que mantenga su función. Por otro lado, estos experimentos son importantes porque pavimentan el camino para estabilizar otras proteínas o formas mutantes de la bacteriorodopsina en aplicaciones tecnológicas.

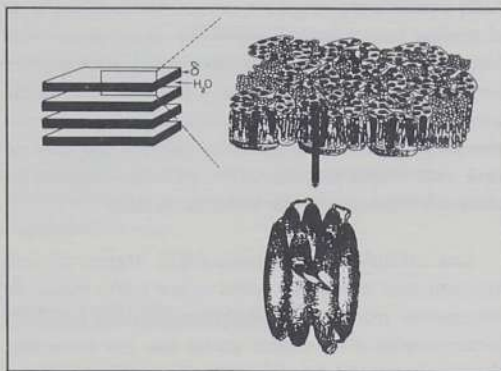


Figura 4. Autoensamblado lamelar de membranas púrpuras de bR en estructura cristalina hexagonal, $d=9$ nm.

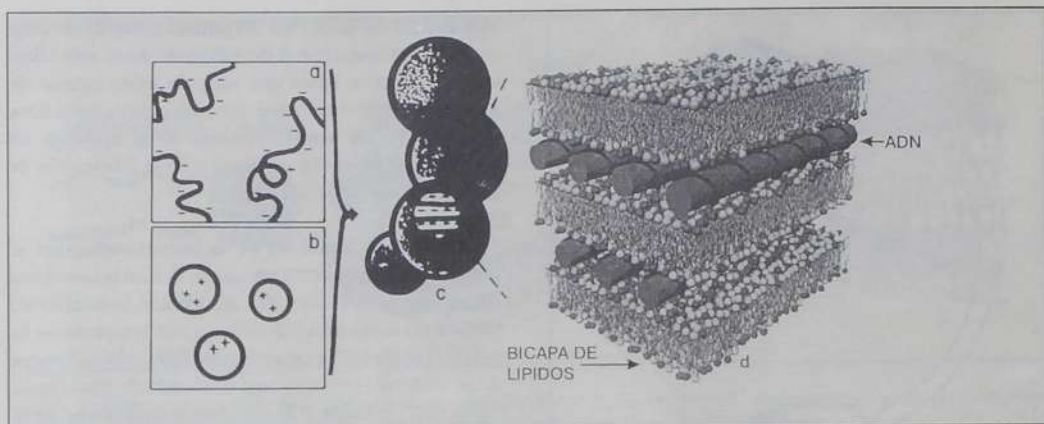


Figura 5. (a) Macromoléculas de ADN, negativamente cargadas; (b) liposoma de lípidos cargados positivamente; (c) autoensamblado de liposoma catiónico-ADN, (d) estructura interna del liposoma-ADN.

Es posible anticipar cuál será el impacto tecnológico de estos materiales suaves. Por ejemplo, interfaces con biomoléculas que incluyan proteínas receptoras pueden formar la base para el desarrollo de materiales con propiedades más avanzadas que sirvan como sensores químicos y biológicos, o bien biomateriales con propiedades interfaciales controladas que sirvan como adhesivos moleculares y de lubricación.

Terapia génica

Avances recientes en el estudio de la estructura interna de bio-ensamblados de polímeros bio-compatibles, como ADN y proteínas con lípidos, han mostrado claramente el posible uso industrial y médico de estos sistemas complejos⁵. Estos materiales bio-ensamblados pueden ser utilizados para encapsular y transportar material genético natural a las células; esto se debe a que forman estructuras esféricas de liposoma que son cerradas, de casi una micra de diámetro, en cuyo interior se encuentran localizadas las cadenas de ADN⁶.

Los complejos liposoma-ADN (figura 5) son intensamente estudiados para usarse como medio de transporte no viral de macromoléculas de ADN recombinadas a las células en las que por mutación, deficiencia natural o accidente no se encuentre un gen específico. A diferencia de los vectores virales, el liposoma-ADN presenta un bajo nivel de toxicidad y no

desencadena una respuesta inmunológica del sistema humano; no obstante, su eficiencia es todavía baja debido al poco conocimiento que se tiene de su estructura interna y las condiciones termodinámicas que determinan su estabilidad; un conocimiento preciso y más controlado de su estructura interna contribuirá a la obtención de un complejo más eficiente.

A partir de 1996 se registraron estudios experimentales de dispersión de rayos X de alta resolución de fuentes de radiación sincrotrón que permitieron conocer de manera precisa y cuantitativa la estructura del liposoma-ADN (figura 5d); en correspondencia a estos resultados, los físicos teóricos deberán construir modelos matemáticos que incorporen la información disponible para entender y manipular al liposoma-ADN.

Modelos estadísticos de materiales suaves

Otra característica importante de los biomateriales es la facilidad con que se deforman a temperatura ambiente sin que se rompa su estructura; en cambio, por ejemplo, el glóbulo rojo cambia completamente de forma cuando viaja a través de un conducto capilar, pero conserva sus propiedades funcionales a pesar de estar sujeto a fluctuaciones térmicas. Decimos que estos materiales

suaves están formados por membranas fluctuantes fluidas, mientras que la membrana formada por bacteriorodopsina es más rígida y sólida. La teoría estadística de las membranas fluidas (figura 1c) que ha resultado se llama ondulatoria de Helfrich, por ser él quien la formuló correctamente; no obstante, esto no quiere decir que esté completamente terminada, ya que ha generado un campo de investigación y desarrollo intenso⁷. La extensión de la teoría de Helfrich para las membranas sólidas de proteínas membranales (figuras 2 y 4) no ha alcanzado un desarrollo similar; y esto se debe en parte a los pocos resultados experimentales con que se cuenta sobre este tipo de membranas.

Los resultados experimentales sobre proteínas membranales como la bacteriorodopsina y de autoensamblados como el liposoma-ADN han motivado el desarrollo de nuevas teorías de la física de la materia condensada suave. Se pretende entender la interacción proteína-proteína que conduce a la agregación en parches de proteínas membranales (figuras 2 y 4), esto es, los factores que determinan su estructura y función. En 1994 se descubrió un nuevo tipo de liposoma formado por vesículas de estructura tubular hueca, con paredes formadas por multicapas de membranas⁸. Estas vesículas se forman al mezclar en agua el surfactante DMPC (dimiristol fosfatidicolin) con el geraniol, el cual es una vitamina derivada de solventes orgánicos. Los liposomas contruidos con lípidos sintéticos, como el DMPC, se estudian debido a su gran parecido con las células reales; en particular, al comprender sus transformaciones estructurales y dinámicas es posible comprender la estructura molecular de las células y sus funciones. Por medio de dispersión de rayos X se encontró que sus paredes están hechas por multicapas de membranas en las que los lípidos de geraniol se mueven libremente, es decir, se encuentran en fase fluida. El descubrimiento de esta nueva fase en equilibrio del liposoma puso a prueba la teoría de membranas fluidas de Helfrich ya que no estaba predicha por la teoría. La teoría de Helfrich es lineal en un parámetro conocido como la energía de curvatura de la membrana y su valor es intrínseco al tipo de surfactante que forma la membrana. No es un parámetro arbitrario, ya que es posible medirlo experimentalmente a través de técnicas ópticas y de dispersión de rayos X; su magnitud es casi del orden de la energía térmica a la temperatura ambiente, es decir, la magnitud de este parámetro indica que la membrana se deforma muy fácilmente a temperatura ambiente. La

energía de curvatura está asociada a la deformación que sufre la membrana debido a las fluctuaciones térmicas originadas en el solvente en el que se encuentra.

Entre los éxitos de la teoría de fuerzas fluctuantes de Helfrich se encuentra la predicción de las diferentes fases que forman los surfactantes en un solvente: la formación de fases lamelares diluidas de membranas (figura 1c), y las vesiculares esféricas (liposoma, figuras 1b y 5b). Para poder explicar la nueva fase tubular descubierta en 1996 se formuló el primer enfoque teórico que predice fases cilíndricas⁹. La nueva teoría incluye como ingrediente esencial la modificación de la energía de curvatura con lo que resulta una teoría no lineal en el parámetro de energía de curvatura pero que favorece la formación de vesículas cilíndricas⁹. Los enfoques teóricos recientemente desarrollados, que enfatizan la dependencia no lineal en el módulo de curvatura prometen la posibilidad de descubrir nuevos fenómenos dinámicos para arquitecturas de autoensamblados hechos de vesículas tubulares. Por otro lado, gracias al descubrimiento de esta nueva fase, se tiene experimentalmente un sistema polimérico modelo que es posible visualizar con el microscopio óptico de contraste. A través de él es posible observar directamente los efectos producidos por los campos de distorsión en las membranas, que aparecen por la aplicación de esfuerzos de deformación, usados comúnmente para obtener liposomas de tamaño uniforme. Las distorsiones ocasionadas por los flujos, a su vez, dan origen a los efectos que determinan todas las propiedades macroscópicas útiles de los polímeros. Dentro de las posibles aplicaciones del liposoma tubular se encuentra la creación de un gel que sirva como matriz para fomentan el desarrollo de células, ya que el gel puede ser generado con componentes activos que requiere la célula para desarrollarse.

Nuevamente podemos ver la clara necesidad de más estudios en sistemas modelo experimentales y el desarrollo de las teorías que ayuden a entender estos materiales suaves.

Motores moleculares

Una gran cantidad de procesos biológicos ocurre por medio de transporte de proteínas entre las células, ya sea por difusión o bien por transporte activo realizado

con ayuda de otras proteínas cargadoras. Este transporte es asistido por una clase de máquinas moleculares hechas por proteínas de las que la más estudiada es la kinesina; esta proteína usa como rieles a otros biopolímeros, como los microtúbulos que provienen del interior de la célula y que cruzan la membrana celular (figura 6), y de igual manera a la actina, que son macromoléculas sobre las que la kinesina literalmente camina transportando a las proteínas. Los organismos biológicos usan estos biomotores en procesos que mantienen el metabolismo celular. En el futuro serán utilizados en robots miniaturizados, máquinas moleculares acopladas que conviertan energía química o eléctrica en mecánica. En la actualidad se estudian experimentalmente¹⁰ los mecanismos que producen la dinámica de los microtúbulos y de la actina con el fin de usarlos en biomotores transductores de energía. El estudio del transporte molecular por biomotores también ha impulsado el desarrollo de teorías nuevas basadas en la mecánica estadística de los procesos irreversibles y es un área de investigación en creciente desarrollo¹¹.

Materiales nuevos

Los procesos evolutivos naturales han producido proteínas estructurales que sobrepasan la eficiencia de los materiales desarrollados por el hombre. Por ejemplo, las proteínas del sistema cardiovascular duran décadas sin que sus funciones se vean disminuidas, o la telaraña, que es más suave que cualquier fibra sintética fabricada. Estos materiales naturales derivan sus notables propiedades de la alta eficiencia en la secuenciación y composición de los aminoácidos que los constituyen. Hay un gran interés en desarrollar métodos de síntesis¹² de secuencias polipeptídicas¹³ y crear nuevos materiales con una aplicación específica en biotecnología de piel artificial e implantes, así como en biomineralización para formación de compuestos inorgánicos o en análisis donde se usen como sensores.

El desarrollo de nuevos materiales suaves basados en síntesis de biopolímeros hace uso de dos métodos sintéticos: biológicos y químicos. El enfoque biológico usa la habilidad celular de sintetizar proteínas y se le induce a realizar la tarea de ensamblar las moléculas

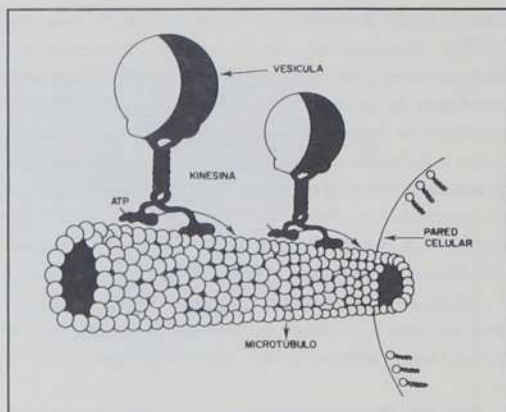


Figura 6. Motor molecular funcionando con energía ATP.

péptidas. Esto se logra con los métodos de recombinación de ADN e ingeniería genética, que han adaptado la maquinaria celular para producir nuevas secuencias de polipéptidos artificialmente, o bien para clonar con aminoácidos artificiales polipéptidos naturales. Los genes que codifican los nuevos polímeros basados en proteínas se pueden diseñar y preparar por síntesis biológica o química, o bien se pueden aislar del organismo en el que estaban presentes y clonarlos. Por otro lado, el método químico para sintetizar polipéptidos se basa en catálisis de metales de transición para controlar la reactividad de los biopolímeros y poder preparar péptidos de composición y secuencia controladas para que puedan ensamblarse en estructuras ordenadas y estables como ocurre en forma natural en el ADN y proteínas, propiedades que se derivan de su estereorregularidad y control exacto de su composición a nivel monomérico y bien definido peso molecular. En cualquier caso, proteínas naturales o artificiales se pueden producir en bacterias readaptadas genéticamente. El resultado es la producción de polímeros que tienen propiedades físicas y químicas bien definidas por derivarse de proteínas y ácidos nucleicos usados en su síntesis. Normalmente los polímeros sintéticos (por ejemplo polietileno) resultan con una amplia distribución de tamaños y pesos moleculares, lo que redundaría en pobres propiedades mecánicas y físicas en los materiales procesados que son derivados de ellos.

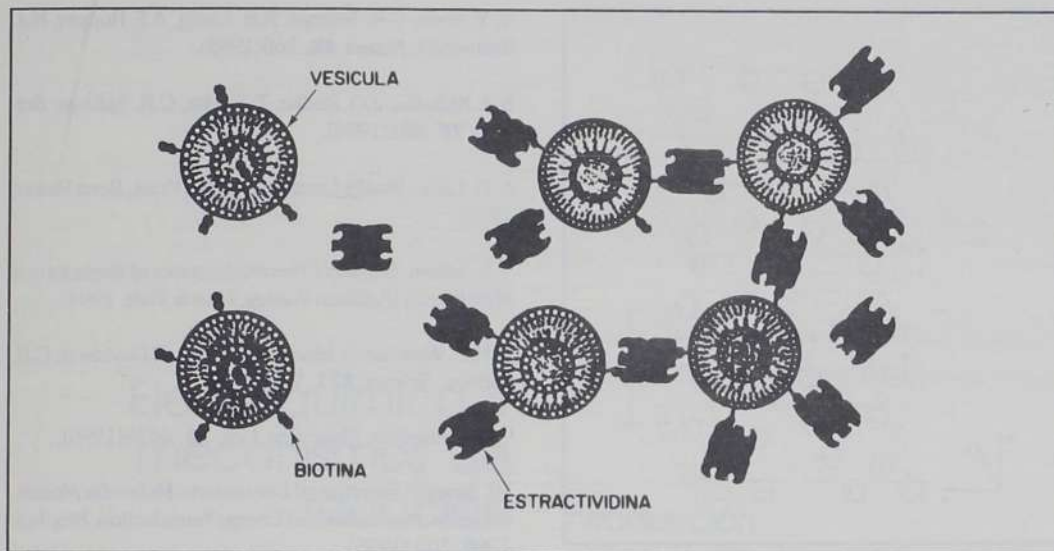


Figura 7. Esquema biotina-estractividina para generar bioquímicamente membranas, vesículas y materiales suaves.

Materiales con funciones específicas

Dado que muchos sistemas biomoleculares empiezan a ser muy bien caracterizados, se desea ahora diseñar sistemas supramoleculares de autoensamblados funcionales mayores usando básicamente la técnica que funciona por medio de reconocimiento y pegado por unidades individuales, conocida como pegado por biotina-estractividina (figura 7). La estractividina es una proteína soluble en agua que se pega a la vitamina H (biotina) y moléculas homólogas¹⁴. En este esquema la avidina genera autoensamblados de membranas o de lisosomas que se vuelven a su vez receptoras de la biotina o cualquier otra macromolécula que tiene pegada la biotina. De esta forma se explora la extensión de este esquema para crear multicapas de proteínas y enzimas que resulten estables a alta temperatura a través de síntesis directa para construir materiales con propiedades avanzadas.

Se han realizado mediciones muy precisas con experimentos de tensión osmótica y técnicas de rayos X

de alta resolución sobre la estructura interna de complejos liposoma-ADN y estructuras lamelares de membranas preparadas bioquímicamente (figuras 4 y 5); sin embargo, no se ha obtenido una interpretación teórica cuantitativa completa que explique la formación de estas estructuras compartimentalizadas. Por ejemplo, no se conoce muy bien cómo compiten todas las interacciones conocidas que existen entre las diversas componentes moleculares y que conducen a estos autoensamblados. Una combinación de rigor y depuración de las técnicas experimentales ha permitido preparar sistemas experimentales modelo. En particular, ha sido posible determinar la naturaleza de las interacciones moleculares a través de propiedades termodinámicas como la presión media entre bicapas lipídicas, con una separación media entre ellas, y a una concentración determinada de las componentes moleculares. Aun cuando los sistemas mencionados son muy complejos, es posible aproximarse a su comprensión con el uso de modelos teóricos simplificados que capturan en forma genérica algunas de las características más importantes de estos sistemas. Por ejemplo, considerando la información experimental disponible, desarrollamos un estudio de un modelo del

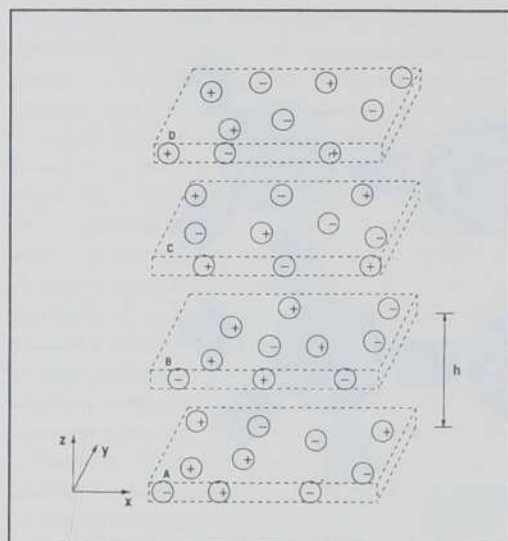


Figura 8. Modelo de ensamblado lamelar de membranas neutras formadas de cargas iónicas positivas y negativas.

sistema lamelar iónico neutro como el de la figura 8 para comprender cuáles son las interacciones efectivas que determinan la estabilidad de membranas y sistemas liposoma-ADN^{15,16}.

Agradecimientos: a Omar Gonzalez y Patricia Pliego por su revisión crítica de este manuscrito, y a Rogelio Cedillo por la elaboración de los dibujos.



Notas

1. H.C. Hoch, L.W. Jelinski, H.G. Craighead, "Nanofabrication and Biosystems-The Frontier and Challenges": *Integrating Material Science, Engineering and Biology* (Cambridge Univ. Press, Nueva York, 1996).
2. R.R. Birge, Photophysics and molecular electronic applications of the Rodopsins, *Ann. Rev. Phys. Chem.* **41**, 663(1990).
3. B. Oesterhelt, C. Brauchle, N. Hampp, Bacteriorhodopsin: A biological material for information processing, *Quat. Rev. Biophys.* **24**, 425(1991).

4. Y. Shen, C.R. Safinya, K.S. Liang, A.F. Rupper, K.J. Rothschild, *Nature* **48**, 366(1993).
5. I. Koltover, J.O. Radler, T. Salditt, C.R. Safinya, *Science* **78**, 281(1998).
6. D. Lasic, *Stealth Liposomes* (CRC Press, Boca Raton, 1995).
7. S. Safran, *Statistical Thermodynamics of Surfaces and Membranes* (Addison-Wesley, Nueva York, 1994).
8. H.E. Warriner, S. Idziak, N.L. Slack, P. Davidson, C.R. Safinya, *Science* **271**, 969(1996).
9. J.B. Fournier, *Phys. Rev. Lett.* **76**, 4436(1996).
10. Seventh Biophysical Discussions: Molecular Motors, Structure, Mechanics and Energy Transduction, *Biophys. J.* **68**, 100 (1995).
11. F. Julicher, A. Ajdari, J. Prost, The physics of molecular motors, *Rev. Mod. Phys. Coll.* **69**, 1269 (1997).
12. D.P. Mobley, *Plastics from Microbes: Microbial Synthesis of Polymers and Polymer Precursors* (Hanser, Munich, 1994).
13. T.J. Deming, Polypeptide Materials: New Synthetic Methods and Applications, *Adv. Mat.* **9**, 299(1997).
14. J.N. Israelachvili, *Intermolecular and Surface Forces* (Academic Press, Nueva York, 1992).
15. M. Hernández-Contreras, P. Pincus, *J. Chem. Phys.* **112**, 954 (2000).
16. H. Aranda *et al.*, *Science* **285**, 394 (1999).

Electroquímica y mecanismos de reacción

Felipe J. González Bravo

Introducción

La electroquímica estudia las reacciones de óxido-reducción de átomos, iones y moléculas en solución, así como los fenómenos físicos y químicos que de estas reacciones se derivan. Los primeros estudios en electroquímica datan de la época en la que Galvani experimentaba con ranas (1791); sin embargo, no es sino hasta la segunda mitad del siglo pasado cuando esta disciplina comienza a desarrollarse y diversificarse en numerosas ramas de investigación fundamental. Su carácter es interdisciplinario y abarca temas tan específicos como son: reactividad electroquímica, corrosión, electrocatálisis, electrodeposición, electrosorción, reconocimiento molecular, electroquímica de la doble capa eléctrica y teoría de la transferencia de electrón. La comprensión de este tipo de fenómenos y sus "mecanismos de acción" se ha traducido a lo largo de los años en importantes aplicaciones: celdas de combustible que aprovechan la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno para generar electricidad; baterías como la de plomo-ácido ampliamente utilizada en los automóviles; procesos de electrosíntesis como el del acrilonitrilo que es utilizado para la fabricación de medias y otros productos derivados del nylon 66; sensores que detectan iones contaminantes en líneas de proceso industrial y la prevención contra la corrosión, donde se ha instrumentado tanto el uso de inhibidores como de ánodos de sacrificio. Aunque cada tópico requiere una metodología específica de estudio, aquí se presentan algunos aspectos del análisis mecanístico que se lleva a cabo en la mayoría de los sistemas

El Dr. Felipe J. González Bravo es investigador adjunto del Departamento de Química del Cinvestav. Dirección Electrónica: fgonzale@mail.cinvestav.mx

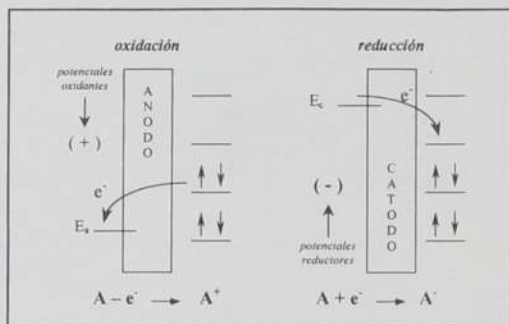


Figura 1. Representación de la oxidación y reducción de una especie A en solución.

orgánicos e inorgánicos. Este tipo de análisis es importante ya que sienta las bases para el planteamiento adecuado de las condiciones de una ruta de síntesis por vía electroquímica.

Oxido-reducción electroquímica

Las reacciones más elementales que se conocen son aquellas que involucran la transferencia de un electrón sin que se rompan ni se formen enlaces químicos^{1,2}. Estos procesos se pueden llevar a cabo entre especies en solución o en una interfaz electrodo-solución. En el primer caso se tiene una reacción electroquímica homogénea mientras que en el segundo ésta es heterogénea. En ambos casos el proceso de intercambio electrónico puede desencadenar toda una serie de reacciones que finalmente conducirían a la formación de uno o varios compuestos. Un aspecto interesante de las reacciones electroquímicas heterogéneas radica en que la activación de una molécula puede ser inducida y controlada mediante la imposición de un potencial de electrodo específico³. Esto significa que es posible controlar la magnitud de la fuerza impulsora de la reacción y por consiguiente su selectividad. En este tipo de sistemas se pueden reconocer dos tipos de reacciones que ocurren en una delgada capa de líquido, de dimensiones moleculares, adyacente a la superficie del electrodo: la reducción catódica y la oxidación anódica (figura 1). La reducción consiste en la inyección de electrones desde el electrodo hacia las moléculas en

solución. En cambio la oxidación consiste en la extracción de electrones de las moléculas en solución hacia el electrodo. Es decir, el cátodo actúa como una fuente de electrones y el ánodo como un receptor de electrones⁴.

En el cátodo, el nivel de energía de los electrones E_c se incrementa al modificar el potencial de electrodo hacia valores negativos y cuando ésta supera la energía del orbital desocupado de más baja energía de la molécula (LUMO). Ocurre entonces una transferencia electrónica desde el electrodo hacia la molécula en solución. De la misma manera, en el ánodo la energía de los electrones E_a sobre el electrodo disminuye al modificar el potencial de electrodo hacia valores positivos y al ser ésta inferior a la energía del orbital molecular ocupado de más alta energía (HOMO). Ocurre entonces una transferencia electrónica desde la molécula en solución hacia el electrodo⁵.

Evolución de las especies electrogeneradas

Las especies electrogeneradas en un proceso reductivo u oxidativo pueden conducir a la formación de intermediarios estables en el medio de reacción. Sin embargo, en la mayoría de los casos se forman especies paramagnéticas, tales como los radicales libres, anión radicales o catión radicales, que debido a su alta reactividad se pueden transformar en la solución electrolítica de acuerdo a un conjunto de reacciones que se conocen comúnmente como reacciones químicas homogéneas acopladas^{3,6}. Dentro del conjunto de reacciones químicas que puede experimentar una especie electrogenerada, se pueden citar: dimerización, ciclización, protonación, adición nucleofílica, adición electrofílica, adición radicalica, transposición, ruptura de enlace homolítica y ruptura de enlace heterolítica^{3,7,8}. En términos generales, los productos de estas reacciones suelen ser también susceptibles de continuar reaccionando de acuerdo a un conjunto adicional de reacciones electroquímicas y reacciones químicas. El orden de la secuencia en que ocurren estas reacciones depende principalmente de la naturaleza química de la especie electroactiva inicial, la reactividad del intermediario electrogenerado, el potencial de electrodo, el material de electrodo, el disolvente y la intervención de otros compuestos presentes en la disolución electrolítica⁷.

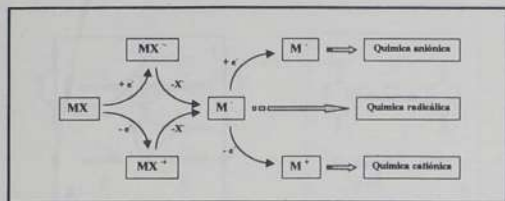


Figura 2. Ejemplo de evolución de las especies electrogeneradas de una molécula neutra.

La figura 2 muestra un ejemplo hipotético de cómo una molécula neutra MX podría ser oxidada o reducida para generar respectivamente un catión radical MX^+ o un anión radical MX^- . En ambos casos, la ruptura del grupo saliente como X^+ o X^- conduciría a la formación de un radical libre M. Si este radical no es susceptible de ser oxidado o reducido en la interfaz electrodo-solución entonces se podrá desencadenar la formación de algún producto de reacción por la vía de los radicales. En cambio, si se presenta una segunda etapa de oxidación o reducción del radical, entonces se podrá electrogenerar respectivamente el carbocatión M^+ o el carbanión M^- . Dependiendo del carácter nucleofílico o electrofílico de otros compuestos presentes en el medio de reacción, será posible favorecer la formación de productos de reacción derivados de una química catiónica o aniónica⁹.

El dispositivo experimental

Para el estudio de un sistema electroquímico se requiere principalmente de un potencióstato-galvanostato P-G, un generador de señales G, un sistema de registro R que puede ser una computadora, un graficador o un osciloscopio, una celda electroquímica C, un electrodo de referencia ER, un electrodo auxiliar EA y un electrodo de trabajo ET (figura 3)⁵. Este último electrodo actúa como el inductor de las reacciones electroquímicas de interés y por lo tanto es aquí donde se estudian los mecanismos.

Se puede señalar que si en el electrodo de trabajo se realiza una reducción o una oxidación, en el electrodo auxiliar se realizará respectivamente una oxidación o una reducción. Dado que el transporte de las especies electroactivas hacia los electrodos se realiza por difusión, en una escala de tiempo comprendida entre 1 y 10^{-4} s, lo

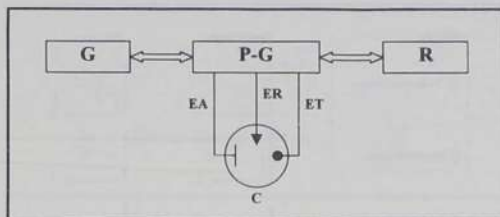


Figura 3. Dispositivo experimental para estudios electroquímicos.

que ocurra en el electrodo auxiliar no podrá interferir con lo que ocurra en el electrodo de trabajo.

En el modo potencióstático, el generador de señales produce una función de potencial dependiente del tiempo $E(t)$ que es controlada y aplicada entre el electrodo de trabajo y el electrodo de referencia. Como respuesta se tendrá una función de corriente dependiente del tiempo $I(t)$ o del potencial $I(E)$ que circulará en direcciones opuestas por los electrodos de trabajo y auxiliar. En el modo galvanostático, el generador de señales produce una función de corriente controlada $I(t)$ que es aplicada entre el electrodo de trabajo y el electrodo auxiliar. Como respuesta a esta señal se tendrá una función de potencial $E(t)$ o $E(I)$ que es medida entre el electrodo de trabajo y el electrodo de referencia. En ambos casos, las señales de respuesta son enviadas del potencióstato-galvanostato hacia el sistema de registro de datos para su posterior análisis e interpretación.

Métodos electroquímicos

Los mecanismos de reacción, activados mediante una transferencia electrónica, son actualmente estudiados mediante una gran variedad de métodos electroquímicos. Cada método se caracteriza por una forma definida de la función perturbadora del sistema: $E(t)$ en el modo potencióstático o $I(t)$ en el modo galvanostático¹⁰. Se cuenta con un poco más de treinta métodos diferentes; sin embargo, son aproximadamente ocho los más utilizados y más desarrollados tanto desde el punto de vista teórico como experimental. En el análisis de mecanismos de reacción, por lo general se prefiere trabajar en el modo potencióstático empleando técnicas como la voltametría cíclica, la coulombimetría y la cronoamperometría (figura 4). El uso de estos métodos con

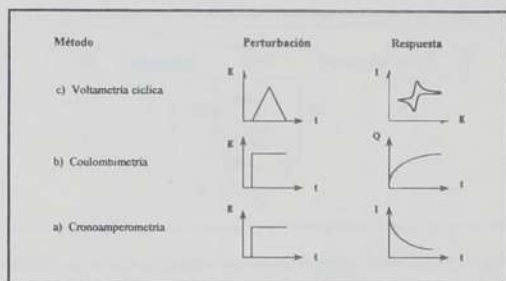


Figura 4. Métodos comúnmente usados para el estudio de reacciones de electrodo.

electrodos milimétricos (1-5 mm) y micrométricos (10-50 μm) permite explorar reacciones en una escala de tiempo comprendida entre las horas y los micro-segundos^{5,11,12}. De esta manera se puede tener acceso a la detección de especies estables e intermediarios de reacción con tiempos de vida media muy cortos.

En voltametría cíclica, la señal de respuesta $I(E)$ o voltamograma se caracteriza básicamente por la presencia de picos, los cuales constituyen la huella digital del mecanismo de reacción y se deben fundamentalmente a gradientes de concentración interfacial¹². En la mayoría de los casos esta técnica permite acceder rápidamente a los aspectos cualitativos del mecanismo. Por otra parte, el análisis de la amplitud y posición de los picos con respecto al tiempo del experimento y a la concentración de las especies que participan en el mecanismo de reacción, permite obtener información cuantitativa muy útil desde el punto de vista termodinámico y cinético⁶. La naturaleza de los mecanismos de reacción es directamente observada en experimentos de voltametría cíclica. La analogía existente entre los picos de un voltamograma y las señales de los espectros obtenidos con otros métodos de análisis químico han conducido a algunos autores a considerar a la voltametría cíclica como un tipo de espectroscopia, pero electroquímica¹².

Entre otras aplicaciones, la cronoamperometría puede ser utilizada para comparar las estequiometrías electrónicas (número de electrones intercambiados en un mecanismo global de reacción) de los diferentes picos que frecuentemente se presentan en un experimento de voltametría. Esta técnica permite también determinar las propiedades de transporte por difusión de las especies electroactivas^{5,6}.

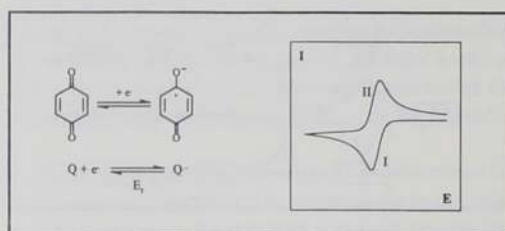


Figura 5. Reducción catódica de la benzoquinona de acuerdo a un mecanismo E_p .

La coulombimetría consiste en electrolizar completamente cierta cantidad de la especie electroactiva de interés (5 – 10 g). La relación entre la carga consumida y las moles electrolizadas permite obtener directamente una segunda estimación de la estequiometría electrónica del mecanismo global de reacción, la cual puede ser utilizada para inferir tanto la intervención de reacciones químicas muy lentas como las que se encuentran enca-denadas en ciclos catalíticos.

Mecanismos y voltametría cíclica

En electroquímica molecular existe una notación literal muy utilizada para representar las secuencias de reacción asociadas a un mecanismo dado⁵⁻⁷. Las reacciones electroquímicas son representadas mediante una E y las reacciones químicas acopladas mediante una C. En ambos casos, la reversibilidad o irreversibilidad de estas reacciones se indica con un subíndice "r" o "i", respectivamente. La reacción más simple es la electroquímica reversible E_r . Este tipo de reacción es común en una gran variedad de moléculas orgánicas e inorgánicas en disolventes apróticos¹². Un ejemplo típico es la reducción de la benzoquinona Q a su correspondiente anión radical Q•-, cuyo patrón voltamétrico se muestra en la figura 5¹³. El pico "I" representa la reacción de reducción de la quinona, mientras que el pico "II" representa la reacción de oxidación del anión radical. La semi-suma de los potenciales de pico "I" y "II" corresponde al potencial estándar de la reacción E° , el cual es un parámetro cada vez mas utilizado en la caracterización de un gran número de moléculas, principalmente inorgánicas.

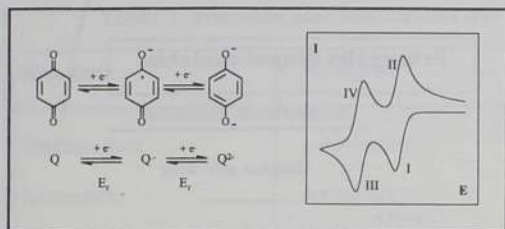


Figura 6. Reducción catódica de la benzoquinona de acuerdo a un mecanismo E-E₁.

La figura 6 muestra que cuando se explora el comportamiento electroquímico de la benzoquinona en una zona de potenciales reductores más amplia, se observa un segundo par de picos que corresponden a la reducción del anión radical Q^{•-} (pico III) y la oxidación del dianión Q^{2•-} (pico IV). En todos los casos, la naturaleza cuasi-simétrica de los picos observados indica que las especies electrogeneradas son estables o que éstas reaccionan muy lentamente en la solución electrolítica.

Cuando la reducción de la benzoquinona se realiza en medio ácido, el proceso se lleva a cabo a través de un mecanismo de intercambio de dos electrones y dos protones que siguen una secuencia del tipo E₁C₁E₂C₂. El mecanismo es entonces bielectrónico y conduce, con una eficiencia teórica del 100%, a la formación de hidroquinona (QH₂). En estas condiciones, el comportamiento voltamétrico es distinto al observado en medio aprótico (figura 7). El pico "V" representa la ocurrencia global de la secuencia E₁C₁E₂C₂ mientras que el pico "VI" representa la oxidación del dianión protonado QH^{•+}, el cual en la escala de tiempo del experimento no ha alcanzado a protonarse para formar la hidroquinona. En este caso y en otros no considerados aquí, el análisis de la variación de la amplitud y el potencial del pico "V" con respecto al tiempo del experimento permite determinar las constantes de protonación involucradas en el mecanismo de reacción¹⁴.

Los mecanismos ejemplificados muestran la existencia de una correspondencia con el tipo de patrón voltamétrico observado. Sin embargo, en algunos casos la forma de un voltamograma no define de manera directa el tipo de mecanismo, por lo que es necesario tratar de incidir químicamente sobre las posibles etapas de reacción. Por

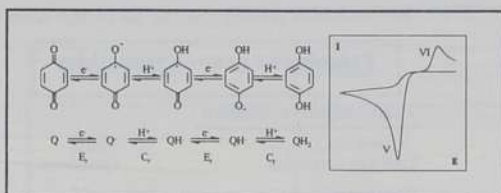


Figura 7. Reducción catódica de la benzoquinona de acuerdo a un mecanismo E₁C₁E₂C₂.

ejemplo, agregando a la solución problema captore de radicales o reactivos con propiedades nucleofílicas o electrofílicas. Bajo esta perspectiva siempre se espera una modificación parcial o total del comportamiento voltamétrico.

Cuando se llega a tener un amplio conocimiento de la secuencia de reacciones que podrían intervenir en un mecanismo de reacción, el cual debe ser consistente con los productos formados en experimentos de electrólisis preparativa o electrosíntesis, la simulación de los experimentos voltamétricos o cronoamperométricos puede ser utilizada como un método de validación mecanística¹². Esta simulación toma en consideración la resolución numérica de un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales que involucran las ecuaciones de la cinética química homogénea, las ecuaciones de difusión de las especies participantes, la ecuación fundamental de la cinética electroquímica y la ecuación que describe la forma de onda de la perturbación⁵.

Electrólisis preparativa

El estudio de un mecanismo de reducción u oxidación de alguna molécula en particular ha sido importante, ya que es posible planear las condiciones de obtención de un producto de interés mediante algún procedimiento de electrosíntesis o electrólisis preparativa^{3,8,9}. A diferencia de los estudios electroanalíticos tradicionalmente empleados, un experimento de electrólisis preparativa se lleva a cabo bajo un régimen de agitación constante y puede tener una duración de minutos a horas. Por lo tanto es de esperarse que los productos de reacción formados en el cátodo se mezclen con los del ánodo, de tal manera que los productos formados sobre un electrodo

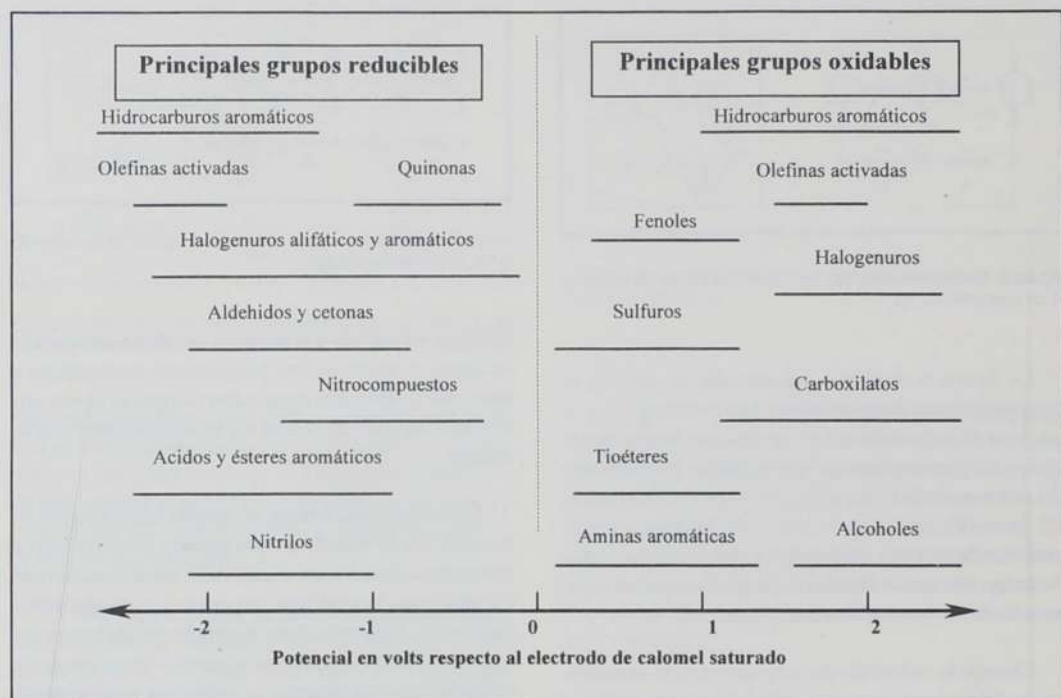


Figura 8. Dominio de óxido-reducción de los principales grupos orgánicos.

podrían ser fácilmente destruidos en el otro, provocando un abatimiento del rendimiento y la selectividad. Aunado a lo anterior, la separación y purificación podrían ser laboriosas y costosas. Con el fin de evitar el mezclado y la destrucción de los productos de reducción u oxidación, se utilizan celdas especiales en donde el cátodo y el ánodo se encuentran separados por una membrana porosa^{8,15}.

Con frecuencia se prefiere utilizar un potencial de electrólisis constante del mismo orden de magnitud del potencial de pico voltamétrico donde se ha observado la oxidación o reducción de la especie electroactiva de interés. Lo anterior significa que los experimentos voltamétricos siempre anteceden a los de electrólisis preparativa.

Mediante el uso de diversos métodos electroanalíticos y de electrólisis preparativa se ha llegado a establecer tanto el mecanismo como la naturaleza de los productos

de reacción. De esta manera, se ha llegado a establecer la existencia de un dominio de potencial de reducción u oxidación para diversas familias de compuestos orgánicos (figura 8)^{8,9,16}. Aunque no existe una regla general que indique la ocurrencia de mecanismos de reacción idénticos para compuestos pertenecientes a una misma familia, el conocimiento de estos dominios de electroactividad es de gran utilidad para evaluar la posibilidad de transformar electroquímicamente un compuesto en otro.

Numerosos estudios mecanísticos han permitido el desarrollo de procedimientos electrosintéticos que han alcanzado tanto la escala de planta piloto como la escala industrial o comercial (tabla 1)^{17,18}. En algunos casos estos métodos han resultado ser una alternativa viable a los procedimientos químicos tradicionalmente empleados y se sigue realizando investigación dirigida a encontrar nuevos métodos de síntesis y al mejoramiento de los ya existentes⁹.

Tabla 1. Procesos electroquímicos que han alcanzado la escala piloto e industrial.

Reactivo	Producto	Compañía	Estado
Nitrobenzeno	p-Aminofenol	Bayer	Comercial
Acilonitrilo	Adiponitrilo	Monsanto	Comercial
Glucosa	Gluconato de calcio	Sandoz	Comercial
Anhidrido ftálico	Acido dihidroftálico	BASF	Comercial
Sulfuro de dimetilo	Dimetilsulfóxido	Glanzstoff	Comercial
Acido tetracloropicolínico	Acido 3,6-dicloropicolínico	Dow Chemical	Piloto
Naftaleno	1,4-Dihidronaftaleno	Hoechst	Piloto
Formaldehído	Etilenglicol	Electrosynthesis Co.	Piloto
Benceno	1,4-Ciclohexadieno	Exxon	Piloto

Notas

1. R. A. Marcus, *J. Electroanal. Chem.* **438**, 251 (1997).
2. R. A. Marcus, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **32**, 1111 (1993).
3. C. Amatore, A. Jutand, L. Thouin, J-N. Verpeaux, *L'Actualité Chimique* **8-9**, 43 (1998).
4. J. O'M Bockris, A. K. N. Reddy, *Modern Electrochemistry* (Plenum Press, Nueva York, 1978).
5. A. J. Bard, L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods* (Wiley, Nueva York, 1980).
6. C. P. Andrieux, J-M. Savéant, *Electrochemical Reactions en Investigation of Rates and Mechanisms of Reaction*, Vol VI/4E, Part 2 (Wiley, Nueva York, 1986).
7. D. H. Evans, *Chem. Rev.* **90**, 739 (1990).
8. M. M. Baizer, H. Lund, *Organic Electrochemistry* (Marcel Dekker, Nueva York, 1973).
9. J. H. P. Utley, *Chem. Soc. Rev.* **26**, 157 (1997).
10. D. D. Macdonald, *Transient Techniques in Electrochemistry* (Plenum Press, Nueva York, 1977).
11. C. P. Andrieux, P. Hapiot, J-M. Savéant, *Chem. Rev.* **90**, 723 (1990).
12. J. Heinze, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **23**, 831 (1984).
13. C. Russel, W. Jaenicke, *J. Electroanal. Chem.* **199**, 139 (1986).
14. C. Amatore, J-M. Savéant, *J. Electroanal. Chem.* **85**, 27 (1977).
15. S. Wawzonek, *Synthesis* **285** (1971).
16. A. Tallec, *Electrochimie Organique* (Masson, París, 1985).
17. D. Degner, *Topics in Current Chemistry* **148**, 1 (1988).
18. R. Jansson, *Chem. Eng. News* **62**, 43 (1984).

VII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar



Campeche, Camp.
13 al 15 de noviembre del 2000

El programa técnico del congreso cubre los siguientes aspectos:

 **Recursos y medio ambiente**

 **Acuacultura**

 **Pesquerías**

 **Tecnología de alimentos**

 **Ordenamiento costero**



Informes:

Comité Organizador
Departamento de eventos especiales
Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar
Dr. Jiménez No. 47 Col. Doctores.
Delegación Cuauhtémoc
06720, México, D.F.
Tels: 5578 5721/3065/2633/1751/5747 Ext. 138
Directo y Fax: 5578 5617
E-mail: uecytm@sep.gob.mx
E-mail: opuecytm@sep.gob.mx



Vida y quiralidad

Nury Pérez Hernández

Enantiómeros

Muchos objetos encontrados en la naturaleza no son idénticos con su imagen en el espejo; por ejemplo, si colocamos nuestra mano izquierda frente a un espejo la imagen se ve igual a la mano derecha, pero si tratamos de superponerlas, (una encima de la otra) veremos que no es posible (figura 1). Cualquier objeto que no pueda ser superpuesto con su imagen especular es llamado quiral (del griego *cheir*, "mano"). Las manos, guantes y zapatos son quirales; en cambio, una taza o un cubo son aquirales (no quirales), ya que pueden superponerse con sus imágenes especulares.

Hay otros ejemplos, menos comunes de quiralidad en la naturaleza: la espiral de algunos caracoles como *Ligus virginenus* tiene siempre un sentido derecho y las especies con espiral en el sentido opuesto existen solamente como resultado de mutaciones (figura 2).

Estos mismos principios de quiralidad también se aplican a las moléculas: una molécula es quiral si no puede superponerse con su imagen en el espejo; además, una molécula quiral y su imagen constituyen diferentes compuestos, representan un par de isómeros llamados enantiómeros (figura 3).

Con excepción de la quiralidad, las propiedades físicas y químicas de un par de enantiómeros son las mismas; por ejemplo, ambos enantiómeros puros tienen el mismo punto de fusión y el mismo punto de ebullición. Para un

La autora realiza su programa de doctorado en el Departamento de Química del Cinvestav.

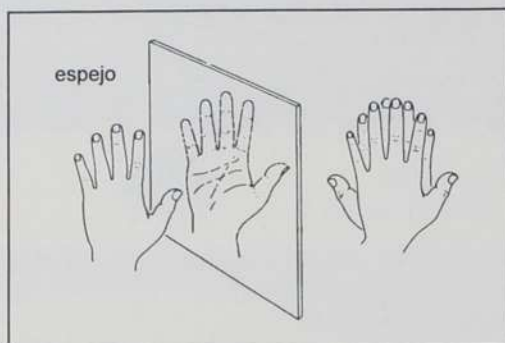


Figura 1. Las manos son objetos quirales.

par de enantiómeros, sólo son diferentes dos conjuntos de propiedades: interacciones con otras moléculas quirales y la rotación óptica, es decir la desviación del plano de la luz polarizada.

Se encuentran formas enantioméricas en todos los organismos: las moléculas orgánicas más importantes asociadas con la vida son quirales. El ARN y el ADN, que son biopolímeros que contienen y transfieren la información genética, están formados por unidades (nucleótidos) que contienen bases nitrogenadas y dos azúcares quirales, ribosa y deoxi-ribosa, de configuración D, respectivamente. De igual manera, las proteínas, que son esenciales para la estructura y transformaciones químicas en las células están formadas por aminoácidos quirales que tienen sólo la configuración L; los símbolos D y L se utilizan como descriptores utilizados en química para definir a dos enantiómeros: L *levo* (izquierdo) y D *dextro* (derecho). Podemos asumir entonces que al hablar de quiralidad es hablar de la vida. Pero, ¿cómo se originó esta quiralidad en la Tierra? ¿Por qué las biomoléculas, como el ADN y las proteínas contienen sólo unidades quirales? Desde 1848, año en el que Pasteur realizaba sus experimentos en la resolución de los enantiómeros del ácido tartárico, aislado de la fermentación de la uva, estas preguntas han sido el objeto de muchas investigaciones y aún no han encontrado respuesta. En el presente artículo se describirán brevemente las diversas teorías que tratan de explicar el origen de la quiralidad en la naturaleza, así como la evolución de la quiralidad en las moléculas, es decir, el mecanismo de lo que se ha denominado amplificación quiral.

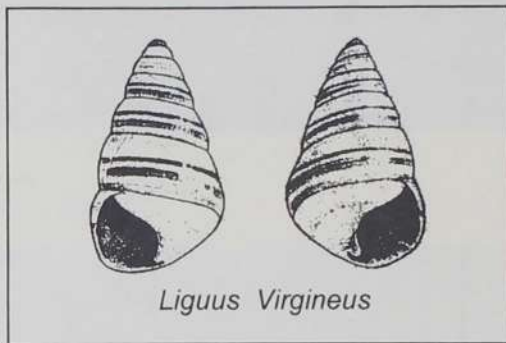


Figura 2. Los caracoles como *Liguus virgineus* son siempre de espiral derecha y las especies con espiral izquierda son producto de mutaciones.

Teorías bióticas

Las teorías bióticas¹ proponen que la vida se originó en un ambiente racémico (cantidades iguales de dos enantiómeros) y que la quiralidad molecular pudo haberse originado después por un rompimiento de la simetría inicial. Es decir, en un principio en la Tierra existieron dos tipos de organismos que se desarrollaban con dos diferentes bioquímicas (la bioquímica que conocemos y su imagen en el espejo), y por una selección o adaptación a los cambios en el medio, uno de ellos sobrevivió y dio origen a los seres vivos actuales. Los autores de esta teoría proponen que dicha selección pudo seguir el siguiente modelo: si se tienen 100 bolas de billar en una caja, 50 de color blanco y 50 de color rojo y se duplican (por magia), se mezclan, se retira la mitad y se vuelven a duplicar las 100 restantes, después de cierto número de repeticiones se observarán bolas de billar de un mismo color, por ejemplo blancas, lo que indica que éstas tienen una ligera ventaja sobre las rojas de quedarse en la caja; la misma ventaja que tendrían algunos de los organismos iniciales para permanecer en la Tierra.

Sin embargo, Goldanskii y colaboradores, en 1988, con el propósito de verificar la validez de la teoría biótica realizaron estudios acerca de la pureza quiral de nucleótidos y su capacidad de sintetizar ADN y demostraron que la síntesis de ácidos nucleicos no puede ocurrir en un medio racémico²; en consecuencia, un escenario biogénico racémico en la Tierra no pudo existir, ya que sin la quiralidad del medio los mecanismos de auto-

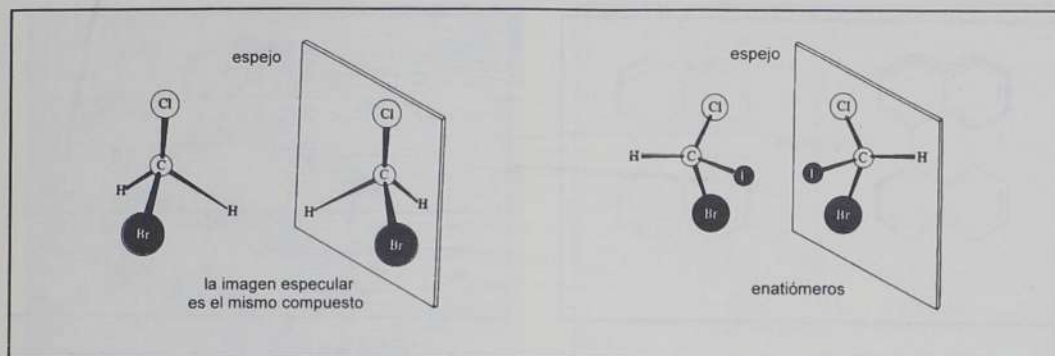


Figura 3. Molécula quiral y su imagen especular.

replicación de los organismos iniciales de la teoría biótica no pudieron funcionar y por lo tanto la vida no pudo haberse generado.

Teorías abióticas

Las teorías abióticas, por otro lado, asumen que las moléculas quirales preceden a la vida en la Tierra. Esta hipótesis comprende procesos de dos tipos, los aleatorios, en los cuales un enantiómero se genera al azar, y los procesos precisos que utilizan una predeterminada influencia quiral.

Procesos aleatorios. Se han estudiado diferentes procesos aleatorios y entre los más importantes están los que involucran la cristalización espontánea de enantiómeros. Ciertos compuestos orgánicos cristalizan como conglomerados, es decir, mezclas de igual número de cristales separados de cada enantiómero; durante la cristalización, cristales de uno u otro enantiómero pueden algunas veces formarse de manera preferente, quedando el otro enantiómero en solución. Uno de los ejemplos mas representativos de esta resolución espontánea por cristalización es la producción de binaftaleno enriquecido (**1**) por enfriamiento de una pequeña porción de la mezcla racémica, registrado por Pincock en 1975³ (figura 4).

Procesos determinados. Los mecanismos de procesos predeterminados, por su parte, involucran transformaciones químicas de moléculas proquirales a productos

quirales. La quiralidad de la influencia externa, la cual es normalmente una fuerza o fenómeno físico y determina el producto final, puede variar en su magnitud y sentido en diferentes lugares de la Tierra, o puede ser invariante en diferentes puntos e instantes. Existen ejemplos desde la época de Pasteur en los que diferentes laboratorios han tratado de obtener productos quirales por influencia externa de fuerzas magnéticas, centrífugas o gravitacionales, a las cuales se les considera de origen asimétrico, pero sin mucho éxito.

En 1994, sin embargo, un ejemplo sorprendente de reacción enantioselectiva en un campo magnético estático fue publicado por Zadel y Breitmaier⁴. Se encontraron excesos enantioméricos entre 11% y 98% en presencia de un campo magnético de 1.2 T para la reacción de aldehídos con reactivos de Grignard (RMgX, figura 5). ¡Un hecho sin precedentes en la literatura! En respuesta a este reporte, diversos grupos de investigación trataron de reproducir los resultados pero todos fallaron; en ese mismo año un artículo de Clery⁵ puso en evidencia que los excesos enantioméricos observados por el grupo de Breitmaier fueron el resultado de un enriquecimiento previo a la reacción y no del campo magnético como inductor de la quiralidad. Estos resultados negativos probablemente se deben a que estas fuerzas magnéticas, gravitacionales o centrífugas no son verdaderamente quirales o porque no hay una verdadera interacción entre la fuerza y el sustrato orgánico.

Por otro lado, la luz circularmente polarizada (LCP) es un agente físico que es realmente quiral y capaz de

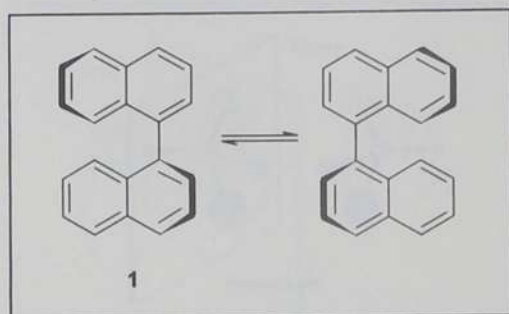


Figura 4. Equilibrio de los dos enantiómeros de binaftaleno.

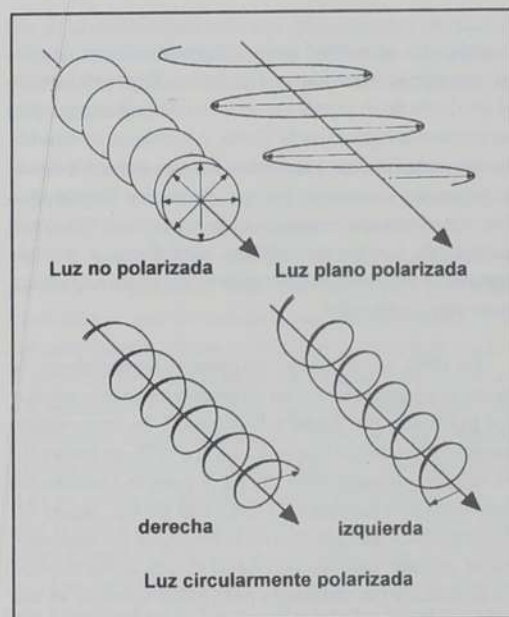


Figura 6. Polarización de la luz.

interaccionar con la materia orgánica. De manera simplificada, la luz natural puede ser considerada como una onda electromagnética que oscila en todos los planos perpendiculares a la dirección del movimiento; en cambio, en la luz plano polarizada la onda oscila en un solo plano, y en la luz circularmente polarizada la onda oscila en una espiral izquierda o derecha a lo largo de la dirección del movimiento (figura 6).

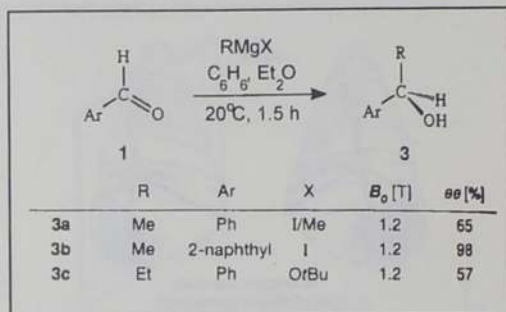


Figura 5. Reacción enantioselectiva en un campo magnético estático.

La posibilidad de que la LCP pueda inducir una quiralidad molecular para explicar el origen de la quiralidad en las primeras biomoléculas surge de que pequeñas porciones de la luz que llegan a la Tierra están circularmente polarizadas, probablemente como resultado de la dispersión de partículas en la atmósfera. Por lo tanto, la síntesis asimétrica absoluta, es decir, la formación de productos quirales a partir de productos aquirales sin la intervención de actividad óptica preexistente, puede llevarse a cabo con LCP y esto parece ser un mecanismo aceptable para generar quiralidad, o más propiamente dicho una homoquiralidad.

Aunque los excesos enantioméricos obtenidos son considerablemente bajos, un ejemplo importante de síntesis asimétrica, usando LCP, es la fotólisis asimétrica de (D, L-leucina) registrada por Bonner y colaboradores⁶; se obtiene leucina L con 2% de exceso enantiomérico después de la irradiación de una muestra racémica del aminoácido, con luz circularmente polarizada a la izquierda, de longitud de onda de 212.8 nm.

En 1957 Lee y Yang⁷ propusieron la violación de la paridad (existe una diferencia en la probabilidad de que ocurra un proceso con respecto a su imagen en el espejo). Este fenómeno fue descubierto en la fuerza nuclear débil, el cuarto tipo de fuerza, que existe en la naturaleza, además de la gravedad, el electromagnetismo y la fuerza nuclear fuerte. La fuerza nuclear débil está asociada con el decaimiento beta, que es un paso importante en la conversión de hidrógeno (deuterón) a helio en el Sol. Un neutrón decae en un protón dentro de un núcleo atómico y la reacción es acompañada de la emisión de un electrón

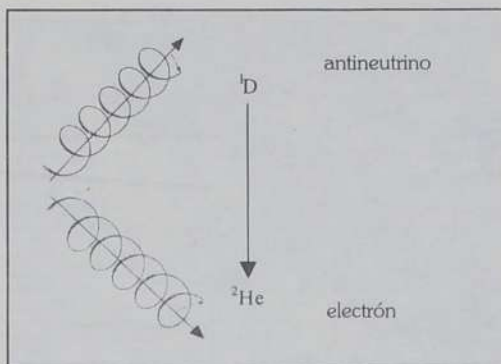
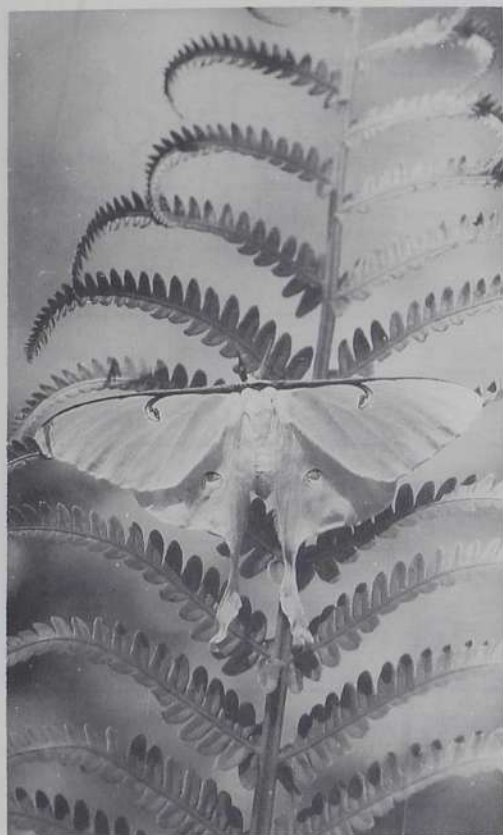


Figura 7. Decaimiento beta del deuterón.

bajo enriquecimiento, éste es uno de los pocos ejemplos confirmados de una síntesis asimétrica absoluta.

Origen de la quiralidad en el macrocosmos

Recientemente la propuesta de la deposición de materiales quirales de origen extraterrestre en la biósfera ha cobrado interés, ya que ésta pudo haber sido la fuente que lleva a la quiralidad en la evolución prebiótica. Dos hechos notables que apoyan esta propuesta son el aislamiento de L-alanina con un exceso enantiomérico significativo del meteorito Murchison encontrado en Australia en 1969 y el descubrimiento de fuentes intensas de LCP en el cosmos¹⁰. Esto sugiere que es posible la fotólisis asimétrica del material orgánico en nubes interestelares para producir ciertas cantidades de moléculas ópticamente activas, que mediante cometas, asteroides o meteoritos, pudieron llegar a la Tierra en sus inicios.

Amplificación de la quiralidad

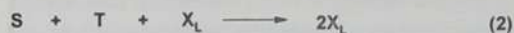
Con muy pocas excepciones, los rendimientos obtenidos en las síntesis asimétricas absolutas son extremadamente pequeños. Esto significa que los mecanismos de amplificación de la quiralidad son absolutamente esenciales para la obtención de productos ópticamente activos mediante esta vía.

(radiación beta) y una partícula llamada antineutrino. El espín del electrón siempre emerge con un movimiento en espiral a la izquierda y el del antineutrino con un movimiento en espiral a la derecha; el fenómeno inverso nunca se ha observado en la naturaleza (figura 7). Las partículas β emitidas de núcleos radiactivos tienen entonces una asimetría intrínseca, y se puede decir que la quiralidad existe a nivel de partículas elementales⁸. De esta manera las partículas subatómicas emitidas durante el decaimiento β pueden interactuar de una manera asimétrica con los enantiómeros de un sustrato racémico, dando como resultado un compuesto quiral.

En soporte a esta hipótesis, experimentos en los cuales la mezcla inicialmente racémica de DL-leucina es bombardeada con partículas quirales⁹ han mostrado excesos enantioméricos entre 0.7-1.4%. A pesar de este



Se han desarrollado varios modelos matemáticos para explicar la amplificación de pequeños excesos enantioméricos; quizás uno de los más importantes es el que se basa en el rompimiento espontáneo de la simetría propuesto por Frank¹¹; éste es básicamente un sistema de autocatálisis, en el que dos moléculas aquirales **S** y **T** conducen a dos productos enantioméricos **X_D** y **X_L**, reacción **1**, donde cada uno de éstos cataliza su propia formación y simultáneamente reduce la actividad del otro, resultando así una amplificación asimétrica, reacción **2** o reacción **3**.



Un ejemplo se encuentra en la reacción entre el alcohol 5-pirimidilo [(**S**)-**2**] con un pequeño exceso enantiomérico del 2%, y el diisopropilzinc (**3**) para generar el catalizador quiral (**2'**), el cual, al ser hidrolizado produce el alcohol de partida con un mayor exceso enantiomérico. El compuesto **2'** es efectivamente un catalizador quiral porque al producirse del pirimidin-5-carboxialdehído (**4**) y **3** autocataliza su formación produciéndose con un mayor exceso enantiomérico; es decir, sufre una amplificación quiral¹² (figura 8).

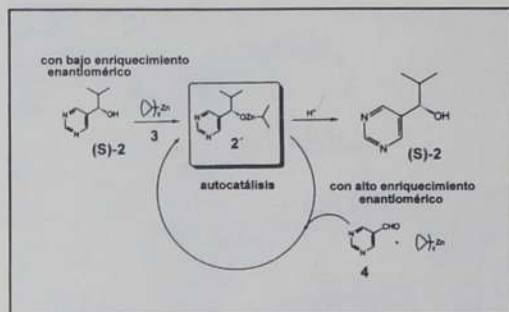


Figura 8. Autocatálisis asimétrica del 2-metil-1-(5-pirimidil)propanol.

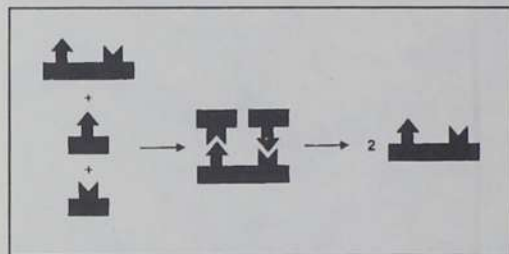


Figura 9. Modelo de auto-replicación.

La auto-replicación es otro modelo de amplificación de la quiralidad; ésta es sin duda un área fascinante en la investigación química actual. En un sistema autoreplicativo, una molécula funciona como un molde para los componentes, que son organizados de tal manera que pueden reaccionar para formar una copia de la molécula-molde original (figura 9).

Este es el modelo que se propone en la síntesis asimétrica de los ácidos nucleicos; es decir, el ADN es sintetizado en la células copiando una cadena de ADN quiral preexistente al que se le llama molde. En la síntesis se van adicionando nucleótidos ópticamente puros (reconocimiento molecular) y la elección de éstos se determina por los puentes de hidrógeno que forman las bases nitrogenadas con el ADN molde.

Siguiendo este esquema von Kiedrowski¹³ publicó el primer ejemplo de un sistema de auto-replicación no enzimático, que se basa en la formación del hexanucleótido **5** (figura 10). Con este modelo se explica la amplificación

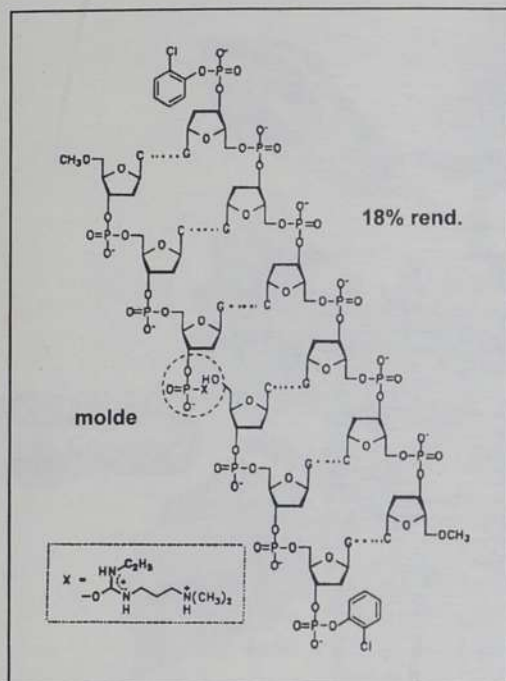


Figura 10. Auto-replicación no enzimática de una cadena de ADN.

quiral de los ácidos nucleicos presentes en los inicios de la vida en la Tierra, en ausencia de las enzimas.

Sin embargo, y a pesar de todo lo expuesto, las preguntas principales acerca del origen de la quiralidad y de la vida permanecen aún sin respuesta: cómo y porqué estamos aquí, son y seguirán siendo los más grandes misterios para los científicos.



Notas

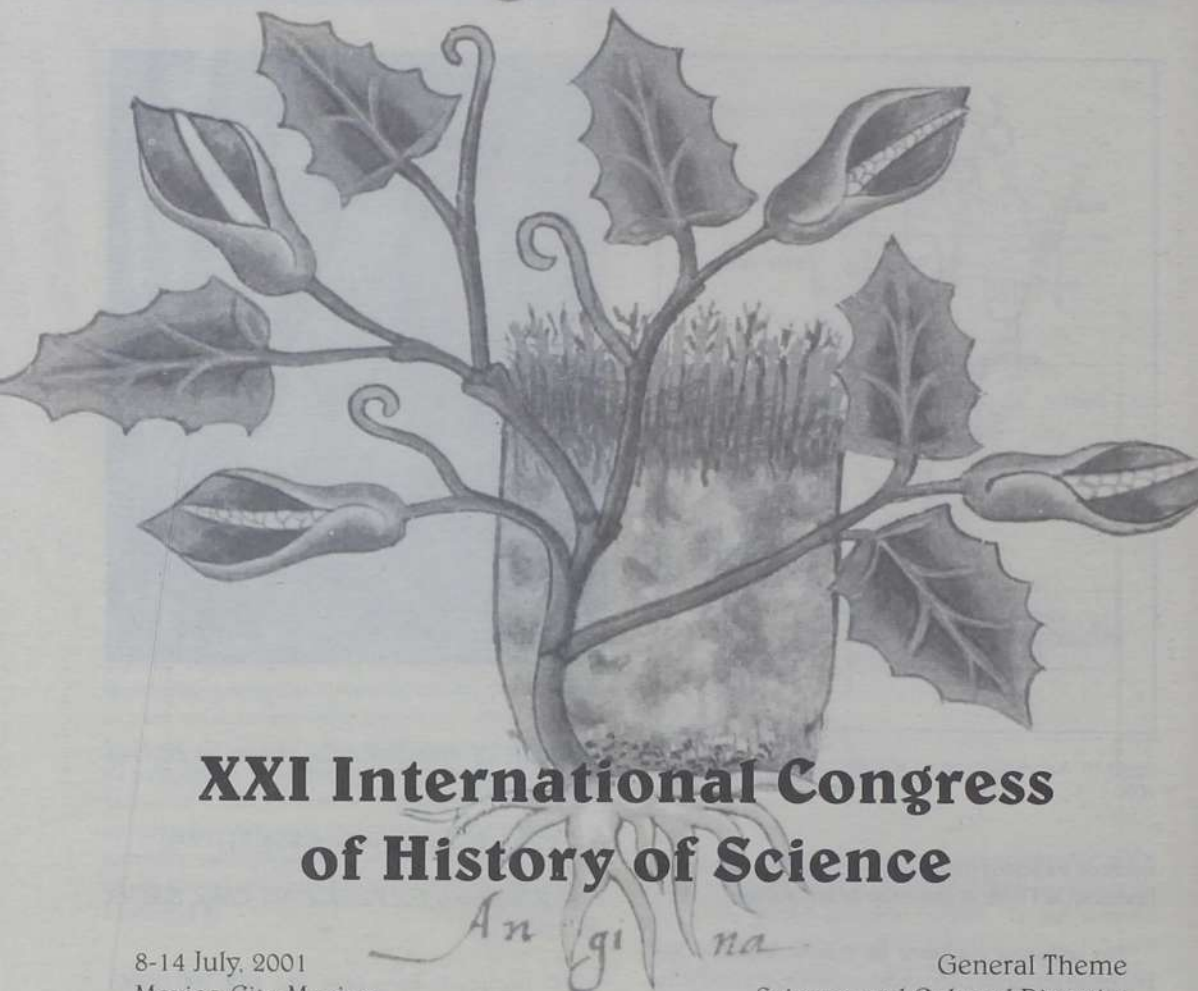
1. C. Smith, *Nature* **304**, 938 (1982).
2. V. I. Goldanskii y V. V. Kuzmin, *Z. Phys. Chemie* **269**, 216 (1988).
3. R. E. Pincock y R. Wilson, *J. Am. Chem. Soc.* **97**, 474 (1975).



4. G. Zadel y E. Breitmaier, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **33**, 454 (1994).
5. D. Clery y D. Bradley, *Science* **256**, 21 (1994).
6. W. A. Bonner y J. J. Flores, *J. Am. Chem. Soc.* **99**, 3622 (1977).
7. T. D. Lee y C. N. Yang, *Phys. Rev.* **102**, 290 (1956).
8. M. A. Bouchiat y L. Pottier, *Sci. Am.* **250**, 76 (1984); J. L. Lucio, *Avance y Perspectiva* **11**, 25 (1992).
9. W. A. Bonner, M. Dort y M. Yearin, *Nature* **258**, 419 (1975).
10. J. Podlech, *Angew. Chem. Int. Ed.* **38**, 477, (1999).
11. F. C. Frank, *Biochem. Biophys. Acta* **11**, 459 (1953).
12. K. Soai y T. Shibata, *Nature* **378**, 767 (1995).
13. G. Von Kiedrowski, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **25**, 932 (1986).

Huacalxochilli.

Tepetoton Tcamexthi.



XXI International Congress of History of Science

8-14 July, 2001
Mexico City Mexico

General Theme
Science and Cultural Diversity

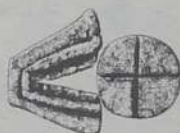


Figure of an eclipse,
circa 500 a.C.
Xochicalco, Mexico

International Union of History and Philosophy of Science
Division of History of Science

Further Information:
XXI International Congress of History of Science
Avenida Dr. Vértiz 724,
03020 México City Mexico

P.O. Box 21-873,
04000 Mexico City
MEXICO

Fax: (525) 519 98 10
e-mail: xxichs@servidor.unam.mx
Congress Web site: www.smhct.org

Tarjetas inteligentes y su aplicación en salud

**Luis Ernesto Dávalos Jiménez,
Rubén Vázquez Medina
y José Velázquez López**

Tecnología económica

A principios de 1976, la Agencia General de Telecomunicaciones de Francia buscó una nueva forma de comunicación con nuevos productos como correo electrónico, pago de televisión directa al hogar y banco en su casa. Esto fue posible gracias a la interacción directa entre la computación y las telecomunicaciones. Estos proyectos altamente ambiciosos dieron paso a la creación de sistemas automatizados, máquinas de cajeros automáticos, terminales personales en casa, etc. Esta fue la era de los patentadores: en EUA Ellingboe (1970), diseñador del pago electrónico en una tarjeta de crédito con contactos; Halpern (1972) con su pluma electrónica de seguridad para pagos, y en Japón Arimura (1970) con un método de autenticación dinámica para un dispositivo de identificación.

Gracias a estos adelantos, compañías como la CII-Honeywell-Bull¹ reunieron grupos técnicos versátiles para concretar y dar forma a la tarjeta inteligente (TI) que fue la conjunción de tres técnicas diferentes: microelectrónica, procesamiento de datos y criptografía. Una de las primeras opciones estuvo asociada a la tecnología del semiconductor, principalmente para la memoria no volátil. Se seleccionó la tecnología CMOS sobre la del transistor bipolar debido a las siguientes razones:

- Mayor operabilidad; sus características de operación no dependen críticamente de factores intrínsecos ni de la temperatura.

Los autores son miembros de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME-IPN en Culhuacán. Dirección electrónica: olem@calmecac.esimecu.ipn.mx

- Mejor interfaz con el *hardware*; se aprovecha su impedancia infinita de entrada.

- Menor costo.

En los desarrollos de las TI las necesidades básicas de seguridad se consideraron una prioridad debido a que la aplicación principal se enfocó hacia los sistemas de pago. Otro problema básico fue definir las funciones y la arquitectura del CI (circuito integrado) de la TI; para ello se buscó responder a la siguiente pregunta: ¿La tarjeta inteligente deberá estar basada en una memoria simple o en un circuito más sofisticado? El requerimiento de la seguridad para aplicaciones bancarias, de pago de televisión directa al hogar y cuidado de la salud, dio respuesta a la pregunta. Se necesitaba entonces una tarjeta capaz de efectuar algoritmos criptográficos DES (*Digital Encryption Standard*) o triple DES, que fuera segura, confiable, costeable y que permitiera la estandarización. Es decir, una tarjeta basada en un microprocesador. En 1978, Michael Ugon, perteneciente a la Unidad de Desarrollo e Investigación de la compañía CII-Honeywell Bull, patentó el *Self Programmable One Chip Microcomputer (SPOM)*, una arquitectura para un microcomputador capaz de manejar con seguridad múltiples aplicaciones y que usa un programa almacenado en su memoria no volátil. En paralelo al desarrollo del SPOM, se definieron los lugares y asignaciones de los contactos eléctricos en la TI. Se minimizó el número de contactos y se adoptó una interfaz serial para una comunicación *Half-Duplex* (bidireccional alternada).

La primera TI operó en Francia el 21 de marzo de 1979, después de una intensa cooperación entre CII-Honeywell-Bull y Motorola. Esta TI contenía dos CI: una memoria EPROM 2716 y un microprocesador de 8 bits 3870. Este dual-CI proporcionó una herramienta práctica y flexible para convencer a los potenciales mercados (bancos) de usar esta tecnología emergente, y también jugó un papel prominente en el desarrollo de aplicaciones y sistemas con TI.

Con el fin de probar la viabilidad técnica y económica de la tecnología de TI, entre 1982 y 1984 los bancos franceses realizaron tres experimentos en tres diferentes ciudades: Blois, Lyon y Caen, el llamado experimento "IPSO" con 125,000 tarjetas y 750 terminales. Mientras tanto, en 1983 apareció Telecarte, una tarjeta de me-

moria de pago por adelantado para teléfono, siendo el primer fabricante Schlumberger. Desde entonces se han logrado importantes progresos.

Los experimentos anteriores tuvieron éxito pues se probó que la tecnología de TI era funcional y económica, además de que la población mostró aceptación, agrado y disposición para usarlas. Con el cambio a la tecnología CMOS y el incremento en la densidad de integración se mejoraron los tamaños de memoria, los consumos de energía, la seguridad y el costo. Estos avances tecnológicos influyeron en el desarrollo de las TI. En el futuro será posible tener una PC dentro de una TI, así como las eficiencias criptográficas de los coprocesadores. Las organizaciones nacionales e internacionales de estándares han hecho un gran esfuerzo para producir estándares universales. Recientemente Europay, Master Card y Visa acordaron un estándar para tarjetas de crédito y débito denominado EMV (*Europay Mastercard Visa*)². Una TI tiene el tamaño de una tarjeta del crédito convencional y tiene un CI en su interior. El CI guarda datos y programas que se protegen por mecanismos de seguridad³. Existen dos mecanismos de seguridad usados en TI: (1) PIN (*Personal Identification Number*) y (2) las funciones criptográficas.

En el primer mecanismo, la tarjeta se introduce al lector y se pide al usuario digitar su PIN desde un teclado. ISO (*International Standards Organization*) 9564-1 recomienda que el PIN conste de 4 a 12 caracteres alfanuméricos para disminuir la posibilidad de que sea descubierto por error. El sistema no leerá los datos contenidos en la tarjeta hasta que no se haya introducido el PIN correcto. El segundo mecanismo de seguridad radica en las funciones criptográficas. Los datos que se ingresan a la tarjeta se procesan por algoritmos criptográficos antes de guardarse en su memoria. Estos algoritmos se ejecutan en un microprocesador en la TI y se obtiene una mayor confidencialidad de los datos almacenados. Por la forma en que interactúan con el sistema lector, las TI se pueden clasificar en dos grupos: (a) TIC: Tarjeta Inteligente de Contacto, (b) TISC: Tarjetas Inteligentes Sin Contacto.

Tarjeta inteligente de contacto

Este tipo de TI cuenta con terminales que hacen contacto físico con aquellas que se encuentran en el sistema lec-

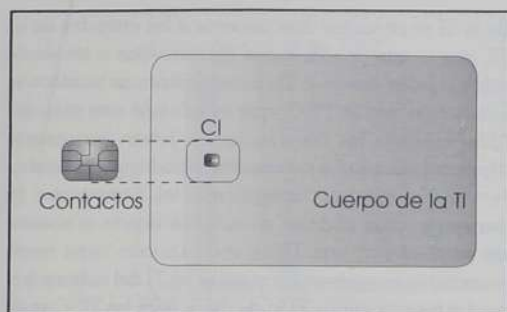


Figura 1. TI de contacto.

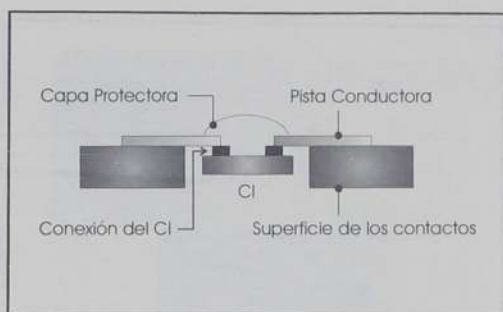


Figura 2. Montaje del CI con tecnología TAB.

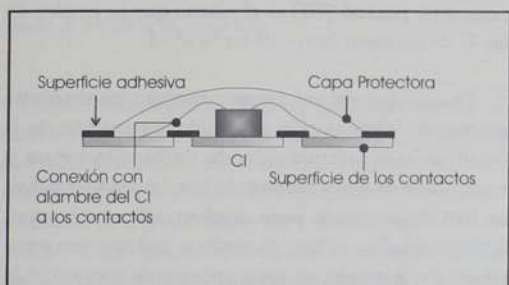


Figura 3. Montaje del CI con tecnología WB.

tor. Ejemplo claro de este tipo son las tarjetas telefónicas que hoy en día conocemos⁴. Cuando una TI se inserta en un sistema lector hace contacto y transfiere datos del o hacia el CI (figura 1). El sistema lector se encarga además de suministrar la alimentación necesaria para que la TI opere.

Existen dos técnicas para montar el CI en los contactos; la técnica TAB (*Tape Automated Bonding*) y la técnica WB (*Wire Bond*). En la primera los contactos se sueldan directamente a las terminales del CI. Esto ofrece una mayor resistencia mecánica, de forma que sólo se necesita aplicar una capa protectora aislante al CI (figura 2). La técnica WB une las terminales del CI con los contactos mediante alambres (figura 3). Esto ofrece una menor resistencia mecánica, pero a su vez un menor costo, puesto que su elaboración es más sencilla y no requiere de tanta especialización. Las compañías fabricantes de CI utilizan este método para manufacturar sus diseños (por ejemplo la conexión de un microprocesador con sus pines).

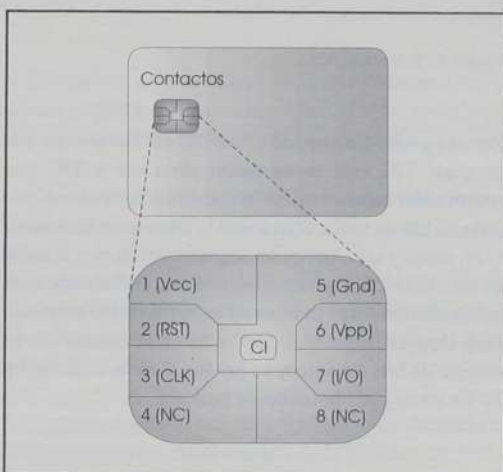


Figura 4. Posición de pines en TI por ISO.

A partir de 1983, ISO se ha dado a la tarea de formular los estándares para las TIC. Para las tarjetas TIC, ISO elaboró el estándar 7816⁵, el cual se encuentra dividido en tres partes fundamentales:

(1) ISO 7816-1: define las características físicas de la tarjeta.

(2) ISO 7816-2: define la posición de cada uno de los pines de la tarjeta (figura 4).

(3) ISO 7816-3: define las características eléctricas y funcionales, así como los protocolos de transmisión.

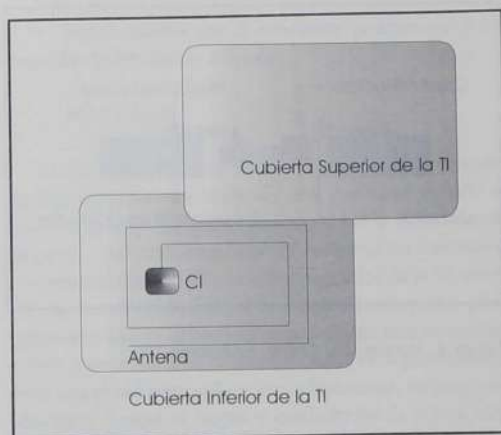


Figura 5. TI sin contacto.

Por el tipo de transmisión, las TIC se dividen en dos grupos: TIC con transmisión síncrona y TIC con transmisión asíncrona. En la transmisión síncrona una serie de bits se transmiten sobre la línea de la terminal I/O en modo *Half Duplex* en sincronización con la señal de reloj (CLK). En la transmisión asíncrona los caracteres se transmiten sobre la línea de la terminal I/O en modo *Half Duplex* asíncrono. Cada carácter consta de un campo de bits de datos y se agrega a cada carácter un bit de inicio y al final el bit de paridad.

Tarjeta inteligente sin contacto

Este tipo de TI se pasa cerca de un punto de acceso inalámbrico para transmitir datos. Al igual que las TIC, las TISC se parecen a las tarjetas de crédito plásticas comunes; por ejemplo, la TISC con transmisión vía radiofrecuencia sólo contiene un CI y una antena en su interior (figura 5). Estos componentes permiten a la tarjeta comunicarse a una unidad receptora sin un contacto físico y sin importar su orientación respecto al sistema lector⁴.

Los malos contactos de una TIC son la causa más frecuente de fallas como resultado de desgaste o suciedad. Cuando se usan en instrumentos móviles, las vibraciones pueden hacer que los contactos de la tarjeta pierdan la conexión con el sistema lector. Los contactos

de la TI se conectan directamente a las entradas de su CI, por lo que una descarga electrostática a través de éstos pueden dañar el CI. Estos problemas técnicos se solucionan con la TISC, que es además una solución ideal cuando las transacciones deben procesarse rápidamente, ya que no necesita introducirse al sistema lector. Por ejemplo, imaginemos el tiempo que se requeriría para abordar un autobús donde el sistema de pago es con una TIC y cada usuario tiene necesariamente que introducir y retirar su TI del sistema lector. La tasa de transmisión de datos para las TISC es de aproximadamente 100Kbits/s. Cuentan además con un código CRC para detectar errores en la transmisión de 16 bits, así como con algoritmos de encriptación DES⁶. El polinomio para el CRC es el mismo que se emplea en las TI de contacto $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$.

En este tipo de tarjetas se presentan los siguientes problemas: alimentación al circuito, transmisión de la señal de reloj, transmisión de datos a la tarjeta y transmisión de datos desde la tarjeta. Varias alternativas se han desarrollado para resolver estos problemas, algunas de ellas se han ajustado a aplicaciones especiales. Por ejemplo, es muy importante conocer si la distancia de operación entre el lector y la tarjeta es de unos cuantos milímetros o alrededor de un metro para elegir alguna técnica de transmisión.

Las técnicas usadas para la transmisión de datos en las TISC son de acoplamiento capacitivo y acoplamiento inductivo. Estas técnicas de transmisión están consideradas en el estándar ISO/IEC 10536. En el acoplamiento capacitivo se incorporan dentro de la TI y el lector de placas conductoras, cuando la tarjeta se aproxima al lector se aproximan también los conjuntos de placas y entonces se forman los capacitores que permiten la transmisión de energía. Sin embargo, lo anterior es suficiente únicamente para la transmisión de datos y no de los voltajes de alimentación de la TI⁶.

La transmisión inductiva es actualmente el método más socorrido, puesto que con ella se pueden transmitir datos y los voltajes de alimentación. En aplicaciones, como en control de acceso, sólo se lee la información de la tarjeta, permite soluciones técnicas simples y el bajo consumo de potencia de la tarjeta de unos cuantos mW hace que el alcance de estas tarjetas se extienda a un metro o más. En aplicaciones donde se requiere leer

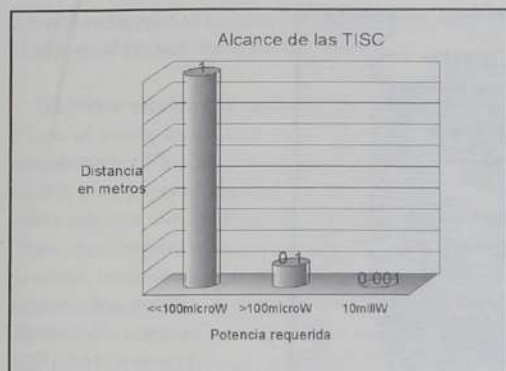


Figura 6. Alcance vs. potencia.

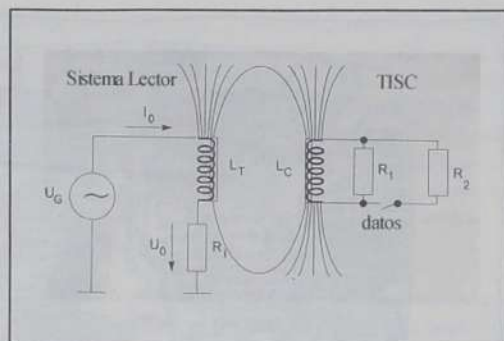


Figura 7. Principio de transmisión en las TISC.

y escribir información (TISC de lectura/escritura), el consumo de potencia de la tarjeta aumenta por encima de los 100mW, por lo que el alcance disminuye a 10 cm aproximadamente. Las TISC que tienen un microprocesador integrado tienen un consumo alrededor de 10 mW. Como resultado, la distancia con respecto a la terminal disminuye a unos cuantos milímetros. La figura 6 muestra que las TI con mayor número de funciones requieren mayor potencia para operar, por lo que el alcance entre éstas y el sistema lector se ve disminuido considerablemente.

Las tarjetas acopladas inductivamente operan con el principio mostrado en la figura 7. En este caso se usa una modulación en amplitud donde un cambio en la resistencia de la tarjeta es controlado por la señal de los datos. Cuando el resistor R_2 es conectado al circuito por la señal de datos, la corriente que pasa a través del acoplamiento inductivo aumenta y disminuye el potencial en R_1 (U_0). Este incremento en potencial puede ser detectado en el sistema lector y ser interpretado como un dato.

Debido a los diferentes métodos usados por los fabricantes, el proceso de estandarización iniciado por ISO/IEC en 1988 ha sido complicado ya que una TISC también puede contener otros elementos funcionales como cintas magnéticas y contactos de un CI. Esto permite la implantación de tecnología sin contacto simultáneamente con otros sistemas.

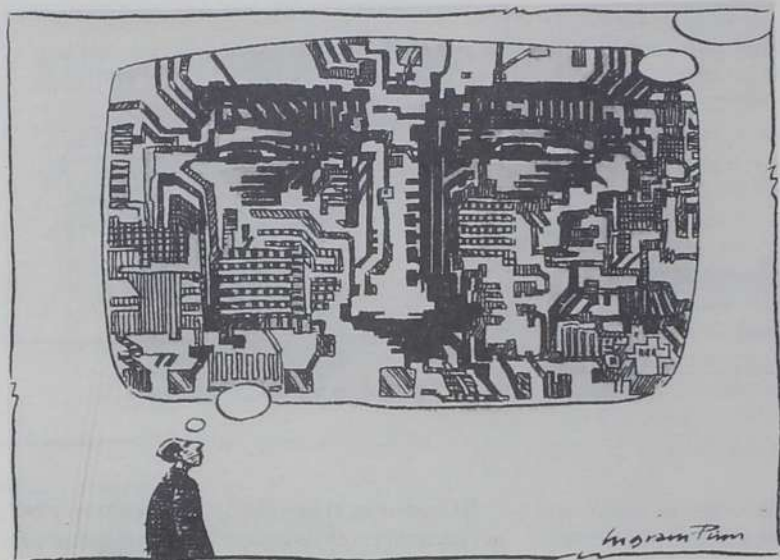
ISO define en el estándar 10536, creado en 1995⁷, las características de las tarjetas TISC, dividiéndolo para mayores especificaciones en cuatro apartados:

- (1) Estándar 10536-1: define las características físicas de la tarjeta.
- (2) Estándar 10536-2: define la dimensión y localización de los elementos que permitirán alimentar y transferir datos desde/hacia el sistema lector al CI de la tarjeta.
- (3) Estándar 10536-3: define las señales eléctricas y los procedimientos de operación de la tarjeta.
- (4) Estándar 10536-4: comprende los protocolos de comunicación entre el sistema lector y la TI. Especifica una comunicación *Full Duplex* asíncrona.

Actualmente se han formado nuevos comités de ISO con la finalidad de desarrollar los estándares anteriores. Dichos desarrollos se conforman en el estándar ISO 14443⁸.

Áreas de aplicación

El empleo de tarjetas inteligentes abarca distintos campos: educación, sistema bancario, tarjetas de crédito y de débito, monederos electrónicos, entretenimiento (televisión directa al hogar), telecomunicaciones y salud.



Algunas universidades y escuelas en los EUA, México, Hungría y otros países proporcionan TI a trabajadores, maestros y estudiantes, y se emplean como medio de identificación o como sistema de pago en fotocopiadoras y tiendas. El fraude producido en contra de los sistemas de pago con tarjetas de cinta magnética ha ocasionado pérdidas graves en EUA, Europa e incluso aquí en México. La industria bancaria ha pensado en utilizar sistemas basados en TI debido a que incluyen algoritmos de encriptación⁹.

Las principales aplicaciones de TI en bancos son como tarjetas de crédito y de débito y como monederos electrónicos. La función de una TI de crédito o de débito es la misma que en una de cinta magnética y se diferencian en su forma de operación. Las TI empleadas como monederos electrónicos reemplazan al dinero en efectivo y se encuentran como proyecto piloto en varios lugares del mundo¹⁰. En el área de telecomunicaciones las TI se emplean como monederos electrónicos para usar los teléfonos públicos, como es el caso en México. En Europa se tiene implantado desde julio de 1991 el sistema GSM (*Global System for Mobile Communications*), el cual es un sistema de telefonía celular donde la TI se ocupa como módulo de identificación y de encriptación de llamadas¹¹.

En la industria del transporte existen varias aplicaciones para TI como sistema de pago en las estaciones de autobuses y de aviones, en estacionamientos, en casetas de cobro en las carreteras y otras¹². En 1996, 8700 autobuses del transporte público de Seúl fueron equipados con terminales para TISC y fueron distribuidas más de 1.5 millones de TISC.

La TI de salud en algunos países como EUA contiene información médica y personal del paciente. Su objetivo es ofrecer la información necesaria a los médicos en forma rápida y eficaz, de modo que pueda sugerir tratamientos¹³. La información que contienen es, por ejemplo, tipo de sangre, historial médico, tratamientos anteriores, alergias, y otros datos personales. Por la importancia que consideramos tiene la aplicación de estas tarjetas en el sector salud, abundaremos en este tema.

TI en el sector salud

La necesidad de usar un sistema de información que incluyera las TI surgió debido a los siguientes aspectos: mejorar la administración de archivos médicos, fortalecer la seguridad del cuidado de salud, buscar procedimientos

simplificados para el registro de pacientes y reducir los costos en el cuidado de la salud.

El primer registro que se tiene de la implantación de TI en el sector salud está dado en Francia, con su denominada CPS (*Care Professional's Card*). Esta TI se diseñó para responder a los requisitos de seguridad de datos médicos, administrativos y financieros existentes. Tiene como objetivo primordial identificar al médico que la posee, verificar su capacidad de acceso al sistema de información médica, y permitirle firmar documentos electrónicos como actas terapéuticas y tratamientos. El GIP (*Public Interest Group*), creado en Francia en el año de 1993, es el responsable de emitir, administrar y promover esta TI. Los principales miembros de este grupo lo conforman el Estado francés y el CNH (*Compulsory National Health*) en Francia. El GIP firmó un contrato con Schlumberger para la creación del *software* y selección de los sitios de prueba en 1994. En 1996 Schlumberger desarrolló los componentes del sistema de CPS, informando y entrenando a todos los actores involucrados en los sitios de la prueba: los hospitales de Mâcon y Estrasburgo. El desarrollo se concertó con el GIE Sesam Vitale, que es el responsable de elaborar los datos de la tarjeta y el Sistema de Información de Hospitales (SIH), cuyo objetivo es facilitar a los médicos el acceso a los registros de los pacientes¹⁴. El CPS es utilizado por doctores, cirujanos, parteros, farmacéuticos, psicoterapeutas, y a otros auxiliares médicos regulados por el código francés de salud pública: enfermeras, ortopedistas, terapeutas, psicoanalistas y médicos radiólogos.

Implantaciones como la mencionada dieron pie a nuevas aplicaciones de TI en el sector salud. Ahora las tarjetas no tan sólo estarían destinadas a servir como medio de identificación y acceso a información en la comunidad médica, sino también para almacenar información útil al cuidado y diagnóstico de un paciente. En las TI de salud es importante mantener la confiabilidad e integridad de los datos clínicos; para resolverlo, la TI tiene un microprocesador que encripta los datos que se almacenan en la memoria de la tarjeta.

Debido a la necesidad de reducir costos y hacer más eficiente la atención médica, países como Canadá, EU, Argentina, Chile, y algunos países europeos como Francia, Austria, Alemania, Italia, España y Portugal, han iniciado

programas piloto con TI de salud. Entre los principales programas se encuentra el proyecto Cardlink¹⁵, donde 10 regiones de 7 países (Finlandia, Francia, Creta, Irlanda, Italia, Países Bajos y Suecia) introdujeron una tarjeta de salud común para casos de emergencia, y el proyecto Diabcard iniciado en junio de 1996 y terminado en mayo de 1998, con la colaboración de 5 países: Alemania, Italia, Escocia, Austria y Francia, introdujo tarjetas de salud enfocadas a personas diabéticas¹⁶.

En Alemania las TI de salud han sido distribuidas a gran escala, cubren alrededor del 90% de la población (80 millones de personas) y permiten el acceso a los servicios de salud y administración del hospital. En España, por ejemplo, una tarjeta de salud promovida por el Ministerio de Salud y el Seguro Social está en una fase avanzada de difusión en muchas regiones y alcanzará una distribución total de 40 millones de tarjetas para el año 2001. Francia actualmente tiene por decreto de ley el uso de la tarjeta CPS y una tarjeta electrónica personal de salud para el ciudadano comunitario.

Sin duda la TI de salud es un desarrollo muy benéfico para los pacientes y también para la comunidad médica. El doctor que cuenta con un sistema lector no sólo tiene a la mano todo el historial del paciente con todas las pruebas que le han sido realizadas, sino que también puede aprovechar los diagnósticos de otros colegas para orientar el suyo. La autorización y/o captura electrónica de prácticas (actualizaciones del historial clínico) se realiza en consultorios, sanatorios, clínicas, centros de diagnóstico, farmacias y en todos aquellos sitios en que la institución administradora de prestaciones médicas tenga cobertura. Una TI de salud es una herramienta poderosa de salud, que elimina posibilidades de error y reduce costos (papelería, personal para administrar la información, etc.). Es, además, una herramienta "salva-vidas" en casos de emergencia donde los segundos son cuestión de vida o muerte, pues ayuda a tomar decisiones sobre tratamientos en tiempos reducidos.

Conclusiones

Las TI pueden programarse para efectuar no sólo una sino varias tareas. Contienen una memoria que almacena una mayor cantidad de datos que la tarjeta de cinta magnética. Algunas TI cuentan con un microprocesador que efectúa algoritmos criptográficos para salvaguardar la información. Su característica de ser reprogramables

(si a propósito así se diseña) hace que las TI puedan emplearse en sectores tales como el de salud, donde el historial médico de una persona contenido en la tarjeta, tiene que ser actualizado conforme dicha persona presenta nuevos cuadros clínicos. La información que guarda la TI de salud elimina la repetición de pruebas médicas innecesarias y el llenado de formularios; mejora también el cuidado médico que se proporciona en un caso de emergencia; además, su tamaño hace de ellas un utensilio práctico y cómodo de portar.



Notas

1. Michael Ugon, Research & Development Unit of Bull CP8,
<http://www.cardshow.com/guide/card/odyssey.html>
2. Visa International,
<http://www.visa.com/nt/chip/emvdata.html>
3. J. Orlin Grabbe,
<http://www.zolatimes.com/v3.12/smartcards.htm>
4. Gemplus Company,
<http://www.gemplus.com>
5. Scia Smartcard Industry Association,
<http://scia.org/aboutsc/iso7816.html>
6. W. Rankl & W. Effing, *Smart Card Handbook*, Edit. John Wiley & Sons, p p. 12-40.
7. Micro Sziencie & Athena Five,
<http://www.microsziencie.demon.co.uk/hobbies.htm>
8. S. B. Guthery y T. M Jurgensen, *Smart Cards Developer's Kit* (Edit. MTP, 1997) pp. 56-67.
9. IBM,
<http://www.research.ibm.com/topics/popups/smart/commerce/html/show.html>
10. Integrated Card Technology,
<http://www.ict.co.za/bankpay.htm>
11. SIF (Solutions Informatiques Françaises),
<http://www.sif.com.ar/ti.htm>
12. Nick Sorrels,
<http://www.geocities.com/SiliconValley/Heights/6955/smartcds.html>
13. <http://www.cards.com/card/cps.html>
14. IMS Group, Inc.,
<http://www.imsgroup.com/intercare/cardlink>
15. European Commision DG XIII C/E,
<http://www2.echo.lu/telematics/health/diabcard3.html>

Telecomunicaciones y electrónica

Jorge Suárez Díaz

Ante todo, quiero agradecerle, muy cumplidamente, a usted señor secretario Carlos Ruiz Sacristán, que, con la alta representación personal del Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, me haya conferido la Presea y Diploma correspondientes al Premio Nacional de Ingeniería de Comunicaciones y Electrónica 1998. A la vez, quiero manifestar mi gratitud, por una parte al M. en C. Jorge Maciel Suárez, presidente del Colegio de Ingenieros en Comunicaciones y Electrónica (CICE), por todas sus atenciones para con mi persona y, por otra, al jurado calificador que me honró al otorgarme este valioso premio nacional. Asimismo, expreso mi reconocimiento y gratitud a mi señora esposa y a mis hijos, que me han apoyado a lo largo de mi vida y han sido para mí un enorme y continuo estímulo.

A lo largo de mi vida profesional me han honrado con otros premios importantes; sin embargo, éste, con el que me distinguen hoy, tiene una significación muy especial para mí, pues es el máximo galardón que otorga el Colegio de mi profesión, esto es, el de Ingenieros de Comunicaciones y Electrónica, pues, precisamente, he tenido la oportunidad de desarrollar mi vida profesional en estos campos tan importantes.

Hoy en día se reconoce y se acepta, sin reservas, que las telecomunicaciones y la electrónica son dos de los factores más importantes para el desarrollo y progreso de las naciones. Juegan un papel fundamental en su desarrollo económico, científico, tecnológico, social y cultural. Las telecomunicaciones son, de hecho, la infraestructura de la era de la información y del conocimiento.

El Ing. Jorge Suárez Díaz es investigador titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav. Este texto fue leído en la ceremonia de entrega del Premio Nacional de Ingeniería de Comunicaciones y Electrónica 1998.

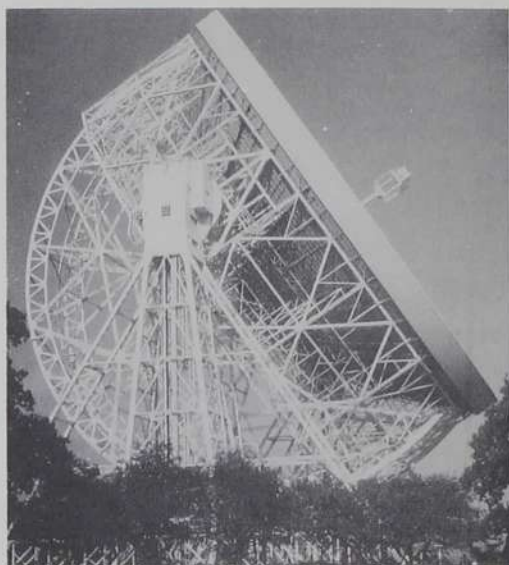
En la actualidad, el comercio y la industria, sean financieros o manufactureros, están comprometidos en una competencia global y, por ende, tienen que ser lo más competitivos que les sea posible para poder sobrevivir y prosperar en ese ambiente. Aun cuando las telecomunicaciones no son una panacea, sí pueden lograr contribuciones muy importantes para mejorar la productividad en todas las áreas.

Las telecomunicaciones se han vuelto un factor operacional de producción y ventaja competitiva para la industria, el comercio, la educación, los servicios médicos, la cultura y, para satisfacer los requerimientos crecientes de servicios, cada vez más sofisticados, de la sociedad moderna.

Estamos viviendo una época notable por la rapidez con que se suceden los descubrimientos científicos, las innovaciones tecnológicas y la forma notable como se manifiesta la creatividad humana. Nunca antes habíamos visto y aprendido tanto en lapsos tan cortos. Y, todo esto, es una consecuencia directa de la revolución que están causando las tecnologías, cada vez más notables y avanzadas, de las telecomunicaciones y la electrónica.

México requiere una infraestructura moderna de telecomunicaciones que satisfaga, plenamente, sus necesidades actuales de comunicación, y prevea una expansión dinámica que pueda satisfacer las previsibles del futuro. Infraestructura que deberá planearse con las tecnologías modernas más avanzadas, a nivel mundial, con objeto de que se pueda interconectar, fácilmente y sin problemas, con las de los demás países del mundo, con el fin de facilitar el intercambio científico, cultural, tecnológico y comercial con ellos.

Con los avances tan formidables que han tenido las tecnologías de las telecomunicaciones, la electrónica y la informática en los últimos años, se pueden establecer redes inteligentes de telecomunicaciones, de gran capacidad de transporte de informaciones, de todas clases; por medio de ellas se puede suministrar una variedad muy amplia de servicios de muchas clases, para satisfacer las necesidades de la sociedad al respecto, lo cual lograría que las comunicaciones a distancia fueran tan prácticas y eficaces como las que se realizan cara a cara.

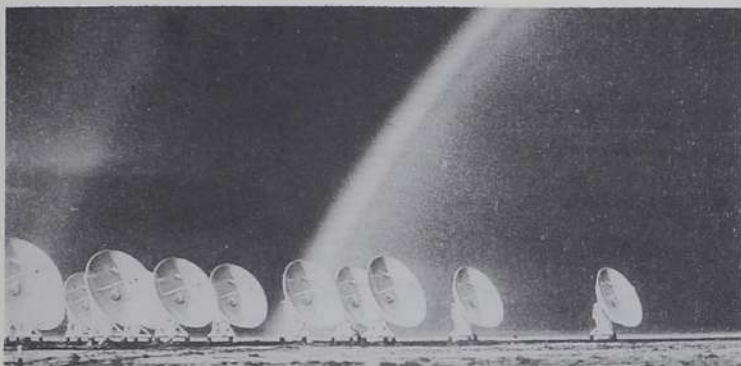


Las enormes potencialidades de las tecnologías modernas de las telecomunicaciones y la electrónica, complementadas con las de la informática, podrían coadyuvar intensa y eficazmente a la solución de varios de los problemas que aquejan a nuestro país. Me referiré a unos cuantos de ellos, como ejemplos, pues sería prolijo tratar de abarcarlos todos.

Circulación vial

Uno de ellos es el de la circulación vial en las grandes ciudades, como la de México, con sus zonas conurbadas. En ésta el desplazamiento de vehículos se ha venido complicando más y más, de día en día, y amenaza con volverse insuperable con los métodos tradicionales. Se planean y construyen enormes "vías rápidas" de circulación vial, con el fin de que la circulación sea fluida. La verdad es que esas obras se saturan rápidamente y el problema continúa creciendo y agravándose cada vez más.

Cuando los urbanistas discuten los problemas comunes de la ciudad, tales como la circulación vial, los congestionamientos de tránsito, la contaminación atmosférica, generalmente se enfocan en el transporte,



como si ésta fuera la única opción. Esto se debe – y se justifica en parte – a que esas técnicas son las más conocidas y tradicionales, así como que el gran acervo de conocimientos y experiencias, acumulados durante largo tiempo y fácilmente disponibles para las personas que toman las decisiones, son las del transporte. Sin embargo, el mismo transporte, hoy en día, depende en gran medida de las telecomunicaciones y, éstas, con sus nuevas tecnologías avanzadas, están cada vez más aptas para servirle como complemento y, más aún, como sustituto eficaz y eficiente.

En la actualidad, gran parte de las tareas importantes que se realizan en las grandes ciudades, como la de México, implican intercambio y procesamiento de informaciones de todas clases, por lo que con las facilidades que nos proporcionan las telecomunicaciones se podría motivar un cambio en la sociedad, entre el movimiento lento y tortuoso de vehículos, por el movimiento ágil y rápido de la información, por medio de las redes de telecomunicaciones. Este cambio evitaría los congestionamientos de tránsito, abatiría la contaminación atmosférica y ahorraría grandes cantidades de energéticos y mucho del tiempo perdido en viajar de un lugar a otro de la ciudad, tiempo que se podría utilizar en cosas más útiles y agradables.

Descentralización

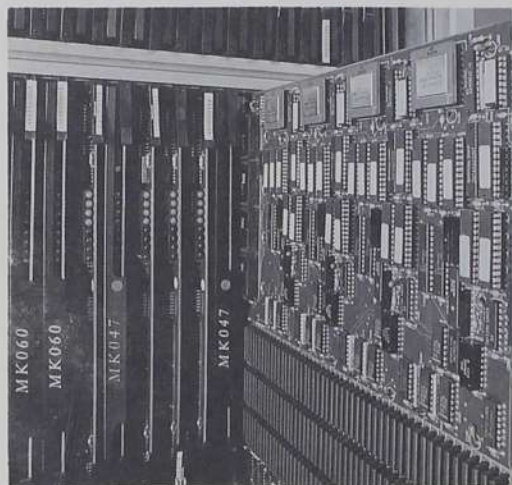
Del mismo modo, la descentralización que se ha tratado de llevar a cabo, pero que no se logra en forma efectiva, se podría realizar con relativa facilidad, llevándola hasta sus fases más avanzadas, como son: la dispersión y

difusión espacial de servicios, trabajo y facilidades en general, tanto del sector oficial como del privado. Y claro, con todas esas facilidades la gente tendría mayor libertad para escoger el lugar donde deseara y le conviniera vivir, sin perder facilidades. La dicotomía "urbano-rural" desaparecería de la teoría sociológica. La participación de la sociedad en los modos de vida humana ya no dependería de habitar dentro de un área definida, arbitrariamente, por concentraciones de población o por límites políticos; estaría determinada por el acceso que la gente tuviera a las redes de telecomunicaciones.

De igual forma los problemas que se tienen actualmente, en el campo de la salud pública, para llevar los servicios médicos a los pacientes de las áreas suburbanas y rurales, se podrían solucionar con las facilidades de las telecomunicaciones, la electrónica y la informática, por medio del telediagnóstico y la telemedicina. Con estas facilidades los pacientes de esas áreas podrían ser atendidos por los mejores especialistas y con los mejores aparatos médicos.

Educación superior

Sin embargo, creo que el problema más urgente por atacar, debido a su importancia capital para el progreso del país, es el de la educación superior, a la cual le he dedicado buena parte de mi vida. No obstante que, en nuestro país, uno de los presupuestos más elevados se le dedica al sistema educativo, éste es insuficiente para lograr una buena educación de excelencia para todos los mexicanos. Esto se debe, principalmente, a que por lo general se siguen utilizando las mismas metodologías



del siglo pasado, las cuales estaban adaptadas para una sociedad que evolucionaba muy lentamente, por lo cual ya no son adecuadas para la sociedad moderna, tan dinámica.

Para que nuestro país se desarrolle y progrese convenientemente, en todos sentidos, se requiere mejorar su sistema educativo, utilizando para ello todos los recursos disponibles para llevar al cabo, eficaz y eficientemente, esta importante tarea; me refiero en particular a los recursos de las tecnologías modernas, avanzadas, aplicables a la educación, con el fin de que ésta se adapte a la dinámica tan acelerada de nuestra sociedad moderna y sea, además, de una calidad de excelencia en toda la república, y no únicamente en sus grandes e importantes ciudades, como sucede ahora.

Actualmente, los países más avanzados del mundo están empeñados en una revolución de la educación, utilizando nuevas y eficientes metodologías, basadas en tecnologías modernas muy avanzadas, aplicables al aprendizaje, las cuales están dando resultados muy alentadores. Se ha venido comprobando que los estudiantes que las utilizan superan a los que emplean las metodologías tradicionales.

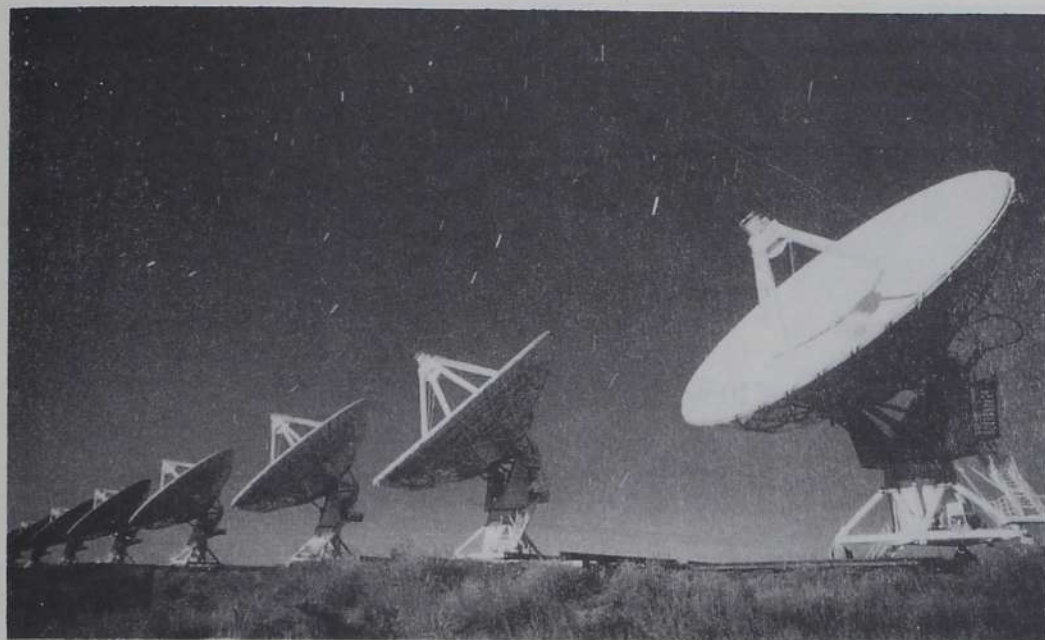
Además, estas nuevas metodologías pueden utilizarse a distancia, por lo que los estudiantes no tendrían que viajar hasta lugares determinados, para ser enseñados en días y horarios fijos. En vez de esto los estudiantes

pueden aprender en cualquier lugar geográfico donde se encuentren y en cualquier tiempo que tengan disponible para ello, sin tener que viajar grandes distancias. Esto es, la educación dejaría de ser presencial y sincrónica, reduciendo con esto su costo, tanto para el estado como para los mismos estudiantes, volviéndose más eficiente y accesible para un número mayor de ellos.

Durante los últimos años han emergido, y seguirán emergiendo en lo futuro, una gran variedad de ambientes de aprendizaje apoyados con tecnología avanzada. En particular, los de las telecomunicaciones, la electrónica y la informática. Estos nuevos ambientes de aprendizaje por medio de tecnologías modernas avanzadas, son soluciones prácticas, eficaces y eficientes para superar la educación superior y, a la vez, para disminuir sus costos. Algunos de ellos incrementan, notablemente, el acceso al aprendizaje, como la educación interactiva a distancia, por medio de las redes telemáticas de banda ancha; algunos otros mejoran la calidad de la educación, como los medios múltiples interactivos; algunos más incrementan la imaginación y desarrollan la creatividad y la inteligencia como los simuladores electrónicos, las técnicas de visualización científica y los ambientes virtuales o de realidad virtual.

Actualmente disponemos de cantidades masivas de conocimientos de todas clases, que podrían ser de fácil acceso a los estudiantes, por medio de las redes modernas de telecomunicaciones. Sin embargo, uno de los problemas fundamentales a resolver es el de cómo lograr que los estudiantes digieran y aprovechen dichos conocimientos con facilidad y rapidez. La clave es, también, la tecnología avanzada. Los simuladores electrónicos, las técnicas de visualización, y los ambientes virtuales son medios efectivos para lograrlo.

En la medida en la que, como personas interesadas en que los estudiantes aprendan, eficaz y eficientemente, y aceptemos la responsabilidad de participar y contribuir a la tarea de que aprendan y se habiliten, para que puedan realizarse plenamente, dentro de sus potencialidades particulares, con el fin de que estén mejor capacitados para servir, en forma más amplia a la sociedad y a su país, debemos tratar de inventar sistemas educativos modernos que estimulen a los estudiantes a superarse, adquiriendo la más amplia competencia, en el campo de acción de cada uno de ellos. Por ello, si aceptamos la importancia que tiene la



participación directa, inmediata y activa, como proceso fundamental del aprendizaje debemos ver el desarrollo de los medios tecnológicos modernos de las telecomunicaciones, la electrónica y la telemática, con gran entusiasmo y esperanza, para coadyuvar a mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes de nuestro país.

En este sentido, uno de los temas humanísticos de nuestro tiempo es el de cómo usar las tecnologías modernas más avanzadas, para diseñar el ambiente adecuado de la educación, de modo que el estudiante obtenga control creciente sobre su desempeño. Esto es, proveer al estudiante con una variedad amplia de modelos de aprendizaje que pueda utilizar con flexibilidad y ventaja para lograr sus mejores propósitos.

Según los expertos, podemos decir que las clases de actividades que conducen a la adquisición de habilidades y competencia son, intrínsecamente, gratificantes. Las satisfacciones de la interacción efectiva con el medio no están limitadas, como se pudo suponer alguna vez, sólo a los niños pequeños. A todas las edades y a todos los

niveles de la educación, el ejercicio de la competencia en la manipulación experta del medio provee satisfacción intrínseca continua. De hecho, se puede asegurar que la forma humana más depurada de placer se deriva del ejercicio de habilidades apreciativas y creativas. Más aún, éstas son habilidades que no tienen fin, no se puede hablar de un punto en el que la competencia en una habilidad de desempeño perceptivo haya sido lograda plenamente. En vez de esto, se puede asegurar que la competencia está siendo adquirida continuamente y extendida o ampliada por medio del desempeño y, por lo tanto, está satisfaciendo siempre. De acuerdo con todo esto, podemos decir que si el aprendizaje en nuestras escuelas -con las metodologías tradicionales actuales- no logra producir satisfacción completa en los estudiantes como la práctica nos lo está demostrando, con su desinterés por el estudio y con la deserción tan elevada, entonces las metodologías que se están utilizando en la actualidad no están cumpliendo cabalmente con sus objetivos, y esto significa que los estudiantes no están aprendiendo con la eficacia, eficiencia y satisfacción deseables. Hay que cambiarlas.



Jorge Suárez Díaz, Premio Nacional de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica

El Colegio de Ingenieros en Comunicaciones y Electrónica otorgó el Premio Nacional de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica 1998 al Ing. Jorge Suárez Díaz, investigador titular y jefe de la Sección de Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav.

El Ing. Suárez Díaz es ingeniero en comunicaciones eléctricas egresado de la ESIME-IPN. Se integró en 1978 a la planta académica del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav. Tiene una amplia experiencia en el área de telecomunicaciones y ha sido director técnico de la Comisión de Telecomunicaciones y Meteorología de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), así como director general de Telecomunicaciones de esta misma secretaría. Entre las distinciones académicas que ha recibido destacan el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1984 en tecnología y diseño, y la Presea Lázaro Cárdenas otorgada por el IPN en 1996. Ha publicado siete libros sobre su especialidad y ha dirigido 25 tesis de licenciatura y 8 de maestría.

El Ing. Suárez Díaz es un pionero de las telecomunicaciones en México y puede decirse que ha estado involucrado en el desarrollo de los principales proyectos en esta área en nuestro país: fundación de los Canales de Telesistema Mexicano (hoy Televisa, 1950 -1958), Red Educativa de Radio y Televisión de la SCT (1964-1965) e INTELSAT (1965-1970).



Jorge Suárez Díaz

Notas breves

La Asociación Internacional de Toxicología designó al **Dr. Arnulfo Albores Medina**, investigador titular de la Sección de Toxicología Ambiental del Departamento de Farmacología y Toxicología del Cinvestav, representante de los países en vías de desarrollo en la Organización Internacional para la Acreditación de Toxicólogos.

La **Dra. Beatriz G. Xoconostle Cásarez**, investigadora del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería de la Unidad Irapuato del Cinvestav, recibió el Premio Carlos Casas Campillo que otorga la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.

El **Dr. Cuauhtémoc Reyes Moreno**, egresado de la Unidad Irapuato del Cinvestav y profesor de la Universidad Autónoma de Sinaloa, recibió el Premio Sinaloa de Ciencia y Tecnología 1999.

La presidencia municipal de Mocorito, Sinaloa, distinguió al **Dr. Octavio Paredes López**, director de la Unidad Irapuato del Cinvestav, como hijo distinguido de esta ciudad y le otorgó el premio Grano de Oro 1999.

La Fundación Guggenheim otorgó una beca al **Dr. Ricardo Cantoral**, investigador titular del

Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav, para realizar una estancia de investigación sobre las construcciones sociales del conocimiento matemático avanzado y su difusión institucional.

Instituto Politécnico Nacional

Centro de Investigación en Computación

Estudios de Posgrado en Computación

Maestría y doctorado
especializaciones

Áreas de investigación



Inteligencia artificial

Programación de sistemas y
tecnología de software

Sistemas en tiempo real

Computación distribuida y paralela

Sistemas de información y bases de datos

Procesamiento de imágenes, reconocimiento
de patrones y graficación

Electrónica y sistemas digitales

Matemáticas computacionales

Mayores informes:

Av. Juan de Dios Bátiz s/n, esq. Miguel Othón de Mendizábal
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
Col. Lindavista, C.P. 07738, México, D.F.
Tel: 57 29 60 00 ext. 56501, 56537
e-mail: cguzman@pollux.cic.ipn.mx
web <http://www.cic.ipn.mx>

Foro interdepartamental sobre materiales didácticos

María de Ibarrola y Pedro Cabrera

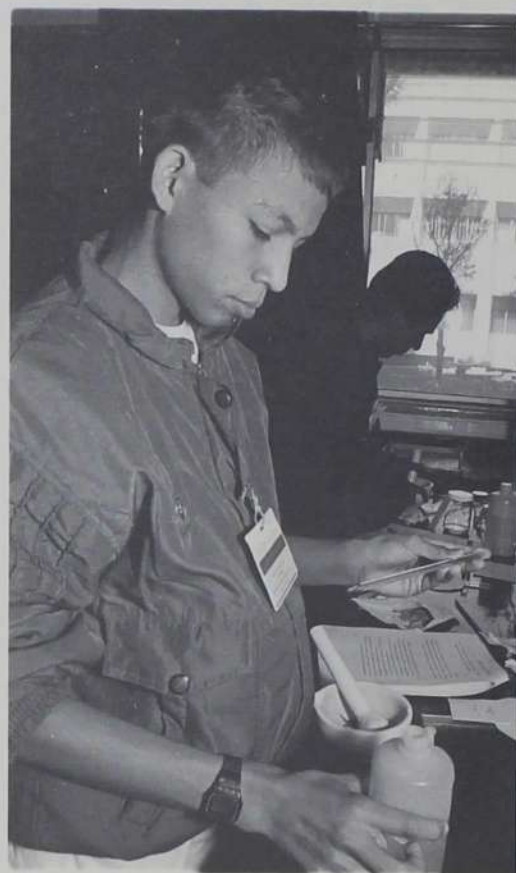
Con los objetivos de dar a conocer entre los investigadores del Cinvestav las experiencias recientes en elaboración de material didáctico dentro de la institución, discutir las posibilidades y los límites que encuentran los investigadores del Cinvestav al desarrollar esta actividad y debatir sobre la importancia de una política institucional de producción de material didáctico de alto nivel, la Asesoría de la Dirección General organizó el 6 de abril de 2000 el Foro Interdepartamental sobre Materiales Didácticos¹.

Participaron en el Foro el doctor Eugenio Frixione (Departamento de Biología Celular), el doctor Eduardo Batllori y la maestra en ciencias Delfina Castillo Tzab (Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida), la maestra en ciencias Irma Fuenlabrada y la doctora Guillermina Waldegg (Departamento de Investigaciones Educativas), los doctores Arnulfo Albores Medina y José Luis Muñoz Sánchez (Departamento de Farmacología y Toxicología), los doctores Simón Mochón y Teresa Rojano (Departamento de Matemática Educativa), el ingeniero Jorge Suárez Díaz (Departamento de Ingeniería Eléctrica) y la doctora María de Ibarrola, asesora de la Dirección General. Los temas tratados fueron: Libros de texto, Multimedia y software educativo y La producción de material educativo en el Cinvestav: limitaciones, posibilidades, perspectivas.

La Dra. María de Ibarrola, investigadora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, es asesora de la Dirección General del Cinvestav. El Ing. Pedro Cabrera es colaborador de Avance y Perspectiva.

Libros de texto

El doctor Eugenio Frixione expuso su experiencia como editor de *Lecturas selectas de biología*, libro de texto producido con el propósito de apoyar un curso propedéutico para nivelar los conocimientos sobre el funcionamiento de la célula entre los estudiantes que ingresan a los departamentos del área biológica del Cinvestav. Se intentaba que el libro sirviera para impartir un curso con múltiples profesores en diferentes departamentos. Aunque había libros en inglés de gran nivel, el material que contenían abarcaba cerca de un año de trabajo y resultaban muy extensos para las necesidades del curso. Se requería un texto con un nivel adecuado para el inicio del posgrado, que contara con el acuerdo de los profesores en cuanto a cobertura y enfoque e incluyera los complementos de lectura necesarios. Así, el libro respondió al diseño del curso y se acompañó de ilustraciones originales, generadas en los laboratorios. Como los autores consideraron que podría ser útil en cursos de licenciatura, se distribuyó un tríptico con información en diversas universidades del país. Hubo muchos pedidos y en un año se agotó la edición. El tiraje inicial fue limitado, pues se pensaba actualizarlo periódicamente. Sin embargo, no fue posible realizar la segunda edición, puesto que no se logró reunir al equipo original de autores.



El doctor Batllori y la maestra en ciencias Delfina Castillo hablaron sobre los Manuales de Procedimientos para la Capacitación Comunitaria, que sirven de apoyo en los cursos de capacitación que se realizan en las comunidades costeras del Estado de Yucatán; su objetivo es dar a conocer los procedimientos y herramientas necesarias para el conocimiento y uso sustentable de los recursos naturales, informando sobre las características ambientales, importancia, fragilidad y problemática de los ecosistemas de la costa yucateca. También se intenta promover y estimular la conciencia de interacción entre el hombre y la naturaleza, a través del entrenamiento y la capacitación de personas y pescadores de las comunidades.

Desde 1994, cuando surgió el proyecto, a la fecha se han elaborado cuatro manuales: uno sobre monitoreo hidrológico, otro que trata sobre petenes y desazolve de manantiales costeros, uno sobre humedales costeros de Yucatán y otro sobre florecimientos biológicos. Se encuentran en proceso dos más, uno sobre el cultivo de

la *chivita* (una especie de caracol) y otro sobre playas. El paquete de materiales, a la vez que difunde conocimiento, vincula al equipo de investigación con las comunidades, lo que permite enriquecer los estudios al contar con la experiencia de la población. Con un lenguaje coloquial, los manuales contienen gráficas sencillas, dibujos de los procesos y fotografías de las comunidades y lugares de la costa.

Durante la producción de los manuales se presentaron problemas técnicos, pues se carece de computadoras con capacidad suficiente para manejar fotografías, gráficos y paquetes especializados en diseño. El material se financia con recursos del Patronato de la Reserva Estatal de El Palmar, que capta fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) cuenta con gran experiencia en la elaboración de materiales didácticos, que siempre ha realizado a solicitud de instituciones educativas de cobertura nacional, según puntualizó la maestra en ciencias Irma Fuenlabrada. En el origen del departamento está la elaboración de los libros de texto gratuitos de ciencias naturales derivados de la reforma educativa de 1970. En el DIE se reconoce esta actividad como otra manera de interactuar y estudiar al sistema; a la vez, se considera un compromiso con los agentes o medios que permiten realizar la investigación.

Para el grupo de matemáticas que coordinan la maestra Fuenlabrada y el maestro David Block en el DIE, la primera experiencia fundamental en este aspecto se dio con el Consejo Nacional de Fomento Educativo (Conafe), que solicitó actualizar el modelo pedagógico de cursos comunitarios, elaborados por el DIE en la década de los setenta. Más que un problema de actualización, se trataba de elaborar un modelo pedagógico que incorporara el nuevo conocimiento sobre la práctica docente y las didácticas. El DIE atendió la solicitud a condición de contar con tiempo suficiente (cinco años) para explorar los resultados de investigación que podrían incorporarse y la manera de realizar su transmisión. El modelo *Dialogar y Descubrir*, como se denominó el proyecto, representa el antecedente fundamental del enfoque metodológico que sustenta a la reforma educativa de 1993.

En 1994, por acuerdo del Colegio de Profesores, el grupo participó en el concurso nacional para la renovación de libros de texto gratuitos convocado por la Secretaría de Educación Pública (SEP), con el libro de matemáticas para primer grado, y elaboró un libro recortable para garantizar la realización de actividades de aprendizaje; además, propuso las características que deberían tener los materiales para maestros. El libro resultó ganador y se puso en marcha una estrategia global que incluyó libros para el maestro, ficheros de actividades y avances programáticos para la primaria en el área de matemáticas.

Después, la SEP invitó al DIE a elaborar el libro de segundo grado (que no tuvo ganador en la convocatoria) y que implicó realizar también el libro recortable. En los libros se incorporaron conceptos editoriales y de aprendizaje, entre ellos, la imagen didáctica, que sustituye a la ilustración de los libros para niños y permite revisar

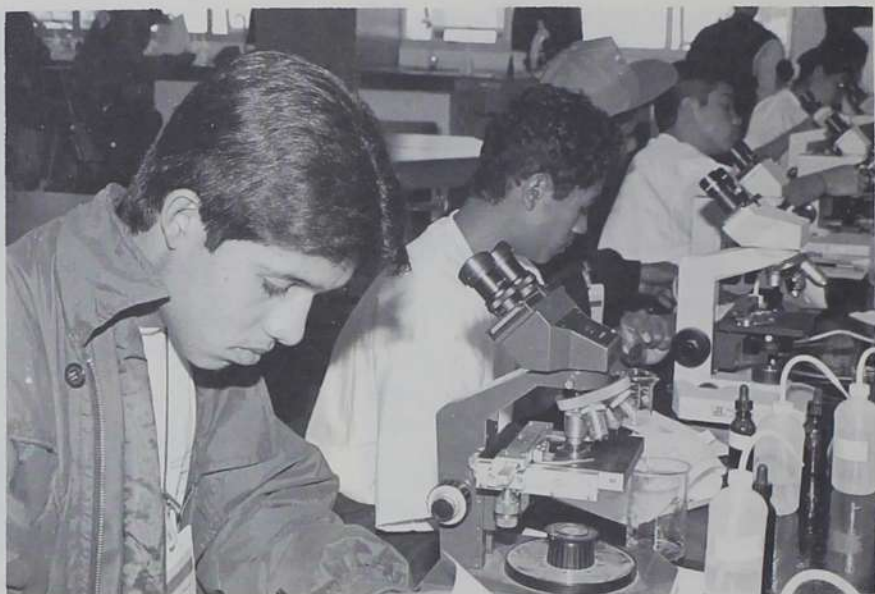


una lección, en diversos momentos y con diferentes condiciones para el aprendizaje. En el libro de segundo se utilizó, además, la fotografía como vehículo de comunicación, con el fin de modificar la práctica docente mostrando diversas posibilidades pedagógicas.

Al mismo tiempo, la SEP solicitó la elaboración de la Propuesta Nacional de Capacitación Permanente para el Magisterio en el área de matemáticas. En ella se incorporan también resultados de investigación sobre estrategias didácticas.

En la actualidad, el grupo investiga la trasposición didáctica que hacen los maestros de las innovaciones educativas, realizando estudios de seguimiento en el aula de los materiales didácticos, con el fin de contar con experiencia que aporte conocimiento sobre este tema y sustente modificaciones futuras a los materiales. Se han producido tres tesis de maestría y hay otras tres en proceso.

Por su parte, la doctora Guillermina Waldegg señaló que su participación en la producción de libros de texto se basa en un compromiso social y en una motivación que se desprende de su línea de investigación (las bases epistemológicas en la enseñanza de las ciencias), en la que se considera que los materiales escritos son básicos para la enseñanza. Por invitación del Instituto Nacional



para la Educación de los Adultos (INEA), participó en la creación de los libros de texto de matemáticas para la educación básica de adultos. Posteriormente trabajó sobre el libro de texto de secundaria en el Fondo de Cultura Económica. Durante esta experiencia, se revisaron los textos para secundaria aprobados por la SEP, encontrándose diversas deficiencias (poco respeto para el lector, falta de revisión y actualización, poco uso de gráficos, una visión empirista y conductista muy marcada). Ello hizo necesario intentar un tratamiento novedoso, para lo cual integró un equipo interdisciplinario. Se elaboraron libros de matemáticas para los tres grados de secundaria, incorporando resultados de investigaciones educativas. Estos libros fueron publicados por una editorial privada. Después, por invitación de la SEP, la doctora Waldegg participó en la elaboración de los materiales para el docente de física de secundaria, inserto en el programa de actualización de maestros, con el que se pretende ofrecer a los profesores ciertos mensajes y propuestas teóricas. Su labor fue buscar una coherencia epistemológica y pedagógica en los materiales, determinar y supervisar el enfoque, cuidar que en la obra no hubiesen contradicciones con la posición teórica que se manejaba. Los materiales se complementaron con una guía de estudio, para mostrar a los maestros cómo llevar a cabo la lectura, indicarles que es un libro sobre enseñanza de la física

(que intenta mostrar las dificultades de aprendizaje de cierto concepto, los preconceitos de los alumnos) y señalar qué tipo de experimentos pueden hacer. También se preparó un libro de lecturas que incluye una parte sobre la física del siglo XX, otra de resultados de investigación educativa sobre la enseñanza de la física y una sobre filosofía de la ciencia.

Multimedia y software educativo

El doctor Eduardo Batllori Sampederro y la maestra Delfina Castillo presentaron la página web *Los humedales costeros del Estado de Yucatán*, un complemento de los manuales de capacitación que intenta dar a conocer las características ambientales de estos ecosistemas, su importancia económica y social, los problemas que se presentan, los trabajos de restauración y conservación que se realizan, con el fin de estimular la conciencia de interacción entre el hombre y la naturaleza y contribuir al rescate de estas zonas. En la página se usan fotografías como apoyo para lograr una sensibilización visual. La principal fuente de alimentación de este material es la producción del Laboratorio de Hidrología de la Unidad Mérida y sus usuarios.



Para producir la página se enfrentaron dificultades como la falta de soportes técnicos y escaso material fotográfico, así como la disminución de servicios de telemática en la Unidad Mérida. Aún no se abre la página al público; sin embargo, se contempla incluirla en la hoja web del Cinvestav, en el espacio del Departamento de Ecología Humana, y se planea dar una copia a la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado y a la Secretaría de Educación para que la difundan. La página se realiza con apoyo de North American Wetlands Council Conservation, que financia la tercera fase del proyecto de Restauración, Aprovechamiento y Conservación del Sistema Costero del Estado de Yucatán.

El doctor Eugenio Frixione presentó un proyecto para realizar una colección de videos con el propósito de apoyar la didáctica de las ciencias. El proyecto consiste en producir cápsulas de 10 minutos de duración, mostrando un proceso experimental de biología o química. Este proyecto tiene tres objetivos: (a) apoyar la práctica docente en las universidades, ilustrando la manera en que se llevan a cabo los experimentos que permiten llegar a establecer una teoría; (b) difundir al Cinvestav con la intención de reclutar estudiantes y (c) promover el interés de los jóvenes por estudiar ciencias.

El proyecto parte de algunos antecedentes del Departamento de Biología Celular. En el laboratorio se realiza investigación sobre los movimientos celulares que, en ocasiones, son muy rápidos y es indispensable fijarlos para hacer análisis cinemáticos. Por ello, se adquirieron cámaras de video para cada microscopio. Esto sirvió para realizar presentaciones en congresos, con ediciones sencillas de material, seleccionando los segmentos que podían ser de interés para ilustrar lo que estaban descubriendo e indicando la metodología utilizada.

Posteriormente, se realizó un video departamental sobre el método que se desarrolló en el Centro para el tratamiento de personas con quemaduras. Esto generó la idea de hacer los videos. El proyecto se presentó a la Dirección del Cinvestav de aquel entonces. Hubo un interés mediano. Para considerar su aprobación, se propuso hacer un video de presentación del Cinvestav. Se compró equipo profesional para producir estos materiales y se realizó el video. Sin embargo, el proyecto está en suspenso.

Los doctores Amulfo Albores Medina y José Luis Muñoz Sánchez presentaron *El juego metabólico* diseñado para que los estudiantes aprendan jugando. Su objetivo fue contar con una herramienta que sirviera para apoyar al estudiante y al maestro a integrar las vías generales del metabolismo intermedio. Dado que la bioquímica se enseña por bloques (carbohidratos, electrolitos, ácidos nucleicos, metabolismo de lípidos), al final resulta difícil conjuntarlos y ver el proceso global de la integración metabólica. Se intenta retar al estudiante, cuestionarlo de manera amable, con el propósito de que pueda desarrollar métodos para aprender los procesos bioquímicos. De carácter interactivo, el juego permite desarrollar la iniciativa de los alumnos. Se basa en los juegos comerciales *Turista* y *Monopolio*. Se juega entre

cinco personas, una de las cuales es el banco y modula la veracidad de las respuestas. Los resultados en el aprendizaje son notorios. Los alumnos cuestionan, memorizan, racionalizan los cuadros. No se ha publicado aún, pero ya se ha aplicado en distintos cursos de medicina.

Como un producto de la colaboración entre el Instituto de Educación de la Universidad de Londres y el Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav, los doctores Simón Mochón y Teresa Rojano presentaron el material audiovisual *Modelación matemática en las ciencias*, realizado a partir de una preocupación: se ha observado que, como las matemáticas y las ciencias se imparten de manera separada, se producen efectos negativos cuando el estudiante, en etapas posteriores de su formación, debe integrar estos dos campos. Pocos alumnos son capaces de hacerlo por sí mismos y se requiere hacer una intervención deliberada en el aula para lograrlo. Se trabajó con la hipótesis de que la modelación matemática es un vehículo para terminar con ese divorcio. Se utilizaron los medios informáticos para llevar a cabo las prácticas de modelación con estudiantes de bachillerato que ya tenían cierta vocación científica. El proyecto tuvo su origen a mediados de los noventa y fue financiado por la Spencer Foundation de Chicago. Se hizo un estudio longitudinal de casos, en un grupo inglés y uno mexicano. Se hicieron innovaciones metodológicas de observación (había muchos agentes interviniendo en la situación de aprendizaje, desde el diseño de las actividades hasta la manera en que se tenía que realizar la observación y la recabación de datos). La principal aportación fue en el terreno metodológico, pero se obtuvieron productos para diseminar el conocimiento entre profesores de bachillerato.

La SEP produjo los videos de modelación matemática en geografía, biología, química. Fue un trabajo interdisciplinario, con la participación del Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (ILCE). Se usó el medio computacional para no hacer explícito el modelo matemático formal que explica los fenómenos del mundo físico, sino una modelación cuya especificación fuera un acercamiento numérico para hacer el estudio de los fenómenos.

En la SEP se concibió un proyecto piloto para 16 estados de la república en secundarias públicas, con la idea de usar más los medios informáticos en secundaria y dar a las matemáticas una dimensión más integrada



con otras disciplinas. El proyecto contempla nuevos diseños de juegos didácticos, de actividades y selección de las herramientas computacionales que se van a utilizar. A partir de un desarrollo curricular con tecnología, se toma el nuevo enfoque de los planes de estudio y se trata de plasmarlo en actividades que se puedan llevar a cabo con medios informáticos.

En términos generales, se intenta poner en práctica los materiales con los profesores y cerrar la brecha entre aplicación de los resultados de investigación y el sistema educativo con un proyecto financiado por Conacyt durante cinco años, lo que ha permitido recabar datos a gran escala y realizar estudios de caso. Algunos materiales estarán disponibles en internet a partir del año 2000, con versiones interactivas.

El ingeniero Jorge Suárez Díaz presentó un programa de *software* sobre ácido desoxirribonucleico (ADN), enmarcado en un proyecto global de producción de materiales educativos cuyo objetivo es incorporar la tecnología avanzada (redes de computación, simuladores, visualización) a la educación, a fin de producir una nueva metodología educativa, basada en el uso de imágenes y en un sistema de aprendizaje autosuficiente que sustituye al profesor mediante la tecnología. Se plantea como un proyecto modular que irá abarcando diversas áreas de conocimiento. El programa recibió algunos comentarios de los participantes al foro, en los que resulta claro que la calidad de la resolución tecnológica del *software* se vería capitalizada si se incorporara conocimiento disciplinario

y pedagógico. Esto mostraría los beneficios de una relación interdepartamental para la realización de materiales didácticos.

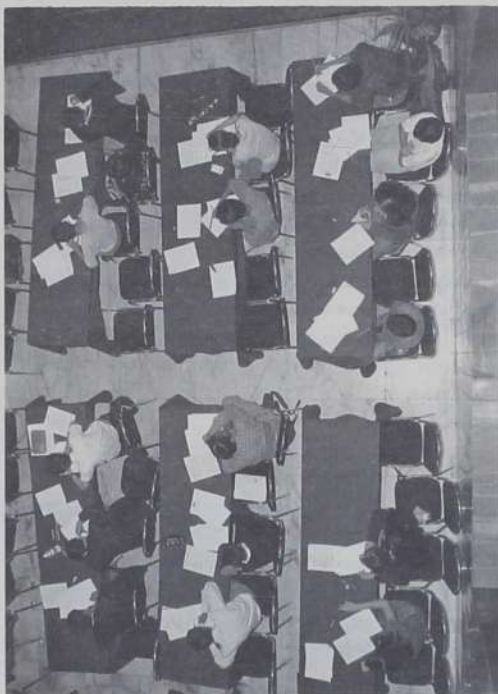
Aunque no se presentaron durante el Foro, a última hora llegaron fichas de registro de diversos trabajos de la Unidad Mérida. Del Departamento de Recursos del Mar, la doctora Dalila Aldana Aranda envió un *Atlas pesquero de México*; la doctora María de los Ángeles Liceaga Correa una página web sobre el Programa Integral Arrecife Alacranes y un video documental sobre el mismo tema; el doctor Jesús Ernesto Arias González, la lotería *Arrecifes coralinos*; el doctor Thierry Brulé Demarest, el *Atlas de los peces meros de Yucatán* y el juego de imanes *Conoce los meros de Yucatán*. Del Departamento de Física Aplicada, la doctora Patricia Quintana presentó una lotería y un memorama sobre materiales y minerales que se usan en la vida diaria, y el doctor Andrés Iván Oliva Arias material didáctico para aprender conceptos de mecánica, óptica, térmica y acústica.

Producción de material educativo en el Cinvestav: limitaciones, posibilidades, perspectivas

A partir de la información presentada en las dos primeras partes, se realizó un debate y los participantes llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La producción de material didáctico no es una inquietud exclusiva de los departamentos del área de educación del Cinvestav; interesa también a investigadores de las otras tres áreas: ciencias biológicas y de la salud, ciencias exactas y naturales y ciencias de la ingeniería. Sin embargo, el número de personas que dedican parte sustancial de su tiempo institucional a esta actividad parece ser sumamente reducido, con excepción de los departamentos mencionados del área de educación. El Foro sólo tuvo diez participantes y cinco o seis observadores.

2. En el Cinvestav se produce una gran variedad de materiales educativos: libros de texto oficiales de alcance nacional, libros de texto comerciales de alcance nacional, libros de texto para uso intra e interdepartamental, juegos



didácticos, videos, *software* educativo. Sin duda, la producción de algunos de los libros de texto gratuitos nacionales y la Propuesta Nacional de Capacitación para el Magisterio en Matemáticas significan un rubro de gran prestigio para el Cinvestav.

3. La producción de materiales didácticos se basa en las funciones sustantivas de la institución; implica, para sus autores, hacer uso de los resultados de investigación y llevar la función de docencia a todas sus implicaciones, ya que para la formación de recursos humanos se necesitan materiales educativos y estrategias de enseñanza que permitan mejores aprendizajes. Todo ello contribuye a elevar la calidad de la educación y en particular de los programas de posgrado.

4. Por otra parte, una función propia de los egresados del Cinvestav es la docencia, por lo que la producción de materiales educativos actualizados y un énfasis sobre los aspectos didácticos en los distintos departamentos de la institución correspondería al mejor desarrollo y calidad de esta función.

5. Si para el Cinvestav es importante incidir desde los resultados de la investigación en la sociedad en la que está inmersa, la producción de materiales didácticos constituye una de las formas de vinculación más apropiadas. No sólo responde a un compromiso en última instancia con quienes aportan los recursos para realizar la investigación, sino que también constituye una manera de retribuir los resultados de la investigación a quienes en múltiples ocasiones son el objeto de ellas. Es el caso concreto de los investigadores del área de ciencias sociales y humanidades, quienes consideran tener la obligación moral de mejorar la educación y la capacitación de los distintos grupos sociales con los que realizan investigaciones.

6. Producir materiales didácticos de calidad conlleva una complejidad comparable a la realización de una investigación original o, incluso, mayor, si se considera la complejidad interdisciplinaria que hay detrás de un buen material didáctico: el dominio del tema o la disciplina concretas sobre el que versa el material, el dominio de los aspectos pedagógicos que requiere la comunicación educativa en el tiempo y el espacio concretos y para una población determinada; el dominio de los aspectos técnicos propios del medio educativo elegido.

7. Producir materiales didácticos de manera eficiente implica tomar en cuenta la necesidad que existe del material mismo, la capacidad de producirlo a la escala necesaria, la adecuada distribución del material, situaciones que se resuelven mejor cuando hay una demanda de parte de terceros interesados en la producción del material concreto, que asegura el financiamiento del mismo. Sin embargo, hay materiales que conviene desarrollar para responder a necesidades sociales puntuales, por lo que la decisión de los investigadores de emprender la producción de materiales concretos merecería apoyarse desde la institución.

8. Es necesario elaborar una política institucional de fomento a la producción de materiales en el Cinvestav. Hacia el interior, esta política contribuiría a elevar la calidad de los programas de posgrado, misma que requeriría hacer investigaciones sistemáticas y sostenidas sobre la enseñanza de las ciencias en el posgrado; hacia el exterior, a vincularse de manera muy concreta con distintos grupos sociales del país y contribuir a una adecuada alfabetización científica.

9. Una política institucional requiere propiciar la vinculación interdepartamental que concentre esfuerzos de distintas áreas para producir materiales de calidad. En efecto, actualmente en el Cinvestav hay departamentos que basan la producción de material educativo en los resultados de investigación disciplinaria y pedagógica y que se preocupan por obtener el mejor apoyo técnico para la producción concreta de los materiales, mientras que en otros departamentos los materiales se hacen con buenas intenciones y escasos recursos, descuidando alguno de los elementos consustanciales a la producción de materiales didácticos de calidad. La colaboración de los departamentos de Investigaciones Educativas y de Matemática Educativa con aquellos departamentos que desean hacer materiales parece fundamental para incorporar la dimensión educativa necesaria a un material didáctico de calidad. La participación del Departamento de Ingeniería Eléctrica para la solución de los problemas técnicos de producción de *software* educativo parece también indispensable. La elaboración de materiales didácticos de alta calidad puede llevar a la constitución de un programa interdepartamental que alcance configuraciones propias alrededor de la producción de materiales concretos.

10. La política institucional exige también revisar las políticas de evaluación y valoración de la producción de materiales didácticos, ya que los actuales instrumentos de Copei subvalorizan este tipo de actividad, partiendo de la idea simplista de que los materiales educativos no generan conocimiento nuevo. No se considera la coherencia teórica que deben tener los materiales ni los aspectos integrales que deben introducir: investigación, administración, educación de adultos, comunicación, manejo de sistemas complejos con óptica interdisciplinaria, el necesario trabajo colectivo e interdisciplinario para la producción de material de calidad. La Copei tendría que hacer un esfuerzo por identificar los lineamientos que permiten distinguir un material didáctico de alta calidad de otro que no la tiene. La producción de material didáctico exige a los investigadores interesados en esa actividad tiempo que necesariamente restan a la actividad directa de investigación; no se trata de actividades que se puedan desarrollar simultáneamente, pero sí de actividades complementarias que se alimentan mutuamente.

11. En el Departamento de Biología Celular existe un equipo profesional para producir videos que está

subutilizado. Posiblemente exista infraestructura de producción valiosa en otros departamentos, que podría ser mejor utilizada de haber mejor información al respecto, en particular debido a que otros grupos trabajan con muy escasos recursos técnicos.

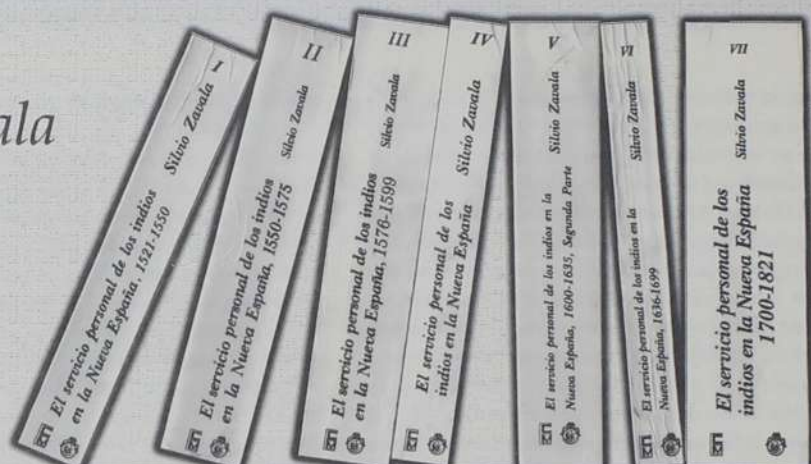
12. Con una política ambiciosa al respecto, la elaboración de materiales educativos no sólo contribuiría a mejorar la calidad de los programas de posgrado del Cinvestav y a resolver diversas necesidades sociales de formación; representa también una posibilidad de generar recursos para la institución, bien sea para el autofinanciamiento de la producción de ese tipo de materiales o incluso un financiamiento más amplio, resultado de los derechos que genere su explotación. 

Nota

1. Para realizar el Foro, se formó una Comisión Organizadora constituida por la Dra. María de Ibarrola, la Dra. Teresa Rojano y la M. en C. Irma Fuenlabrada.



Obras de Silvio Zavala



- Ensayo bibliográfico en torno de Vasco de Quiroga, El Colegio Nacional-FCE
- Estudios indianos, El Colegio Nacional
- Homenaje a Silvio Zavala, El Colegio Nacional
- Ideario de Vasco de Quiroga, El Colegio Nacional-El Colegio de México
- Los esclavos indios en la Nueva España, El Colegio Nacional

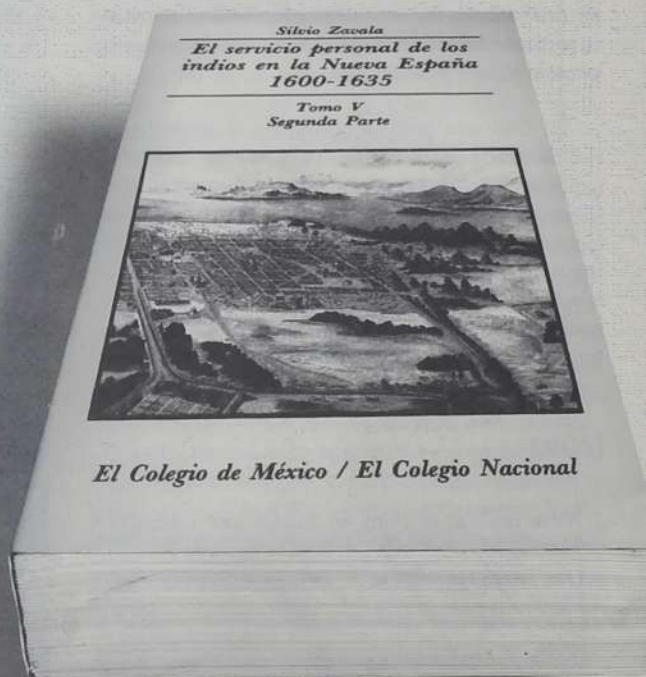
El Colegio Nacional

ofrece los títulos de sus miembros e invita a visitar su Biblioteca

Luis González Obregón núm. 23, Centro Histórico, Tel. 789 43 30, 702 17 79 Fax.

colnal@mail.internet.com.mx <http://www.colegionacional.org.mx>

- América en el espíritu francés del siglo XVIII, El Colegio Nacional
- Bio-bibliografía de Silvio Zavala, 3^{ra} edición, El Colegio Nacional
- El servicio personal de los indios en la Nueva España, (compilador), siete tomos, El Colegio Nacional-El Colegio de México



- Los intereses particulares en la conquista de la Nueva España, El Colegio Nacional
- Orígenes de la colonización en el Río de la Plata, El Colegio Nacional
- Una etapa en la construcción de la catedral de México, El Colegio Nacional-El Colegio de México

La Royal Institution y la química para viajeros

Carlos Chimal

Saco negro y corbata

A 175 años de su fundación, la Royal Institution es un símbolo de la investigación científica de las islas británicas; no solamente sigue estimulando a quienes se plantean novedosas interrogantes en varias de las disciplinas más importantes para la vida en la Tierra durante los próximos decenios, sino que mantiene una relación cotidiana con la sociedad. Aquí Michael Faraday descubrió el electromagnetismo y Lawrence Bragg realizó sus trabajos seminales en cristalografía, que a su vez, junto con los de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins conducirían al descubrimiento de la estructura del ADN por Crick y Watson. Entre sus miembros, catorce de ellos han recibido el Premio Nobel y diez elementos químicos fueron descubiertos en este lugar.

Desde los cambios climáticos hasta los paradigmas inéditos respecto a las bases biológicas de la conciencia, pasando por la naturaleza química del dolor y el significado más profundo y detallado de los mapas genómicos, son preguntas que podrían ser respondidas en los próximos años y la Royal Institution intenta conservarse a la vanguardia en todas ellas. Mediante una combinación de viejas y sanas costumbres con jóvenes abanderados de brillantes ideas, sin salir de su antiguo edificio en Mayfair, en el centro de Londres, la Royal Institution cumple también con su vocación de hacer que la sociedad conozca la ciencia que aquí se cultiva. Las conferencias de Navidad se celebran desde 1826 y son seguidas por el teleauditorio desde hace 25 años.

Carlos Chimal, escritor interesado en la comprensión pública de la ciencia, es colaborador de Avance y Perspectiva.

Al mismo tiempo, la institución participa activamente en el concierto, donde las formas e instrumentos del conocimiento de la naturaleza y la vida parecen estar cada vez más interrelacionados.

No es que estemos precisamente frente a una ciencia holística, del tipo de Gea¹, donde todo es uno y uno es todo, como nos comenta el profesor Peter Atkins (U. de Oxford); es más bien que en cada especialización los científicos son pequeños Leonardos. Por muy enfrascado que parezca un científico con su objeto de estudio específico, el ambiente cultural en el que se ha desarrollado esa persona le otorga una visión que en su época sólo algunos como Leonardo podían tener.

Así que como no hay una "have Tierra", tampoco habrá una ciencia total. Lo que pasa es que la cultura científica ha permeado más de lo que creemos la vida de las personas, aunque sólo estemos hablando de poco más de 300 años. En este breve periodo nosotros, los científicos vivimos de una manera especialmente intensa "la otra cultura", agrega el profesor Atkins. De la misma manera como hay algunos, muy pocos, que pueden retratar la infelicidad sumisa en el rostro de alguien o los sentimientos encontrados de una nación en un mural, hay cosas que pueden ser vistas sólo si tienes un ojo entrenado por la química. Y eso mismo lo lleva a uno a esclarecerlo para los demás, siempre y cuando se encuentre el tratamiento adecuado. ¿No es eso lo que querían Humphry Davy y luego Michael Faraday a lo largo de sus demostraciones al público en la Royal Institution?

Hay, pues, una visión neorenacentista en cada investigador, por más rústico que éste sea. Y Peter Atkins no es precisamente el más modesto de ellos, aunque es una persona accesible, afable, dispuesta. Y un buen escritor, es decir, alguien sin mayores pretensiones que las inscritas con su propia letra. De hecho, Atkins es un exitoso autor de libros de divulgación en Gran Bretaña; es también una autoridad en libros de texto, en los que refleja su notable carrera magisterial en el Departamento de Química de la Universidad de Oxford.

Me encontré una mañana con él, en el mismo teatrillo victoriano donde Sir Humphry Davy estableciera una tradición: demostrar ante el público lo que estaba pasando con cierto fenómeno maravilloso e incomprensible. Si bien



en muchos casos los enigmas y las contradicciones persistían, al menos se brindaba la respuesta más cercana a la realidad. Más tarde su alumno y colaborador, Michael Faraday, continuó esta tradición y hoy en día, cada viernes por la noche, se ofrece una demostración al público londinense sobre algún aspecto de la ciencia.

"¿Trajo usted un saco negro?", pues la única condición que se requiere para entrar", nos advierte el profesor Atkins, "es llegar de saco negro y corbata, como si se estuviera asistiendo a una función de ópera. Por su parte, lo único que se le pide al expositor esa noche es que no



empiece diciendo 'Buenas noches, damas y caballeros', ni mucho menos que haga introducción alguna sino que entre directamente en el tema, en el momento exacto que el reloj marca las nueve de la noche. Esto parece fácil pero no lo es, uno tiene que morderse la lengua para no caer en la tentación de decir 'buenas noches'".

El problema para Atkins era que esa ocasión, como muchas otras desde hace 150 años, asistirían miembros de la nobleza, entre ellos el duque de Kent y algunos más, quienes acostumbran sentarse al frente, incluso en el piso, pues la sala, donde no caben más de 300 personas, generalmente termina al tope. Atkins había escogido uno de sus temas favoritos para la ocasión, la segunda ley de la termodinámica, y empezaría con un globo lleno de agua cayendo del techo. Así que esa noche la fila de enfrente no se llevaría un tremendo chasco sino un probable chubasco gracias a su afición a la ciencia.

Platicamos con el profesor Atkins entre relojes gigantes con los números en el sentido contrario, pequeños juguetes de vapor y globos, una copia fotográfica al tamaño natural tomada de un retrato de Faraday, con bata blanca, y en el marco de un escenario donde se han forjado algunas leyendas de la ciencia.

Tierra ignota

Carlos Chimal (CC): Usted ha escrito libros muy exitosos sobre las ciencias químicas. En particular recuerdo uno, *The Periodic Kingdom. A Journey into the Land of the Chemical Elements*, publicado en la serie de maestros de la ciencia contemporánea, de Weidenfeld & Nicholson (Londres, 1995)². ¿Puede decimos cómo se le ocurrió comparar la tabla periódica de los elementos con una guía de viajeros, en donde cada elemento es como un reino aparte?

Peter Atkins (PA): Me habían pedido que escribiera un libro de 150 páginas sobre un tema clásico visto de una manera novedosa, lo cual me dejó casi en blanco. Sabía qué escribir pero no encontraba cómo. Esto vino por fortuna semanas después, cuando tuve que viajar en avión. Mientras volábamos, empecé a mirar el paisaje y fue ahí donde encontré la metáfora adecuada. El libro que me habían pedido sería una alegoría, una invitación al viaje por una tierra ignota, la tabla periódica de los elementos químicos. Así cumpliría con ambos propósitos, ya que veríamos de una manera distinta y novedosa una de las partes esenciales de esta ciencia. En ningún laboratorio químico falta una tabla, es fuente de inspiración para nuestro trabajo.

CC: ¿Por qué la tabla periódica?

PA: Porque es y sigue siendo algo que odian los muchachos en la preparatoria, incluso muchos estudiantes de química. Era un reto, ya que puede resultar confuso y demasiado alucinante para el público enfrentarse a "países" tan extraños. Mi objetivo primario se centró en cuidar la ubicación del lector en esa nueva tierra desconocida. Lo más notable era la gran región del desierto de los metales. Si miramos hacia un lado, la región se vuelve, en efecto, metálica; ahí encontramos paisajes amarillentos, rojizos y verdosos. Es algo tan raro que puede pasar por obvio en un mundo acostumbrado a "lo fantástico" del cine y la televisión. En un mundo limitado a poco más de cien países pero suficiente para formar todo el Universo, este enorme desierto metálico ocupa alrededor del 80% de la superficie, lo cual es sorprendente, pues la supuesta aridez resulta en una enorme variedad dentro del mundo real. En lugar de fronteras bien definidas, encontramos que la división de los reinos se caracteriza más bien por la existencia de regiones de transición.



La sabana se diluye con suavidad entre los valles profundos que devienen pausadamente en insondables desfiladeros. Las colinas se elevan desde las llanuras hasta transformarse en montañas agudas. Intento que el lector tenga en mente no sólo que el mundo está hecho de estos elementos sino que ellos mismos forman una especie de tejido, exhiben un patrón coherente. Se dice, por ejemplo, que existen regiones más allá del uranio pero que se requiere de un nuevo Colón para explorarlas. Entonces regresamos a territorios más familiares, como el carbono y el oxígeno, el nitrógeno y el fósforo, el cloro y el yodo, lo cual me permitió establecer equivalencias con el desierto, como ya he dicho, y también con los pantanos, los lagos (de bromo y de mercurio) y los pastizales.

CC: Desde el inicio el libro está lleno de colorido, en particular cuando se refiere al lago del bromo y los halógenos.

PA: Desde el reciente descubrimiento de una nueva forma cristalina del carbón, la fullerita, entre el naranja y el ocre, hasta el amarillo verdoso del cloro, sin duda apelar

al color es una forma muy estimulante de imaginar lo que estaría pasando frente a nuestros ojos. Menos coloridos pero no por ello carentes de interés son los reinos de la costa este, es decir, los gases. Alguna vez llamados inertes, recientes intentos por inducirlos a combinarse han prosperado y la tradicional infertilidad de esa región ha comenzado a desaparecer.

Al sur de la frontera del continente aparece una isla, formada por metales de una personalidad peculiar, los lantánidos y los actínidos. Al norte, los témpanos del hidrógeno, hacia el este, los no metales. Como se sabe, ni la invisibilidad ni el ser inerte es sinónimo de inutilidad.

Los viajes ilustran

CC: Creo que algo que hace su libro mucho más atractivo que esta suerte de caleidoscopio elemental es que se ocupa de describirnos la historia de cada reino y las personas que lo habitan. Eso lo acerca más a lo humano y, en cierta forma, lo hace más comprensible para el público.



PA: Eso me dio pie para hablar de temas regulares y de gran utilidad, como son la clase de productos que se obtienen en cada región. Los viajes ilustran, dice la gente, y entonces están dispuestos a aceptar cualquier información por dura y pesada que ésta haya sido desde su perspectiva en el pasado. Si miramos el desierto de los metales, por ejemplo, descubrimos que hay una fuente desconocida de conocimiento útil. Al establecer alianzas con sus vecinos, como el cobalto, el níquel, el vanadio y el manganeso, el hierro se convirtió en acero, la base de la sociedad moderna. Este hecho indica que existe una

especie de vasos comunicantes en el fondo de la superficie de este dominio, similar a los lazos económicos, sociales y culturales que establecen algunos países vecinos. Desde luego, un país real, con historia, debe contar con leyes y órganos administrativos. También me ocupo de ello en el libro. ¿Por qué cada reino se comporta distinto? ¿Por qué lo hacen a veces de una manera y a veces de otra? Al hablar de las costumbres políticas de cada reino, hay una invitación al lector a comprender las razones de que los elementos tengan diferentes estructuras.

Sin exagerar la analogía, es necesario intentar, si usted quiere, otro tipo de sistematicidad, muy distinto al que se emplea en el aula o en un libro de texto. El propósito universal de querer enseñar de la manera más ágil y profunda puede lograrse si uno se eleva por los aires y luego desciende a visitar esa nueva tierra.

El istmo

CC: Háblenos un poco más de esta región en términos "geográficos". Háblenos del istmo.

PA: En efecto, en lo más profundo del desierto de los metales hay una zona que podemos equiparar a un istmo y va del zinc al escandio y termina en el titanio. Este es un reino muy representativo de la sociedad tecnológica que estamos viviendo. Es fuerte y resistente a la corrosión y, no obstante, ligero. Junto con el vanadio y el molibdeno, aliados del hierro, este istmo nos da un acero durable para cortar la piedra y construir masivamente. El istmo es una región muy importante.

CC: ¿Podría relatarnos qué sucede cuando llueve en una remota parte, la zona de los metales muy reactivos?

PA: En la región del noroeste más extrema está el litio, donde la lluvia tiene un efecto casi nulo. Ciertamente la tierra se cimbra y aparecen burbujas con el gas de hidrógeno cuando las gotas golpean el piso. Pero en general la reacción ocurre en calma. En cambio con el sodio, que se ubica en la frontera sur, la situación es distinta. Aquí la tierra se convulsiona y hierve cada vez que llueve. Algo peor sucede en el reino más próximo al sur, el potasio. Tan virulenta es la reacción aquí que el hidrógeno se inflama. En las regiones más sureñas del rubidio y el cesio, cada gota de lluvia es una bomba. Como vemos, hay un

aumento de reactividad química conforme nos vamos alejando del norte y nos acercamos al sur. Esta fuerza es muy útil, digamos, para la vida. Un elemento esencial en la actividad de un sistema nervioso es el sodio.

Justamente al oriente de los metales alcalinos encontramos otra zona, llamada de las tierras alcalinas, como el calcio. Cuando llueve, esta región se comporta en forma parecida al litio, aunque el primero es más útil que este último, al menos la naturaleza le encontró un mejor uso que nosotros al litio (componente de bombas nucleares). El calcio, como se sabe, forma parte de la actividad nerviosa, como el sodio y el potasio, pero también es un elemento característico de la forma y el sostén. El fosfato de calcio forma los huesos de los cuerpos con endoesqueleto, mientras que el carbonato de calcio forma las conchas de los cuerpos con exoesqueleto. La acumulación de desechos de este carbonato de calcio ha contribuido a la rigidez del paisaje. La piedra caliza es una herencia de la antigua vida marina y permanece gracias al calcio que contiene.

Podemos decir muchas cosas más con respecto a las zonas exploradas por la naturaleza mucho antes que los seres humanos. Una de ellas corresponde al sulfuro de hidrógeno, cuya fórmula es más que una analogía del agua, pues puede ser utilizado por muchos organismos como el líquido vital en el proceso de fotosíntesis, es decir, como una fuente de hidrógeno.

Espíritu aventurero

CC: Quisiera que nos hablara ahora un poco de los capítulos dedicados a la historia del descubrimiento de estas regiones tan familiares y a la vez tan desconocidas.

PA: Muchos químicos, físicos y artesanos han colaborado en esta empresa. Ya sea a través de viajes casuales o de expediciones bien planeadas, el espíritu aventurero es ancestral. ¿Quién descubrió el fierro? Nadie lo sabe. Los registros más antiguos de los exploradores aparecen hasta el siglo XVII. Algunos elementos, como el oro, el cobre y el azufre pueden hallarse en forma natural, al igual que los gases que componen la atmósfera. Sin embargo, se requirió de un poco de sofisticación y paciencia para entender que este envoltorio invisible era una mezcla de varios elementos y compuestos.



El oxígeno es un reino cuyo descubrimiento causó una disputa. Fue encontrado oficialmente en 1774, por el clérigo inglés Joseph Priestley, sirviéndose de un objeto distante, el Sol. Enfocó la energía de la estrella hacia una lente de óxido de mercurio, con lo cual generó burbujas de un gas vivo. En realidad, el oxígeno había sido descubierto dos años antes por un oscuro farmacéutico sueco, Karl Scheele. Como sucede durante el descubrimiento en nuestro mundo, es típico que se otorgue el crédito a la "última" persona en descubrir un reino, como fue el caso del oxígeno. Lo mismo pasó con el hidrógeno, preparado mucho tiempo antes de que "finalmente" fuese descubierto por el solitario químico inglés Henry Cavendish.

No debemos dejar de mencionar a grandes descubridores de reinos inexplorados por el ser humano, como Humphry Davy, quien descubrió el calcio y el estroncio en 1808, y al químico ruso Dmitri Mendeleiev, quien en 1869 encontró la forma original de la tabla periódica de los elementos. Mediante inferencia, Mendeleiev predijo la existencia de reinos donde parecía no haber nada. Así, intuyó la presencia de un *eka-silicio* (la palabra en sánscrito para el número uno), esto es, el germanio, que sería descubierto por el alemán Clemens Winkler en 1886. Lo mismo sucedió con el *eka-boro*, es decir, el escandio, aislado en 1936, si bien se conocía desde 1876, y el *eka-aluminio* o galio, aislado en 1875. Marie Curie, junto con

su esposo Pierre, fueron intrépidos exploradores que descubrieron tierras difíciles, como el radio, a partir de lo que conocían de un vecino del norte, el bario.

El temor a la química

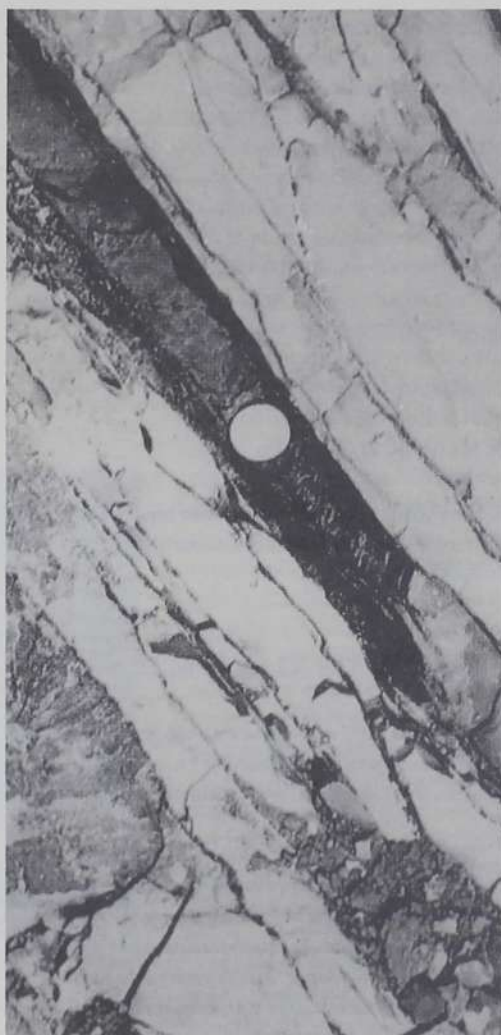
CC: ¿Usted propone, entonces, que la visita sea más que turística, la de un verdadero viajero?

PA: Si hemos de aspirar a una cultura científica cada vez más amplia, sí. No podemos "fusilar" al lector con una serie de datos y argumentos a veces abstrusos para explicar por qué la tabla periódica es como es. Es necesario guiarlo hasta cierto punto y luego soltarlo, de manera que aprenda a trazar su propia ruta según sus intereses. Estamos hablando de una lectura dinámica, un tanto flexible del libro, aunque siempre recomiendo que se siga el orden establecido no por capricho del autor sino por su experiencia como guía. Es como si uno intentara aventurarse por los Himalayas sin un guía tibetano. Ellos ya han recorrido ese camino antes. Cuando uno está a punto de conquistar un nuevo paraje y de entender cuáles es su fin en este mundo, entonces es posible descubrir las claves y los hechos maravillosos que envuelven a la tabla periódica de los elementos.

Para muchos, la química puede ser una materia ardua porque muchos aspectos parecen no tener ninguna conexión entre ellos. Los químicos han descubierto los nexos familiares que hay en el mundo que nos rodea. ¿Quiénes son los antepasados, quiénes los padres, tíos, hermanos, primos y sobrinos, nueras y concuños? Es interesante perseguir las metáforas mientras no ensombrezcan el panorama, mientras no se conviertan en una pesada carga para lo que es importante decir y, sobre todo, que el público lo crea, que esté convencido de que le importa lo que lee.

CC: ¿Cuál es el mayor obstáculo que usted ha encontrado al escribir libros de química para el público?

PA: El temor de la gente por la química, no sólo en los salones de clase de todo el mundo sino en la apreciación de que esta disciplina es la responsable de males que aquejan a la vida en la Tierra, como el calentamiento global o las sustancias utilizadas como armas militares. No cabe duda de que éste es el lado oscuro de



la química y que no podemos negarlo. Pero también posee un lado muy brillante, mucho más importante, que tiene que ver con el continuo esfuerzo por mejorar las cosas, sin olvidar el espectacular desarrollo de la agricultura y la industria farmacéutica en los últimos decenios. Apenas hace cien años era un horrible suceso ir al dentista; hoy es incluso agradable e interesante si el médico lo permite. Los fertilizantes han permitido alimentar a muchos más de lo que hubieran pensado nuestros antepasados recientes. Lo que concluyo de todo esto, del poder que

tiene la química, es que tenemos que ser cautelosos en la forma como se emplean sus aplicaciones, lo cual es un problema actual.

El espíritu de la química

CC: ¿Y en cuanto a los libros de texto, por los cuales es usted reconocido, qué obstáculos ha encontrado en su relación con ese público en particular?

PA: Algunos de estos libros están destinados a jóvenes que se han decidido ya por una carrera científica, donde habrán de llevar varios cursos de química; otros a jóvenes que están terminando la enseñanza media. En todos los casos trato de mantener vivo el espíritu de los mejores químicos: la capacidad de sorprenderse, de ser flexibles y metódicos, no renunciar a una mirada meticulosa y dudar de lo que vemos. Esto tiene grandes dificultades cuando se escribe un libro de texto. Pero es la forma como veo la química, lo que quiero transmitir. No se pueden inventar métodos graciosos para enseñar físico-química pero se pueden hacer de manera que el estudiante se sienta halagado en su inteligencia, ya sea por la brevedad o por la contundencia de ciertos argumentos. Esto me ha tomado varios años aprender a reconocerlo.

CC: Es sencillo porque es fácil decirlo, es como ponerse los anteojos adecuados desde la primera vez.

PA: Bueno, hemos hablado poco de química y, no obstante, lo que pretendo al escribir libros es que los lectores no vean un trozo sólido de papel y tinta sino las moléculas y sus interacciones que acontecen en él y por él. Me he encontrado con muchas personas que agradecen el saber qué moléculas intervienen en la cena que se van a comer y se interesan profundamente por aprender el origen de ciertas sustancias que van a ingresar en su cuerpo. Saber qué está pasando es, a mi entender, una forma de mantener sano y vigoroso el espíritu de la química en nuestros días. A veces no parece pero las fronteras de esta ciencia se mueven de la manera más impensada, como sucedió con el caso del C_{60} , molécula despreciada en un principio y que ya ha despertado la curiosidad de muchos químicos en el mundo. Tradicionalmente se nos ha emparentado con la magia; pues bien, somos los magos de los nuevos materiales. En realidad, sólo deseamos hacer que la vida se pueda disfrutar de la mejor manera posible.



Notas

1. Véase R. Wolf, *Avance y Perspectiva* **17**, 267 (1998).
2. No existe traducción al español. En esta colección han publicado Murray Gell-Mann, Daniel C. Dennett, Stephen Jay Gould, Lynn Margulis, Steven Pinker, Susdan Greenfield, Paul Davies y Richard Leakey, entre otros.



De motu proprio: una historia de la fisiología del movimiento, Eugenio Frixione, Siglo XXI Editores, 1999

Marcelino Cerejido

El autor de este libro es profesor del Cinvestav y ha dedicado muchos años y muchas de sus investigaciones al citoesqueleto de microtubitos y microfibrillas que las células tienen en su inte-

rior, y que les permite armarse y, sobre todo, moverse. Pero ¿para qué necesita moverse una célula? Frixione nos explica que si no fuera por su capacidad de moverse, las células no podrían adoptar las formas que necesitan tener, ni acomodarse en tejidos, ni alargarse para formar fibras musculares. Si no fuera porque las células saben cómo moverse, nuestros músculos no funcionarían, seríamos paralíticos, nuestro corazón no podría latir. Si las células musculares de la pared intestinal no se contrajeran coordinadamente, el contenido de nuestro tubo digestivo no progresaría, la bilis no llegaría a la vesícula y luego no sería vertida para digerir grasas. Cosa mucho más grave aún: si no se contrajeran las fibras musculares de los vasos, el pene no entraría en erección, tampoco se pondría turgente el clítoris. Luego los espermatozoides no podrían mover su cola para viajar al encuentro del óvulo. Y así...

Frixione nos explica todo eso con clarísimos esquemas, muchos de los cuales dibujó él mismo, e incluye una rigurosa bibliografía por si alguien quiere consultar las fuentes o ampliar conocimientos. Así y todo, el libro es mucho más que un tratado de biología del movimiento. Arranca del problema filosófico planteado por los pensadores de la Grecia Clásica, pues cuando las piedras y las espadas entran en movimiento

El Dr. Marcelino Cerejido, miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*, es investigador titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. Dirección electrónica: cerejido@fisiol.cinvestav.mx.

siempre hay algo o alguien que les transfiere dicho movimiento, no tienen *motu proprio*. Pero cuando un perro echado de pronto se incorpora y sale caminando, no encontraban qué fue lo que le transfirió el impulso. ¿De dónde sacó la capacidad de moverse? ¿De dónde partió la orden? ¿Qué mecanismos la cumplen? ¿Cómo se trastoca el deseo de bailar un danzón en toda una coreografía coordinada, que es mucho más compleja que el movimiento de una piedra arrojada? El libro nos va presentando luego los sucesivos grandes pensadores, nos cuenta lo que averiguaron de la química de la contracción muscular, de las variaciones estructurales que experimenta un músculo, de innervaciones e irrigaciones, y llega así a explicar los últimos detalles de la biología celular y molecular hasta el día que el Dr. Frixione entregó su manuscrito a Siglo XXI Editores, que por cierto hizo un *capo lavoro* con esta edición. Hasta Patricia Reyes Baca se luce al ilustrar la tapa con una pertinentísima pintura de Giacomo Balla.

El libro enseña, ilustra y entretiene, y su calidad no sorprende en lo más mínimo, porque Frixione es un prestigioso miembro de la comunidad científica mexicana, de esos que si no lo conocemos, somos nosotros quienes lucimos

nuestra ignorancia. Lo que realmente celebro, es que un investigador sobrepase tanto lo estrictamente técnico, para encarar los aspectos profundos, que podríamos llamar culturales o filosóficos. No se trata de mero lucimiento intelectual porque, tal como lo explica Eugenio Frixione con precisión y fundamentos, el movimiento de los organismos pasó, de ser un profundo misterio de las regiones en que la filosofía emerge de la teología, a ser un moderno problema de biología molecular.

Siempre me quejo de que estamos tan especializados, que los bioquímicos que trabajan en cierta enzima se salen del salón cuando la conferencia que sigue es sobre una isoforma distinta de la misma enzima. Y ni se diga de las conferencias interdisciplinarias: no existen. Los conceptos de campus universitario y de vida académica se han reducido a chistes de mal gusto. Cada especialista está aislado produciendo *papers*. Así es: aunque luego les damos diplomas que los acreditan como doctores en *ciencia*, sólo formamos a nuestro alumnos como *investigadores*. Cuando presentan su tesis, las únicas preguntas que reciben de sus colegas en la audiencia se reducen a lo metodológico: ¿No has probado...? ¿No mediste...? ¿La diferencia es significativa...?

En la bibliografía sólo suelen citar trabajos especializados y recientes, pues sus bases científicas y culturales del reducido campo que investigan suelen ser muy magras. Contra este marco, el hecho de que Frixione haya producido un libro profundo, que además de describir fibras y moléculas discute el trasfondo histórico, comenta qué pensaba la humanidad cuando Fulano descubrió tal o cual cosa, de qué manera sus descubrimientos cambiaron no ya su conocimiento de cómo se mueven los organismos, sino su concepción misma de la realidad, ese hecho, como digo, me maravilla y entusiasma. Es otra de las cosas importantes por las cuales debemos felicitar a Eugenio Frixione.

Me place aconsejar el libro entusiastamente. Pero no me hago ilusiones, pues confieso que si de pronto llego a toparme en los pasillos con profesores, o alumnos que, tras haber leído el libro, se ponen a comentarlo y discutirlo, temo que la sorpresa detendría el movimiento de mis fibras cardíacas, o caería en opistótonos, posición que según el libro de Eugenio Frixione depende de la interacción entre la actina y la miosina, que a su vez, al desplazarse, contraen los músculos de los canales raquídeos y varios otros.



AVANCE Y PERSPECTIVA

órgano de difusión del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN
CONVOCA
al concurso institucional de
FOTOGRAFÍA

Con la finalidad de documentar fotográficamente y dar a conocer la vida cotidiana, las experiencias de trabajo y la actividad académica de nuestra institución.

La participación estará sujeta a las siguientes

BASES

1. Podrán participar de manera individual o colectiva todos los miembros de la comunidad Cinvestav de Zacatenco y de todas las unidades y laboratorios foráneos: personal académico, administrativo, técnico y manual, de base y de confianza y estudiantes. Los participantes deberán acreditarse con credencial vigente a la fecha de cierre de este concurso.
2. Para participar en el concurso se requiere entregar una fotografía en blanco y negro, en color o digital de 10 por 8 pulgadas sin retoque, montada en cartulina negra rígida de 11 por 14 pulgadas, con una leyenda al calce que dé título a la fotografía y con el seudónimo del participante claramente anotado en el reverso. *En sobre cerrado anexo se incluirán los datos del o los autores, nombre, seudónimo, edad, adscripción en el Cinvestav, datos para su localización, fotocopia de la credencial vigente, así como el negativo de la foto y el tipo de cámara y película utilizadas.*
3. Cada participante podrá concursar hasta con tres fotografías, en el entendido de que cada una será evaluada y dictaminada por separado.
4. Los temas de las fotografías serán elegidos libremente por el concursante y deberán referirse a la vida, la actividad y el trabajo realizados en el Cinvestav.
5. Se otorgarán diez premios con un monto de \$3000.00 cada uno y diez menciones honoríficas sin premio en efectivo.
6. Las fotografías premiadas y las que obtengan mención serán exhibidas a partir de la fecha de premiación por un período de 30 días en el vestíbulo del Auditorio Arturo Rosenblueth en la Unidad Zacatenco y durante ocho días en cada una de las unidades foráneas de la institución.
7. El concurso contará con un jurado *ad hoc* integrado por tres conocedores del tema.
8. Los materiales deberán entregarse personalmente en las oficinas de *Avance y Perspectiva*, atención Sra. Martha Aldape, o ser enviados por correo certificado o por mensajería profesional firmados con seudónimo. Al mismo tiempo, deberá entregarse el formato anexo debidamente llenado en sobre cerrado e identificado con el seudónimo del participante.
9. Los concursantes que resulten premiados ceden al Cinvestav el derecho de uso y explotación de las fotografías para que sean difundidas por la revista *Avance y Perspectiva*, el Informe Anual de Labores o cualquier otra publicación institucional avalada por el Cinvestav, dentro de un período de tres años a partir de la fecha de premiación. Por su parte el Cinvestav se compromete a otorgar los créditos correspondientes de autoría en cada caso.
10. La fecha límite para la recepción de materiales será el 31 de octubre del 2000.
11. La decisión de los jurados será inapelable. Se hará pública el 1 de diciembre del 2000. La premiación tendrá lugar en ceremonia pública que se celebrará en el Auditorio Arturo Rosenblueth del Cinvestav con la presencia del jurado y de las autoridades de nuestra institución, en fecha que se dará a conocer con la debida anticipación.



La Revista *Avance y Perspectiva* (A y P), órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), es una publicación bimestral con artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos o notas que se propongan para ser publicados en A y P deben enviarse por triplicado a :

Director Editorial, *Avance y Perspectiva*
CINVESTAV

Apdo. Postal 14-740

07000 México, D.F.

Tel. 5747 3800 ext. 6737, 6738 y 6739

Fax: 5747 7076

Los artículos y notas recibidos serán evaluados por especialistas seleccionados por el Consejo Editorial. Los artículos de divulgación deben dar cuenta de los logros o avances obtenidos en las especialidades que se cultivan en el CINVESTAV. Se buscará que su contenido sea ameno y novedoso. Deberán ser escritos a máquina, a doble espacio, con márgenes amplios y extensión máxima de 20 cuartillas. El lenguaje debe ser accesible a estudiantes de licenciatura sin perjuicio de la información científica o académica contenida en el artículo. Cuando sea necesario el uso de tecnicismos, deberá explicarse su significado con la amplitud conveniente. Se recomienda la inclusión de recuadros que aclaren el significado de conceptos de difícil comprensión. Dentro de lo posible, se evitará el uso de fórmulas y ecuaciones. Los artículos pueden tener subtítulos o incisos y un resumen al principio no mayor de cinco líneas, a manera de introducción, que atraiga el interés del lector. Las referencias bibliográficas aparecerán completas al final del artículo; cuando se mencionen en el artículo deberán indicarse con un superíndice y estar numeradas por orden de aparición. Deberán enviarse los originales de las figuras, gráficas o fotografías que acompañen el texto. Las figuras y gráficas se deben preparar por computadora a línea sin pantallas o con tinta china sobre papel albanene con buena calidad. Los autores recibirán las pruebas de galera de sus artículos con la debida anticipación. Sin embargo, para evitar retrasos en el proceso de publicación, los autores que usen un procesador de textos en microcomputadora, además del texto impreso en papel, deben enviar su texto grabado en un disco flexible. Los procesadores de texto útiles para este propósito son: *Microsoft Word*, *Word Perfect*, *Ami Pro*, *Xy Writer*, *Wordstar* y *Multimate*, guardando el documento con la extensión DOC.



XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas



XLIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas

ACTIVIDADES

Conferencias plenarios:

Salvador Moncada, Inglaterra
Torsten Wiesel, EUA
Carlos Belmonte, España
Ricardo Miledi, México
Alberto Aguayo, Canadá

Simposios

Sesiones orales

Carteles

Talleres

Cursos precongreso

TEMATICA

Biología del desarrollo
Neurobiología comparada
Ritmos circádicos
Epitelios
Oxido nítrico
Neuropéptidos
Neuroendocrinología
Mecanismos de memoria
Fisiología cardiovascular
Fisiología respiratoria
Neurología experimental
Regulación del volumen celular
Neurotransmisores
Músculo
Canales iónicos

INFORMES:

Presidente de la SMCF
Dra. Rosalinda Guevara
Facultad de Medicina, UNAM
Teléfono: lab. 55503587;
FAX: 56232241
rguevara@servidor.unam.mx

Secretario de la SMCF
Dr. Ismael Jiménez
CINVESTAV, IPN.
Teléfono: 57774700 ext. 5164
FAX: 57477105
ijimenez@fisio.cinvestav.mx

PAGINAS WEB:

<http://smcf.fisio.cinvestav.mx/index.html>
<http://ifc.sunl.ifisiol.unam.mx/smc/>
<http://www.servimed.com.mx>

Sede:

Hotel Fiesta Americana Coral Beach
Cancún, Quintana Roo, México
3-7 de septiembre de 2000

Maestría, Doctorado, Posdoctorado

Partículas elementales
Fisicamatemática
Física nuclear
Gravitación

Materia condensada
Física estadística
Física médica
Astrofísica



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Departamento de Física

Examen de admisión a maestría, doctorado directo y cursos propedéuticos el 12 de febrero y el 14 de mayo de 2001.

Inscripciones al doctorado en cualquier época del año.

BECAS de Conacyt

Coordinación de admisión

Departamento de Física, Cinvestav

Apdo. postal 14-740

07000 México, D.F.

Tel. (52-5) 747 3831

Fax (52-5) 747 3838

admission@fis.cinvestav.mx

<http://www.fis.cinvestav.mx>

Maestría, Doctorado, Posdoctorado



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN
Departamento de Física

Maestría, Doctorado, Posdoctorado



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN
Departamento de Física

vista tridimensional