



AVANCE Y PERSPECTIVA

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



Volumen 19
Mayo-junio de 2000
México ISSN 0185-1411
\$ 25 pesos

Teorías de
cuerdas



XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas



XLIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas

ACTIVIDADES

Conferencias plenarias:

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 cardíacos
Epitelios
Óxido 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.ifisio.unam.mx/smc/>
<http://www.servimed.com.mx>

Sede:

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



FT009564



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 DE RECURSOS
HUMANOS Y MATERIALES
Jesús Fernando Ureste Balam

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
Luis Moreno Armella
MATEMÁTICA EDUCATIVA
Ángeles Paz Sandoval
QUÍMICA
Miguel Ángel Pérez Angón
FÍSICA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

Correo electrónico:

avance@mail.cinvestav.mx

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

RESPONSABLE
Valente Espinosa

AVANCE Y PERSPECTIVA

SUMARIO

Volumen 19

mayo-junio del 2000

- 131 *¿Qué es la teoría de cuerdas?*
Alberto Güijosa Hidalgo
- 143 *RMN como herramienta en sistemas vivos*
R. Montalvo González, J.A. Guerrero Álvarez y A. Ariza Castolo
- 153 *Memoria amniótica*
Jorge Hernández R.

PERSPECTIVAS

- 159 *La paella y el desarrollo de la ciencia*
Juan José Rivaud

FORO

- 162 *Libertad para investigar*
Donato Alarcón Segovia
- 163 *Sobre la falta de costumbre de terciar*
Gabriel López Castro

NOTICIAS DEL CINVESTAV

- 167 *Arturo Cueto Hernández y Tomás David López Díaz, Premios Weizman 1999*
Gabriel Cota Peñuelas, jefe del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias
José Luis Leyva Montiel, director de la Unidad Guadalajara

DIÁLOGOS

- 171 *Microbiología celular en el Pasteur*
Carlos Chimal

LIBROS Y REVISTAS

- 177 *El Primer Emporio Perlero Sustentable del Mundo, de M. Cariño y M. Monteforte*
Zulema Puig Amarillas
- 179 *La ética en las ciencias: el caso de las revistas científicas*
Keith H. Pannell

ESPACIO ABIERTO

- 185 *Humor y periodismo científico*
Manuel Calvo Hernando

Portada: Interpretación artística de la revista *Scientific American* sobre la estructura del espacio-tiempo a distancias cercanas a la escala de Planck (10^{-33} cm), determinada por la dinámica de cuerdas y membranas.

Diseño: A. T. Kamajian

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 mayo-junio de 2000, volumen 19, se terminó de imprimir en abril 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: \$ 120.00.



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

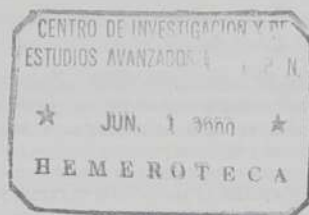
BASES

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 periodo 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 periodo 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.

concurso institucional de
FOTOGRAFÍA

¿Qué es la teoría de cuerdas?

Alberto Güijosa Hidalgo



¿De qué está hecho el universo?

Vivimos en un universo asombrosamente complejo. Los seres humanos somos curiosos por naturaleza e incesantemente nos hacemos preguntas sobre el mundo que nos rodea. Una de las más recurrentes es ¿de qué está hecho el universo? La teoría de cuerdas es nuestro intento más reciente por dar respuesta a esta pregunta. Desde mediados de la década de los ochenta, esta teoría es el candidato más prometedor para unificar a la gravedad con las otras fuerzas fundamentales. En los últimos cinco años se han realizado avances muy importantes que han transformado radicalmente nuestra concepción de esta teoría. En este artículo presentaré los ingredientes centrales de la teoría, desde las ideas básicas hasta los avances más recientes.

Hasta donde sabemos con certeza, nuestro mundo está compuesto de doce ladrillos básicos, seis quarks y seis leptones, que interactúan a través de cuatro fuerzas básicas: la gravedad, el electromagnetismo, y las interacciones fuerte y débil. La teoría cuántica de campo es el lenguaje básico que la física moderna utiliza para describir estas estructuras. El conjunto de teorías de campo que se conoce como el modelo estándar (el cual se completó en la década de los setenta) describe el comportamiento de todas las partículas y fuerzas conocidas con precisión impecable; pero con una excepción notable: la gravedad. La fuerza de gravedad, la más fa-

El Dr. Alberto Güijosa Hidalgo realiza una estancia posdoctoral en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Estocolmo, Suecia. Dirección electrónica: alberto@physto.se

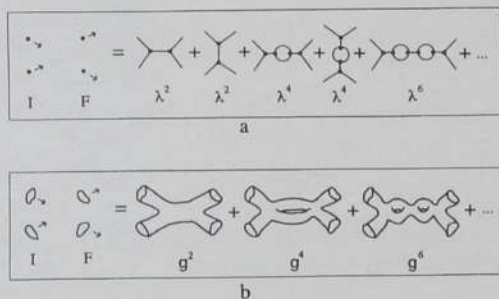


Figura 1. a) Desarrollo perturbativo en una teoría de campo, para un proceso con dos partículas iniciales (I) y dos finales (F). La probabilidad del proceso se calcula con una suma de diagramas de Feynman, compuestos de líneas y vértices (puntos). Las líneas representan las trayectorias que las partículas describen conforme transcurre el tiempo (de izquierda a derecha en cada diagrama). Cada vértice representa una interacción (división de una partícula en dos), e implica por tanto un factor adicional de λ , la constante de acoplamiento. (b) Desarrollo perturbativo del proceso análogo, cuando las partículas se reemplazan con cuerdas. Los diagramas de Feynman son ahora superficies generadas por las cuerdas conforme transcurre el tiempo. Los diagramas con más interacciones (división de una cuerda en dos), tienen más "manijas". Cada manija da lugar a un factor adicional de g^2 , donde g es la constante de acoplamiento. No hay vértices; en cada superficie, ningún punto se distingue de los demás. Nótese también que en la teoría de cuerdas existe un solo diagrama asociado con cada potencia de g^2 .

miliar en nuestra vida diaria, ha resultado muy difícil de describir a nivel microscópico. Por muchos años éste ha sido uno de los problemas más importantes en la física teórica: formular una teoría cuántica de la gravedad.

La dificultad radica en que, si uno trata de cuantizar¹ la gravedad de la misma manera que las otras fuerzas, se encuentra con que la teoría predice que algunos procesos ocurren con probabilidad infinita². Con mayor detalle: en una teoría de campo la probabilidad de un proceso se calcula normalmente usando un desarrollo perturbativo: una suma de un número infinito de términos, los cuales se representan usando los llamados diagramas de Feynman (figura 1a). Cada nuevo término en la suma involucra un factor adicional de algún parámetro adimensional, la llamada constante de acoplamiento λ , que determina la intensidad de las interacciones. Cuando este parámetro es pequeño decimos que la teoría es débilmente acoplada y términos sucesivos en la expansión perturbativa son cada vez más pequeños; la expansión es entonces útil. Por el contrario, cuando la

teoría es fuertemente acoplada el desarrollo perturbativo es inservible y es muy difícil analizar la teoría; se requiere información no perturbativa.

Gravedad cuántica

En el caso de la gravedad, la constante de Newton G_N tiene dimensiones inversas de energía al cuadrado³, así que la combinación $G_N E^2$ (donde E es la energía característica del proceso) es adimensional y juega el papel de constante de acoplamiento efectiva. El hecho de que esta combinación crece con la energía da origen a divergencias incurables en el desarrollo perturbativo —decimos que la teoría es no renormalizable.

Nos hemos topado antes con un fenómeno similar: la teoría de Fermi describía la fuerza débil como una interacción asociada con una constante de acoplamiento G_F , también con dimensiones inversas de energía al cuadrado. La teoría es no renormalizable, y las divergencias que produce son síntoma de que sólo es válida para describir procesos cuyas energías son menores que cierta escala energética. Más allá de esta escala aparecen nuevos efectos físicos; la descripción adecuada es entonces la teoría de Glashow-Salam-Weinberg (la cual es parte del modelo estándar). Podemos decir que el comportamiento a altas energías se mejora o se "modera" porque la interacción se "esparce" y tiene lugar en dos puntos en el espacio-tiempo, en vez de un solo punto.

En el caso gravitacional, es natural anticipar entonces que las divergencias del desarrollo perturbativo son nuevamente síntoma de que se requiere una descripción alternativa más allá de cierta escala energética. (Otra posibilidad es que las divergencias sean meramente un producto de la expansión perturbativa, y no aparezcan en las amplitudes exactas. Esto parece improbable, y ciertamente no es lo que sucede en el caso de la fuerza débil.) Sólo conocemos una manera de "esparcir" la interacción gravitacional para curar las divergencias. La idea básica es bastante sencilla: se requiere que a la escala de Planck (unos 10^{-33} cm) el gravitón y las otras partículas fundamentales no sean puntos (como normalmente las consideramos), sino objetos unidimensionales—cuerdas⁴. A primera vista ésta parece una idea rara; pero, dado que es la única solución que conocemos,



vale la pena examinarla a fondo. Como veremos, esta sencilla modificación tiene consecuencias drásticas y muy atractivas.

Cuerdas

La diferencia más importante entre un objeto puntual y una cuerda es que, mientras un punto sólo puede moverse, una cuerda puede (además de trasladarse como un todo) oscilar de diferentes maneras. Según el estado de vibración en que se encuentre, una sola cuerda puede parecer, a distancias mucho mayores que la longitud l_c que la caracteriza (alrededor de 10^{-32} cm), una partícula puntual con diferentes propiedades. En particular, en cualquier teoría de cuerdas uno de los posibles estados

resulta tener todas las propiedades del gravitón — la partícula mediadora de las interacciones gravitacionales. Además existen otros estados con propiedades de fermiones (como el electrón), bosones de norma (como el fotón, la partícula portadora de la fuerza electromagnética), y escalares (como el bosón de Higgs). Estos son los ingredientes del modelo estándar. De esta manera, la teoría de cuerdas no es sólo una teoría cuántica de la gravedad, sino que es infinitamente más ambiciosa: tiene el potencial para ser una descripción completa, unificada y consistente de la estructura fundamental de nuestro universo. (Por esta razón ocasionalmente se le otorga el arrogante título de “teoría de todo”).

En este esquema la interacción fundamental es la división de una cuerda en dos (o el proceso inverso). Según el estado en que se encuentren las cuerdas involucradas, esta interacción única puede reproducir, a energías bajas, cualquiera de las interacciones básicas de la naturaleza. Es importante enfatizar este hecho, que no deja de ser sorprendente: a partir de un solo componente básico, una cuerda, es posible obtener estructuras que incluyen al modelo estándar completo, además de la relatividad general.

Aunque para energías bajas la teoría de cuerdas se reduce a una teoría de campo, existen dos diferencias muy importantes. Para explicarlas, debemos primero entender que el desarrollo perturbativo en cuerdas implica una suma de términos asociados a superficies con diversos números de “manijas”. Esto es análogo a lo que sucede en una teoría de campo; pero de hecho en cada orden en el desarrollo perturbativo hay un solo diagrama de Feynman (figura 1b). La primera diferencia importante con la teoría de campo es que ningún diagrama tiene divergencias a altas energías. (En última instancia esto es porque la interacción en cuerdas se ha esparcido: diferentes observadores inerciales no están de acuerdo sobre el punto y el instante en el que la interacción sucede — a diferencia de lo que ocurre en el caso de objetos puntuales). ¡Así que la teoría de cuerdas es una teoría cuántica de gravedad finita!

El segundo aspecto importante es que la constante de acoplamiento de cuerdas g , el parámetro adimensional asociado con la interacción básica, y en el cual está dado el desarrollo perturbativo, no es un parámetro libre, sino el valor (de expectación en el vacío) de un

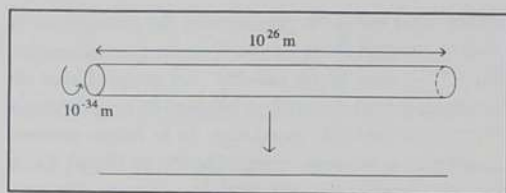


Figura 2. El universo manguera. En un universo con dos dimensiones, una extremadamente grande, y otra extremadamente pequeña, un observador que únicamente tuviera acceso a energías bajas pensaría que vive en un mundo unidimensional. De la misma manera, es posible que nuestro universo tenga dimensiones adicionales, siempre y cuando éstas sean extremadamente pequeñas.

campo escalar, el llamado dilatón. Esto quiere decir que diferentes valores de g corresponden no a diferentes teorías, sino a diferentes estados dentro de una sola teoría. A diferencia de las teorías de campo, la teoría de cuerdas no tiene ninguna constante adimensional libre. Esto es un aspecto muy atractivo en una teoría unificada del universo: significa que la teoría de cuerdas tiene el potencial para predecir el valor de las masas, cargas, constantes de acoplamiento, y demás parámetros que en el modelo estándar aparecen de manera completamente arbitraria.

Dicho esto, es importante recalcar que hasta el momento no existen predicciones concretas porque la teoría tiene un número muy grande de soluciones aproximadas, y debemos entender la dinámica de la teoría en gran detalle para determinar cuál es la solución real. Es decir, aún no sabemos cómo la teoría "elige" cuál de todas estas soluciones es la que corresponde al universo. Así que, de momento, desafortunadamente no hay predicciones definitivas; pero, como ya explicamos, sí tenemos excelentes postdicciones: la gravedad y el modelo estándar. El sentir generalizado es que sólo se podrán realizar predicciones cuando entendamos mejor la estructura matemática que subyace en la teoría⁵.

Diez dimensiones

Volviendo al tema principal, otro punto importante es que, para evitar patologías (como la existencia de estados con norma negativa) se requiere que la teoría de cuerdas esté formulada en $9+1$ dimensiones y sea supersi-

métrica. El primer requisito significa que, por primera vez en la historia de la física, una teoría podría quizás ser capaz de "predecir" el número de dimensiones que tiene nuestro universo. Esto es ciertamente sorprendente; lo que parece descorazonador es que a la predicción le sobran seis dimensiones!

Pero seamos un poco más cautelosos: en realidad es perfectamente posible que existan dimensiones adicionales, siempre y cuando su extensión sea microscópica — de manera que hasta el momento no hayamos podido detectarlas. Es decir que el universo puede ser algo así como la superficie de una manguera, con una dimensión muy grande (unos 10^{10} años luz) y otra muy pequeña (alrededor de 10^{-32} cm). Un observador que viviera sobre semejante manguera y sólo tuviera acceso a energías bajas pensaría que vive en un mundo unidimensional (figura 2).

Esto puede sonar misterioso; pero de hecho es una posibilidad natural por la siguiente razón. Sabemos que el universo se está expandiendo, y por tanto las tres dimensiones espaciales que conocemos eran, hace quince mil millones de años, extremadamente pequeñas. Es posible que la expansión haya sido anisotrópica, de manera que algunas dimensiones mantuvieran su tamaño original. De hecho, sabemos que gran parte de la complejidad de nuestro mundo se debe a que casi toda la simetría de la naturaleza está rota o escondida de alguna manera. Por ejemplo, en el modelo estándar, de la simetría de norma $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, sólo un componente $U(1)$ es aparente. De igual manera, bien pudiera ser que la simetría espacio-temporal aparente, $SO(3,1)$, sea sólo un subgrupo de la simetría subyacente, que tal vez sea $SO(9,1)$.

Además de ser una posibilidad natural, la existencia de dimensiones adicionales puede quizás explicar algunos de los patrones que vemos en la naturaleza. La topología y el tamaño de las 6 dimensiones adicionales influyen sobre la física que un observador detecta en 4 dimensiones. Dentro del marco de la teoría de cuerdas es posible construir modelos que se aproximan bastante al mundo real (en particular, modelos que incluyen el grupo $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ del modelo estándar, y tres generaciones de fermiones quirales).



Supersimetría

Aparte de vivir en diez dimensiones, una teoría de cuerdas consistente debe ser supersimétrica. La supersimetría es una simetría espacio-temporal que relaciona a bosones y fermiones⁶. La supersimetría fue descubierta en teoría de cuerdas, aunque es una idea lógicamente independiente. La existencia de supersimetría se puede considerar equivalente a la existencia de dimensiones espaciales adicionales — excepto que estas dimensiones son fermiónicas, es decir, las coordenadas correspondientes anti-conmutan. Un campo definido sobre el llamado superespacio, que incluye coordenadas fermiónicas además de bosónicas, se descompone, desde el punto de vista de nuestras dimensiones habituales, en campos fermiónicos y bosónicos. Así que, desde un punto de vista pragmático, supersimetría significa simplemente que en nuestro universo, por cada partícula que hemos detectado existe otra — su superpareja. Por cada bosón (espín entero) que conocemos, existe un fermión (espín semientero) que no conocemos, y por cada fermión conocido, un bosón no conocido. Si el

mundo fuera supersimétrico, las dos partículas en cada superpar tendrían exactamente la misma masa. Dado que éste no es el caso en la naturaleza, la supersimetría, si es que existe, necesariamente está rota en nuestro mundo, a través de algún mecanismo que hasta el momento no entendemos.

La existencia de supersimetría es muy atractiva por varias razones de carácter fenomenológico y se anticipa ampliamente que será descubierta en el futuro cercano. El indicio más importante para la existencia de la supersimetría es el hecho de que las constantes de acoplamiento asociadas con las fuerzas electromagnética, fuerte, y débil, se unifican de manera perfecta en el modelo estándar supersimétrico, mientras que sólo lo hacen de manera aproximada en el modelo estándar habitual. Dado que los estados conocidos de la teoría de cuerdas que más se aproximan a nuestro mundo tienen como común denominador la presencia de supersimetría a bajas energías (es decir, poco más altas que la escala débil), se puede considerar ésta una predicción genérica de la teoría de cuerdas.

Dualidad

Hasta el momento hemos hablado de la formulación perturbativa de la teoría de cuerdas. Desde este punto de vista, sabemos desde finales de los años ochenta (como resultado de lo que se ha llamado la primera revolución de cuerdas) que en realidad existen no una sino cinco teorías de cuerdas consistentes (supersimétricas y en diez dimensiones): Tipo IIA, IIB, heterótica $E_8 \times E_8$ y heterótica $SO(32)$, y Tipo I. En las primeras cuatro las cuerdas fundamentales son cerradas, orientadas e irrompibles. En la última las cuerdas no tienen orientación y se pueden romper; es decir, existen también cuerdas abiertas. A bajas energías, cada una de estas teorías se reduce a una teoría de campo conocida; éstas son las llamadas teorías de supergravedad en 10 dimensiones.

A partir de 1994 ha ocurrido la segunda revolución de cuerdas, como resultado de la cual hemos aprendido bastante sobre la estructura no perturbativa de la teoría, transformando radicalmente algunas de las viejas ideas. El resultado más importante es que en realidad existe una sola teoría subyacente, y las cinco teorías de cuerdas identificadas anteriormente son sólo límites particulares de esta única teoría. (Así que nuestra situación anterior era algo así como la de aquellos cinco ciegos que se encuentran con un elefante — cada uno palpa sólo una parte del elefante, y por tanto se lo imaginan de manera muy diferente).

La herramienta fundamental para llegar a esta conclusión es el concepto de dualidad: dualidad es la equivalencia no trivial entre dos teorías aparentemente distintas. Esta no es una idea nueva; se conocía ya en modelos de dos dimensiones y conocemos ahora también ejemplos de dualidad en teorías de campo en cuatro dimensiones. Existen varios tipos de dualidades⁷. La llamada dualidad T identifica dos teorías definidas sobre espacios de distinto tamaño. Por poner un ejemplo, supongamos que en la teoría IIA la novena dirección espacial es un círculo de radio R . Resulta que esto es completamente equivalente a la teoría IIB, con la novena dirección circular; pero con radio $R' = l_s^2/R$ (figura 3a). ¡Nótese que $R' \rightarrow \infty$ cuando $R \rightarrow 0$! Sorprendentemente, se trata de dos descripciones diferentes de la misma situación física. Esto pone de manifiesto que las cuerdas describen el espacio de manera muy diferente a las partículas puntuales.

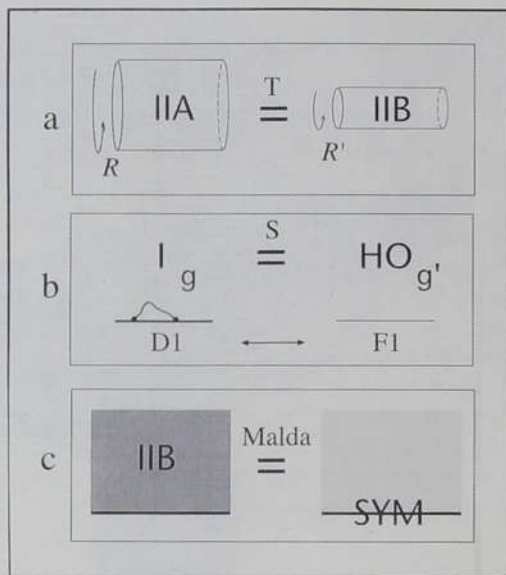


Figura 3. Ejemplos de dualidades. (a) La teoría IIA, definida sobre un espacio con una dimensión circular, de radio R , es equivalente (T-dual) a la teoría IIB con un círculo de radio $R' = l_s^2/R$. Cuando R es grande, el radio R' es pequeño, y viceversa. (b) La teoría I, con constante de acoplamiento g , es equivalente (S-dual) a la teoría heterótica $SO(32)$ (HO), con constante de acoplamiento $g' = 1/g$. Por ejemplo, la cuerda fundamental (F1) de la teoría heterótica es el mismo objeto que la D1-brana de la teoría I. Cuando g es pequeña, g' es grande, y viceversa. (c) La teoría IIB, definida sobre un cierto espacio con diez dimensiones, es equivalente (Maldacena-dual) a una teoría de campo (super-Yang-Mills $N=4$) formulada sobre la frontera cuatro-dimensional del mismo espacio.

Una dualidad extremadamente importante es la llamada dualidad S, la cual identifica una teoría con acoplamiento fuerte y otra con acoplamiento débil. Como ejemplo tenemos la teoría tipo I con constante de acoplamiento g que es equivalente a la teoría heterótica $SO(32)$ con acoplamiento $g' = 1/g$ (figura 3b). Es evidente que una relación de este tipo es muy útil, ya que permite obtener información no perturbativa acerca de una de las teorías en términos de un análisis perturbativo de la otra.

Teoría M

Entendemos entonces cómo diversas dualidades pueden conectar las teorías anteriormente conocidas, entrete-

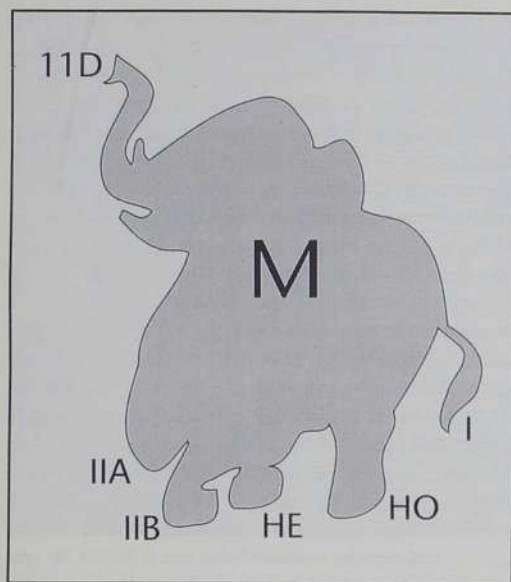


Figura 4. El elefante M. Las cinco teorías de cuerdas anteriormente conocidas, I, IIA, IIB, heterótica $E_8 \times E_8$ (HE), y heterótica $SO(32)$ (HO), son límites especiales de una sola estructura, la teoría M. Además de estos cinco límites, que dan lugar a teorías formuladas en diez dimensiones, la teoría M tiene un sexto límite que corresponde a un espacio-tiempo con once dimensiones (11D). Este último está descrito a energías bajas por la teoría de supergravedad once-dimensional.

jiéndolas en una estructura única. Esta teoría subyacente (es decir, el elefante entero) ha sido bautizada provisionalmente con el esotérico nombre de teoría M (figura 4). La letra M se puede referir a misterio (lo cual es apropiado, dado que todavía nos falta saber mucho sobre ella), madre, magia, membrana, matriz... La teoría M tiene un número muy grande de vacíos, entre los cuales se encuentran los cinco que corresponden a las teorías de cuerdas anteriormente conocidas, así como un sexto límite con mayor simetría — se trata de un vacío no con 9 sino con 10 dimensiones espaciales. Para energías bajas, este estado está descrito por la teoría de supergravedad en once dimensiones. ¡Así que uno de los resultados de la segunda revolución de cuerdas fue el descubrimiento de una nueva dimensión! No la quinta, sino la onceava ...

El límite once-dimensional es de hecho el límite de acoplamiento fuerte de la teoría IIA. Con mayor detalle:

hemos comprendido que, además de las 10 dimensiones conocidas, la teoría IIA tiene una dimensión adicional, circular, cuyo radio es $R = g l_e$. Esta relación pone de manifiesto que el desarrollo perturbativo (es decir, con g pequeña) es un desarrollo alrededor de $R=0$; ésta es la razón por lo cual la onceava dimensión no se había descubierto antes. Las otras teorías de cuerdas se pueden obtener también como distintas “compactificaciones” de la teoría M en once dimensiones.

D-branas

Al entender el origen once-dimensional de la teoría IIA se comprendió también que las cuerdas en la teoría en 10 dimensiones no son estrictamente unidimensionales, sino que tienen extensión en la onceava dirección; ide hecho son membranas enrolladas alrededor de la onceava dirección! Esto nos lleva al otro resultado crucial de la segunda revolución: los diversos límites de la teoría M contienen no sólo cuerdas (objetos unidimensionales), sino además una variedad de objetos no perturbativos, extendidos en varias dimensiones, que se llaman colectivamente *branas*. Una p -brana es un objeto extendido en p dimensiones espaciales, de tal manera que una partícula es una cero-brana, una cuerda es una uno-brana, una membrana es una dos-brana y así sucesivamente.

Un tipo particular de branas son las llamadas D-branas⁸. Estas han jugado un papel prominente por varias razones. En primer lugar, a pesar de su carácter no perturbativo, su comportamiento se puede describir muy fácilmente con las herramientas habituales en teoría de cuerdas. Esto se debe a que la propiedad que las define es la siguiente: una D-brana es una superficie en la cual una cuerda (normalmente cerrada) puede romperse (abrirse) siempre y cuando sus extremos permanezcan “atorados” en la brana⁹ (figura 5a). Dichas cuerdas representan excitaciones de la D-brana, de la misma manera que las cuerdas cerradas ordinarias son excitaciones del espacio vacío. De manera que las D-branas son objetos dinámicos y para describir su dinámica debemos hablar de cuerdas abiertas — algo que sabemos hacer bien desde hace tiempo. En particular, podemos calcular la tensión (energía por unidad de volumen) de estos objetos, la cual resulta ser inversamente proporcional a g , la constante de acoplamiento

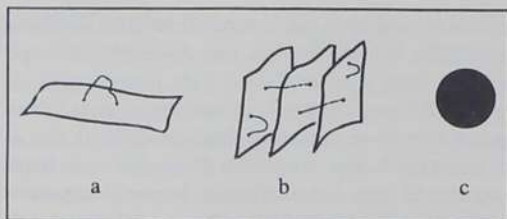


Figura 5. (a) Una D-brana es un objeto dinámico, cuyas excitaciones se describen usando cuerdas que terminan en ella. (b) En un sistema de varias D-branas pueden existir cuerdas que conectan a una brana con otra, además de cuerdas con sus dos extremos en la misma D-brana. (c) Cuando el número N de D-branas es suficientemente grande, un arreglo de D-branas y cuerdas como el que se muestra en la figura b (con las D-branas enrolladas alrededor de dimensiones ocultas) da lugar a los campos gravitacionales intensos característicos de un agujero negro (en nuestras cuatro dimensiones habituales).

de las cuerdas. Esto hace evidente su carácter no perturbativo.

Las D-branas ocupan un lugar importante en las distintas dualidades. La D1-brana de la teoría Tipo I, por ejemplo, resulta ser exactamente el mismo objeto que la cuerda fundamental de la teoría S-dual (heterótica). Una p -brana en la teoría IIA se convierte en una $(p \pm 1)$ -brana en la teoría T-dual (IIB), según esté o no enrollada alrededor de la dirección circular. A energías bajas, las excitaciones de una Dp -brana se pueden describir con una teoría de campo: se trata de una teoría de norma¹⁰, supersimétrica, definida sobre $p+1$ dimensiones, donde las coordenadas de la D-brana (en las $9-p$ dimensiones transversales) aparecen como campos escalares. Un aspecto muy interesante es que cuando hay N branas del mismo tipo, existen excitaciones adicionales que provienen de cuerdas que conectan una brana a otra (figura 5b), y la teoría se vuelve más compleja (no abeliana, con grupo de norma $U(N)$). En particular, los campos escalares que representan las posiciones de las D-branas se convierten en matrices $N \times N$. Esto es realmente fascinante: para describir N objetos en $9-p$ dimensiones, necesitamos no $(9-p)N$ sino $(9-p)N^2$ "coordenadas espaciales". Regresaremos a este punto más adelante. La relación entre D-branas y teorías de norma se ha utilizado en diferentes contextos para lograr una descripción geométrica de algunos fenómenos en teorías de norma¹¹.

Otro aspecto importante es que, dado que las D-branas son fuentes de los campos de supergravedad en diez dimensiones, cuando existe un número suficientemente grande de ellas, la colección de D-branas se puede describir (a bajas energías) como una solución macroscópica de las ecuaciones de supergravedad. En particular, las D-branas curvan el espacio a su alrededor, produciendo cierta métrica. Estas soluciones se conocen como p -branas negras, porque son generalizaciones directas del concepto de agujero negro — en particular, tienen un horizonte. Este hecho constituyó la base para otro resultado notable: la teoría de cuerdas, siendo una teoría cuántica de la gravedad, ha logrado solucionar (parcialmente) un problema con un cuarto de siglo de antigüedad: el origen microscópico de la entropía Bekenstein-Hawking de un agujero negro, $S_{BH} = A/4G_N$ (donde A es el área del horizonte). La idea básica es la siguiente: tomemos una cierta colección de un número grande, N , de D-branas compactificadas de tal manera que su descripción macroscópica sea a través de una métrica que corresponde a un agujero negro en cuatro dimensiones (figura 5c). Esta descripción es válida siempre y cuando $gN \gg 1$. Por otro lado, sabemos que el agujero negro está "hecho" de D-branas, y cuando $gN \ll 1$ podemos describir este sistema con una teoría de norma perturbativa. Podemos entonces contar el número de posibles estados microscópicos del sistema (es decir, determinar su entropía) en esta descripción perturbativa y compararlo con el área del horizonte. Esta comparación no es válida en general, puesto que se trata de cantidades con distinto régimen de aplicabilidad. Sin embargo, existen ciertas configuraciones supersimétricas (los llamados estados BPS) donde el número de estados es determinado por la propia supersimetría, y por tanto es independiente del valor de g . En estos casos, se puede verificar explícitamente la relación de Bekenstein-Hawking.

Relación gravedad/norma

Después de los trabajos iniciales, se realizaron muchos trabajos adicionales sobre esta comparación¹² y se descubrió que muchas veces funcionaba aun en casos no supersimétricos. Consideraciones de este tipo desembocaron en última instancia en la ya célebre conjetura de Maldacena, que establece la equivalencia (dualidad) entre una teoría de cuerdas definida sobre cierto espacio



y una teoría de campo definida sobre la frontera del mismo espacio.

El caso más estudiado (que resulta del análisis de un sistema de D3-branas) es la relación entre la teoría de cuerdas IIB, definida sobre un espacio diez-dimensional específico¹³, y una teoría de norma supersimétrica: la teoría de Yang-Mills¹⁴ $N=4$, con grupo de norma $SU(N)$, en 4 dimensiones (figura 3c). Maldacena conjeturó que estas dos estructuras son idénticas. La identificación es tal que para N grande la curvatura del espacio diez-dimensional es pequeña, y por tanto la teoría IIB se reduce a una teoría de supergravedad.

El trabajo de Maldacena vuelve realidad la antigua propuesta de 't Hooft para describir las teorías de norma con N grande en términos de una teoría de cuerdas. En los últimos dos años se han realizado muchísimos trabajos explorando diversos aspectos de esta sorprendente correspondencia entre una teoría de campo y otra de gravedad¹⁵. La dualidad de Maldacena tiene un enorme potencial para revelar finalmente el comportamiento de (al menos algunas) teorías de norma con acoplamiento fuerte. En la dirección opuesta, la dualidad de Maldacena implica que se puede formular una teoría de gravedad cuántica a través de una teoría de norma. Esto tiene una relación estrecha con una propuesta para la definición no perturbativa de la teoría M — la estructura

que subyace a la teoría de cuerdas. Se trata de la llamada teoría de matrices, que fue propuesta por Banks, Fischler, Shenker y Susskind (BFSS) un año antes que la conjetura de Maldacena. La idea central es que, de todas las diferentes branas que forman parte de la teoría, las D0-branas son, en cierto sentido, las más fundamentales. Un sistema de N D0-branas es descrito (a energías bajas) a través de una teoría de Yang-Mills supersimétrica en $0+1$ dimensiones, en la cual, como dijimos antes, las coordenadas de las D0-branas, X^I ($I=1, \dots, 9$), son matrices $N \times N$. La energía potencial del sistema depende del conmutador $[X^I, X^J] = X^I X^J - X^J X^I$, de tal manera que, para energías bajas, las matrices deben conmutar ($[X^I, X^J] = 0$), es decir, las nueve matrices pueden diagonalizarse simultáneamente. En este caso, los elementos diagonales representan directamente las posiciones de las N D0-branas. En general las branas no tienen posiciones bien definidas; en este modelo el concepto mismo de espacio sólo tiene sentido a bajas energías.

La propuesta de BFSS consiste en interpretar esta teoría, en el límite $N \rightarrow \infty$, como la teoría M en once dimensiones; pero en el llamado marco de momento infinito (es decir, un marco de referencia en el cual todos los objetos del proceso que interesa tienen un momento muy grande a lo largo de la onceava dimensión). Nótese que la descripción de las once dimensiones es bastante asimétrica: sólo el tiempo t figura como coordenada

explícita, nueve de las coordenadas espaciales aparecen como matrices, y la décima coordenada espacial es la transformada de Fourier de N , el número de D0-branas. No es posible ahondar en este tema en el presente artículo¹⁶; así que me limitaré a señalar que en este modelo distintos objetos se representan como subbloques diagonales en las matrices X^I , y las interacciones entre estos objetos que se obtienen al eliminar¹⁷ los elementos no diagonales reproducen de manera perfecta los resultados esperados — por ejemplo, las interacciones de supergravitones en once dimensiones.

A través de esta teoría de matrices y de la misma dualidad de Maldacena ha sido posible por fin dar una definición no perturbativa de la teoría M (y por tanto, de la teoría de cuerdas) por medio de teorías de norma con N grande. Este es ciertamente un avance importante pero muy probablemente ésta no sea la última palabra. Se requiere una definición más manejable de la teoría, y, en el caso ideal, una que sea independiente del fondo.

Para concluir, espero haber transmitido el por qué quienes trabajamos en teoría de cuerdas la consideramos una teoría extremadamente atractiva y prometedora. Además de tener el potencial de dar una descripción completamente unificada de nuestro universo, es una estructura teórica enormemente rica, que tiene puntos de contacto con muchos problemas importantes en la física teórica moderna (e incluso en matemáticas). Recalqué ya que ciertamente esperamos con ansiedad el día en que podamos hacer predicciones experimentales definitivas, para poder confirmar o descartar la teoría. Pero también es importante enfatizar que la teoría ha rendido ya muchos frutos muy importantes de carácter teórico.



Notas

1. Cuantizar un fenómeno significa formularlo en un marco que incluye las leyes de la mecánica cuántica.
2. Esto sucede también en primera instancia al cuantizar las otras fuerzas. La diferencia es que en esos casos existen métodos (el llamado proceso de renormalización) que permiten eliminar los infinitos y obtener predicciones sensatas— además de concordantes con los resultados experimentales.

3. En unidades naturales, en las cuales la constante de Planck y la velocidad de la luz son $\hbar = c = 1$.

4. B. Greene, *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory* (W.W.Norton 1999); E. Witten, *Phys. Today* **49**, 24 (abril 1996). Para una excelente introducción técnica a la teoría de cuerdas, incluyendo los avances más recientes (y referencias a todos los trabajos originales), véase J. Polchinski, *String Theory* (Cambridge Univ. Press, 1998). Además, se pueden encontrar varios cursos y pláticas sobre la teoría en el archivo electrónico <http://xxx.lanl.gov/archive/hep-th>; en particular, véanse A. Sen, "An Introduction to Non-perturbative String Theory," hep-th/9802051; J.H. Schwarz, "Beyond Gauge Theories," hep-th/9807195; A. Sen, "Developments in Superstring Theory," hep-th/9810356; J. Polchinski, "Quantum Gravity at the Planck Length," hep-th/9812104. El presente artículo está basado parcialmente en los últimos tres artículos.

5. En el pasado, la teoría de cuerdas ha sido en ocasiones criticada precisamente por no tener aún predicciones definitivas. Pero es interesante notar que con el tiempo el número de críticos disminuye. Incluso S. Glashow, quien fue en los años ochenta el crítico más destacado de la teoría, ha modificado su postura en tiempos recientes, y reconocido que, si queremos ir más allá del modelo estándar, necesitamos una alternativa a la teoría de campo — y la única alternativa que conocemos es la teoría de cuerdas. He parafraseado aquí un comentario de S. Glashow que se puede encontrar en B. Greene, *op. cit.*, p.214.

6. Las partículas elementales —y los campos que se usan para describirlas— se clasifican como bosones o fermiones dependiendo de su comportamiento bajo rotaciones. Los quarks y los leptones, los componentes básicos de la materia, son fermiones. Las partículas portadoras de las diversas fuerzas son bosones.

7. Véase E. Witten, *Phys. Today* **50**, 28 (mayo 1997). Para un compendio sobre las dualidades en cuerdas, véase por ejemplo, J. H. Schwarz, *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **55B**, 1 (1997) hep-th/9607201.

8. J. Polchinski, TASI lectures on D-branes, hep-th/9611050.

9. La letra D se refiere a las condiciones de frontera Dirichlet que esto implica.

10. Desafortunadamente en este artículo no hay espacio para explicar el concepto de teoría de norma; pero cabe señalar que estas teorías juegan un papel muy importante en la física teórica moderna y en particular en el modelo estándar. Un ejemplo concreto de una teoría de norma es la electrodinámica cuántica, la cual describe a la fuerza electromagnética.

11. A. Giveon y D. Kutasov, *Rev. Mod. Phys.* **71**, 983 (1999) hep-th/9802067.

12. G.P. Collins, *Phys. Today* **50**, 19 (marzo 1997); A. Peet, *Class. Quant. Grav.* **15**, 3291 (1998) hep-th/9712253.

13. El espacio en cuestión es $adS_5 \times S^5$: el producto de un espacio anti-de Sitter —es decir, un espacio homogéneo con una constante cosmológica negativa— con cinco dimensiones, y una esfera cinco-dimensional.

14. Las teorías de Yang-Mills son generalizaciones directas de la electrodinámica cuántica. Un ejemplo es la cromodinámica cuántica, que describe la interacción fuerte.

15. B. Goss Levi, *Phys. Today* **51**, 20 (agosto 1998). Se puede encontrar un resumen técnico sobre el tema en O. Aharony, S.S. Gubser, J. Maldacena, H. Ooguri, y Y. Oz, hep-th/9905111.

16. D. Bigatti and L. Susskind, *Review of Matrix Theory*, hep-th/9712072.

17. Por eliminar se debe entender aquí integrar (en el sentido wilsoniano). Este es un procedimiento usado en teorías de campo para extraer la información relevante a bajas energías.



**LA DIVISIÓN DE PARTÍCULAS Y CAMPOS
DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE FÍSICA**

CONVOCATORIA A LA MEDALLA 2000 DE LA DPC

La Medalla 2000 de la División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física (DPC-SMF) se otorgará a un investigador que haya contribuido de manera notable al desarrollo en México de la física de partículas y campos. Podrán concursar también físicos mexicanos radicados en o fuera de México, que se hayan destacado en el ámbito internacional por sus contribuciones en esta área del conocimiento.

BASES

1. Los candidatos deberán ser propuestos por miembros de la DPC-SMF
2. Las propuestas deberán incluir la siguiente documentación:
 - * Carta de presentación
 - * Currículo del candidato
 - * Carta de anuencia del candidato
3. El jurado estará integrado por Consejo Técnico Consultivo de la DPC-SMF. El fallo del jurado será inapelable y la Medalla no podrá otorgarse post mortem.
4. La Medalla 2000 será entregada en una ceremonia especial que se celebrará durante la IX Escuela Mexicana de Partículas y Campos que tendrá lugar del 9 al 18 de agosto del 2000 en Puebla, Pue.
5. La fecha límite para presentar candidatos es el 31 de mayo del 2000.

Las candidaturas y la documentación correspondiente deberán enviarse directamente al presidente en funciones de la DPC-SMF:

Mayores informes

Gerardo Herrera Corral
Depto de Física, CINVESTAV
Apdo. Postal 14-740
Av. IPN 2508
07000 México D.F.
Tel: 5747 3800 ext 3839, 6174
Fax: 5747 7098
gherrera@fis.cinvestav.mx

MEDALLA 2000 DE LA DPC

RMN como una herramienta en sistemas vivos

**Rubén Montalvo González,
Jorge A. Guerrero Alvarez
y Armando Ariza Castolo**

Núcleos y campos magnéticos

El hombre siempre ha tratado de comprender a la naturaleza y de tener evidencia de cómo funciona. Esto ha conducido a un análisis cada vez más microscópico, hasta llegar a la abstracción. Para poder analizar cualquier sustancia se ha empleado la espectroscopía, que permite estudiar los compuestos químicos sin destruirlos. En particular, en este artículo nos referiremos a una de las técnicas espectroscópicas más modernas que ha tenido un desarrollo muy impresionante: la resonancia magnética nuclear (RMN) ha emparentado el avance científico al progreso tecnológico, lo que ha permitido que en la actualidad se aplique en áreas muy diversas que van de la mineralogía a la medicina¹.

La primera evidencia experimental de la RMN se publicó de manera simultánea e independiente por dos grupos de investigadores en 1946. Esto motivó la comprensión de los conceptos básicos y despertó un gran interés en el uso de esta técnica. En 1953 se otorgó a ambos grupos el premio Nobel de física, y en este tiempo se produjo también el primer aparato comercial². Este éxito se originó con la comprensión teórica de las contribuciones del desplazamiento químico³ y de los mecanismos por medio de los cuales se genera el acoplamiento entre espines nucleares hechas por Ramsey en 1950 y 1953⁴.

En la década de los años 60 se utilizó esta técnica para analizar la estructura de moléculas pequeñas. Con

El Dr. Armando Ariza Castolo es investigador titular del Departamento de Química del Cinvestav. Rubén Montalvo González y Jorge A. Guerrero Alvarez son estudiantes de doctorado de este departamento. Correo electrónico: ariza@mail.cinvestav.mx

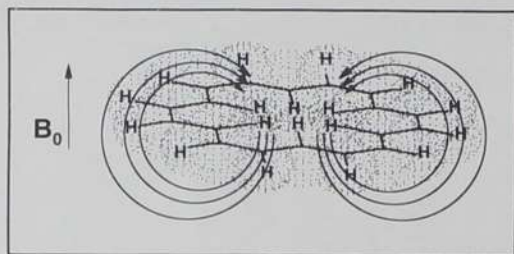


Figura 1. Campo magnético inducido por el ambiente electrónico; el desplazamiento químico de los hidrógenos internos es de -1.8 , mientras los externos se encuentran a 8.9 .

su ayuda es posible obtener información sobre el desplazamiento químico, las constantes de acoplamiento y el efecto nuclear Overhauser. El desplazamiento químico brinda evidencia del ambiente que rodea a cada tipo de núcleo, dado que los electrones de enlace y no-enlace generan corrientes diamagnéticas que crean un campo magnético efectivo sobre los protones nucleares. Esto a su vez origina que cada núcleo se observe a diferente frecuencia (figura 1).

Cuando un espín nuclear interacciona con otro espín despliega señales electromagnéticas que generan la multiplicidad de niveles nucleares y, por consiguiente, es una prueba de la conectividad de los átomos. Desde la década de los años 50 se relacionó la magnitud de las constantes de acoplamiento de los espines con la estructura molecular. Esto llevó al entendimiento de los factores que determinan su relación con el ángulo diedro⁵.

RMN dinámica

El fenómeno de la resonancia magnética no se puede describir completamente sin conocer el mecanismo por el cual la magnetización de los espines nucleares regresa al equilibrio, esto es el tiempo de relajación⁶. Los principales factores que afectan esta característica son la distancia internuclear y el tiempo de correlación⁷. Esto dio origen al estudio del efecto nuclear Overhauser por medio del cual se puede conocer la vecindad espacial de los átomos. A su vez, este efecto ha permitido determinar la estructura y conformación de las moléculas en solución; sin embargo, ello no implica necesariamente conocer la actividad biológica en el sitio receptor.

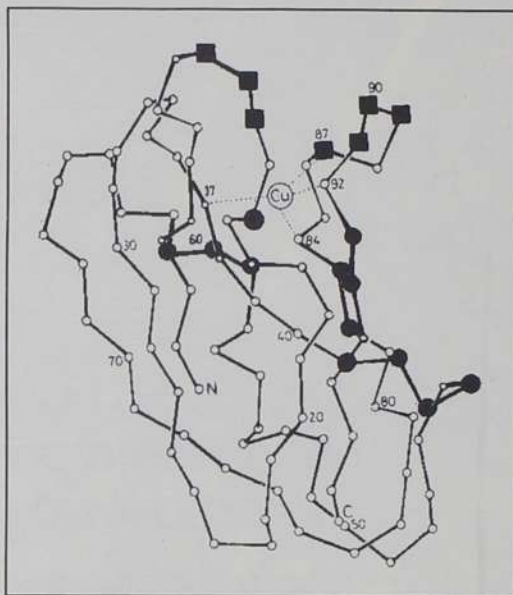


Figura 2.- Modelo de proteína que muestra una resolución de $2.7 \text{ \AA}$ en la posición de los átomos de carbono: α ; se encuentran numerados cada 10 aminoácidos. Los residuos marcados con un cuadrado indican una posición hidrofóbica y los señalados con un círculo representan grupos aromáticos¹⁰.

Desde los años 50 diferentes grupos de investigadores han realizado el análisis de los espectros generados por RMN considerando la conducta dinámica de las moléculas. Esto ha permitido estudiar movimientos muy rápidos como la rotación de un enlace sencillo que supera la frecuencia de observación⁸, así como determinar el orden de reacción en procesos que duran varias horas⁹.

Por medio de la RMN dinámica (RMND) es posible determinar la diferencia de energía entre todos los estereoisómeros que contribuyen en una solución, así como la barrera necesaria para pasar de uno a otro. Cuando esta energía es muy grande, presenta un contribuyente predominante que podría ser la forma estructural responsable de la actividad biológica (figura 2).

Transformada de Fourier

En los años 60 surge en medio de la incertidumbre el método que revolucionaría a la RMN¹¹: el uso de la

Tabla 1. Comparación de sistemas de imágenes obtenidas por RMN¹².

	Frecuencia de resonancia para ¹H [MHz]	Campo magnético [T]	Tamaño de objeto [cm]	Resolución espacial [mm³]	Aplicación
Tomografía por RMN (diagnóstico clínico)	9.6-100	0.23-2.4	<100	aprox. 5	cabeza y extremidades
Tomografía y espectroscopia in vivo (investigación biomédica)	41-200	1.00-4.7	<30	aprox. 2	animales tales como: conejos, ratas y ratones
Miniimagen	300-400	7.05-9.4	<12	aprox. 5x10 ⁻³	ratas y ratones
Microscopía por RMN	200-600	4.70-14.1	<2.5	aprox. 10 ⁻⁵	ratones, insectos y polímeros.

transformada de Fourier. Esto es posible mediante la detección de un espectro que depende del tiempo, lo que permite excitar a todos los núcleos presentes y repetir el experimento en periodos cortos; sin embargo, la técnica es útil sólo cuando se convierte el espectro en uno que depende de la frecuencia y que se logra precisamente por medio de una transformada de Fourier. Actualmente se realiza este procedimiento de manera rápida gracias al uso de las computadoras.

El empleo de campos magnéticos muy intensos en los años 70 permitió el análisis de moléculas más complejas; en este periodo se establecen las bases necesarias para poder obtener imágenes por medio de la RMN, lo que permite estudiar el efecto de las sustancias en el metabolismo y examinar órganos y animales de laboratorio (tabla 1).

Los imanes superconductores permiten tener campos magnéticos intensos; en la actualidad existen aparatos de RMN comerciales de hasta 900 MHz para la observación de ¹H. Este avance hace posible la determinación estructural de proteínas y el estudio intermolecular de complejos receptor-ligante¹³.

Limitaciones instrumentales

Aun cuando el panorama se vislumbra promisorio, se deben tener en cuenta las principales limitaciones instrumentales en la RMN: sensibilidad y resolución. En la actualidad se puede utilizar el método de la resonancia con casi todos los elementos de la tabla periódica; no obstante, cuando se analizan muestras con abundancia isotópica natural se encuentra que muchos de los núcleos tienen una baja receptividad. Para resolver este problema se han diseñado equipos y dispositivos que permiten analizar muestras en cantidades muy pequeñas (40 a 100 $\mu\ell$)¹⁴, así como muestras marcadas isotópicamente que permiten conocer el mecanismo por el cual se forma un metabolito. En algunos casos se puede recurrir al análisis en fase sólida y en la última década se ha podido utilizar un gradiente de campo magnético. La espectroscopía bidimensional se inició a principios de los años 70 con un experimento realizado por Jeener y sus primeras aplicaciones se llevaron a cabo a mediados de esa década; en la actualidad su uso ha sido sistemático.

Por medio de estos métodos se puede obtener evidencia de las correlaciones del desplazamiento

químico, el efecto nuclear Overhauser y el intercambio químico, así como correlaciones totales. Es posible hacer experimentos selectivos utilizando filtros cuánticos, lo que ha hecho que por un lado se tenga un incremento en la información en espectros muy complejos y por otro lado se aprecie una selectividad que los simplifica. Esto ha permitido que a partir de la información espectral se pueda elucidar la estructura estática y dinámica de macromoléculas con importancia biológica, como la hemoglobina.

El creciente interés en la RMN en el área de la biología proviene no sólo del análisis de compuestos complejos como son los oligopeptidos, oligosacáridos y los ácidos nucleicos, sino también de la determinación estructural de moléculas pequeñas que algunas veces se encuentran en muy baja proporción. Se han podido establecer también diferentes tipos de acciones internucleares que han permitido conocer los mecanismos de paso a través de membranas e identificar los sitios específicos que presentan una mayor actividad biológica. Esto ha facilitado el uso de la RMN como una herramienta para analizar metabolitos; a su vez, este desarrollo ha permitido preparar moléculas que mimetizan alguna actividad específica y determinar la forma en la que actúan estas sustancias, así como conocer y determinar *in vivo* la actividad biológica.

Acoplamiento con otros sistemas de análisis

Existen otros métodos con una sensibilidad muy alta capaces de detectar hasta un nanogramo¹⁵ de muestra, como cromatografía de gases (GS) y espectrometría de masas (EM). Aun cuando es común combinar estos equipos y obtener un alto poder de separación e información estructural, esta técnica se encuentra limitada, debido a que es necesario comparar los espectros con estándares. En cambio, en la RMN se utilizan cantidades considerablemente mayores a las empleadas en los equipos mencionados, y la determinación de la estructura puede realizarse con el análisis del espectro e incluso pueden diferenciarse isómeros.

Al acoplar los equipos de RMN a las técnicas de separación, como la cromatografía de líquidos de alta presión (CLAP) o la electroforesis capilar (EC) (figura 3), se logran identificar y analizar compuestos presentes

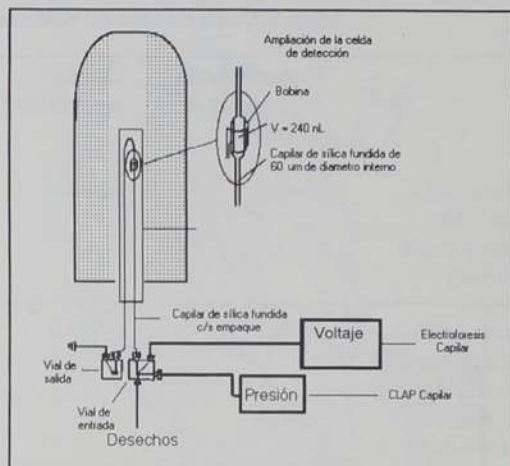


Figura 3. Esquema de la instrumentación del acoplamiento de la separación capilar con la RMN.

en diferentes tipos de mezclas como los crudos de extractos de plantas¹⁶, los obtenidos por química combinatoria¹⁷. Asimismo, es posible seguir el proceso de absorción o degradación de compuestos con actividad farmacológica mediante el análisis de los metabolitos presentes en plasma sanguíneo¹⁸, saliva¹⁶ y orina¹⁹.

Los primeros experimentos que utilizaron equipos de separación y RMN acoplados se realizaron a finales de la década de los años 70²⁰, pero no fue posible utilizarlos ampliamente debido a la baja sensibilidad de los equipos de RMN y a varios problemas técnicos relacionados con el uso de disolventes deuterados.

La miniaturización en los métodos de separación ofrece distintas ventajas sobre los métodos convencionales: se requieren menores cantidades de muestra, se consume menos eluyente y el tiempo de separación es menor debido a que esta técnica se lleva a cabo principalmente en solución y no requiere una transferencia de fase cuando se combina con los métodos de separación. Estos factores resultan ser muy importantes en el análisis de compuestos naturales y en los estudios farmacocinéticos sobre el metabolismo de medicamentos.

El acoplamiento directo de un cromatógrafo de líquidos a un equipo de RMN y el creciente desarrollo

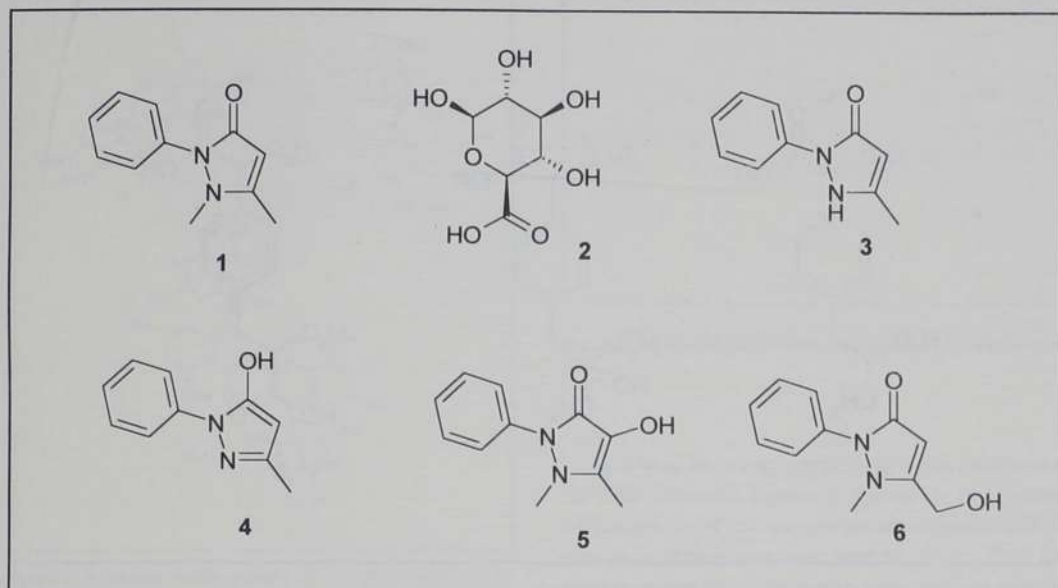


Figura 4. Principales metabolitos en la orina de hombres.

en la supresión de las señales de los disolventes hacen de esta técnica una herramienta poderosa para el estudio de biofluidos. En este acoplamiento el equipo de RMN puede realizar detecciones en flujo continuo o flujo estacionario. En el primero sólo se pueden obtener espectros de ^1H en una dimensión, y para el segundo es posible obtener espectros de ^1H , ^{13}C y espectros de dos dimensiones con correlaciones homo y heteronucleares.

El análisis de la antipirina (**1**)²¹ en un sistema CLAP-RMN (500 MHz) permitió una determinación inequívoca, rápida y sin ningún pretratamiento de los principales metabolitos presentes en la orina así como su conjugación al observar metabolitos producto de la N-desalquilación, hidroxilación, glucuronidación y sulfonación. Los principales metabolitos encontrados en la orina de hombres son el ácido glucurónico (**2**) conjugado con el compuesto N-desmetilado Norantipirina (**3**), el cual presenta a su vez tautomerismo con el 5-enol (**4**), 4-Hidroxiantipirina (**5**) y 3-Hidroximetilantipirina (**6**) (figura 4).

Al analizar el ibuprofen (**7**)²² por CLAP-RMN a 500MHz, usando para su correcta caracterización espectros de una y dos dimensiones, se encontró en la fase conjugada el metabolito (**8**) que forman un éster

con el ácido glucurónico (**2**) y en la fase oxidada el metabolito (**9**, figura 5). Este es un medicamento no esterooidal utilizado como un antiinflamatorio, el cual es extensivamente metabolizado en una mezcla de dos fases, una oxidada y la otra conjugada. En los humanos es excretado rápidamente a través de la orina.

Al igual que en los dos ejemplos anteriores, se han analizado compuestos orgánicos con actividad farmacológica presentes en plantas, como es el caso de los alcaloides naftilisoquinolia¹⁴ (**10**), (**11**) y (**12**), que se encuentran en las hojas de la planta *Ancistrocladus guineënsis* (figura 6). Se ha encontrado que estos compuestos presentan una promisorio actividad biológica y farmacológica: la dioncofilina (**10**) es activa contra la *Bionfalaria glabrata*, la dioncofilina (**11**) presenta excelente actividad antimalarial, y el dímero naftilisoquinolina micelamina (**12**) muestra una alta actividad contra el SIDA.

Estas muestras provienen de extractos crudos de las hojas de la planta *guineënsis* mencionada, a las cuales se les extrajo el agua para posteriormente disolverlas en agua deuterada y acetonitrilo deuterado. Estos dos disolventes se usaron como eluyente en la columna de

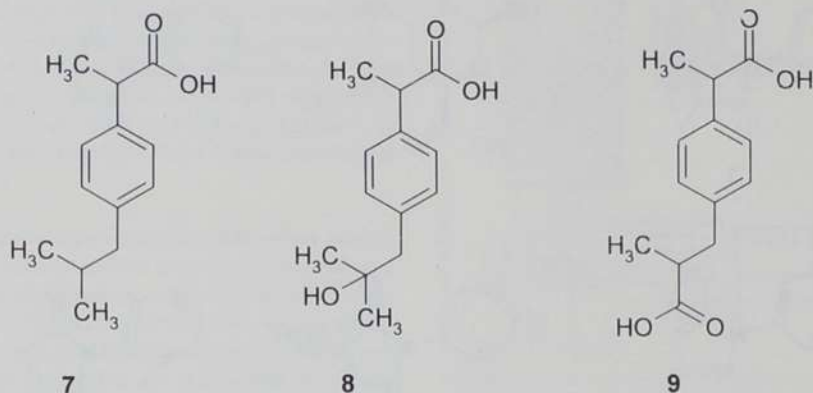


Figura 5. Otros metabolitos de la orina humana.

separación. La identificación y la determinación estructural de estos alcaloides fue posible mediante el análisis de espectros de ^1H y ^{13}C en una y dos dimensiones homo y heteronucleares. Estos fueron obtenidos en flujo continuo y flujo estacionario, mediante el uso del sistema acoplado CLAR-RMN a 600 MHz para la observación del ^1H .

Ciencia forense

En la ciencia forense las cantidades de muestras utilizadas son del orden de nanogramos. Aquí el principal método de análisis es CG-EM que se encuentra refinado actualmente por el desarrollo de la RMN. La principal ventaja en su uso consiste en que no requiere de un estándar. Esto es importante para el análisis de drogas debido a que el material de referencia no puede ser proporcionado por los proveedores comerciales y el estándar, al ser sintetizado, hace que el proceso sea lento y costoso. Si una droga es encontrada en forma intermitente, es mucho más fácil obtener un espectro de RMN que con el procedimiento requerido por un

cromatógrafo de gases. De hecho el mayor uso de la RMN en la ciencia forense es el análisis de drogas.

Las drogas pueden ser de origen natural como la cocaína (**14**)²³ y la morfina (**15**)²⁴, y sintéticas como las anfetaminas (2,5-dimetoxi-4-metilanfetamina) o STP (**16**)²⁵. Las de origen sintético son principalmente preparadas en laboratorios clandestinos que varían en sofisticación desde los que tienen estándares farmacéuticos hasta cocinas comunes²⁶ (figura 7).

En ocasiones el trabajo del químico forense es compilar información de estos laboratorios y de los materiales utilizados (disolventes, precursores, mezclas de reacción y residuos). Se ha encontrado que los espectros de RMN pueden ser muy útiles en la identificación del lugar de origen y los intermediarios de la droga, y es posible obtener información a partir de las impurezas presentes. Estas adulteraciones pueden identificar una ruta específica, y sugieren a su vez líneas para la investigación policiaca.

La EC-RMN consiste en la separación por electroforesis capilar y su análisis por RMN. Se aprovechan las

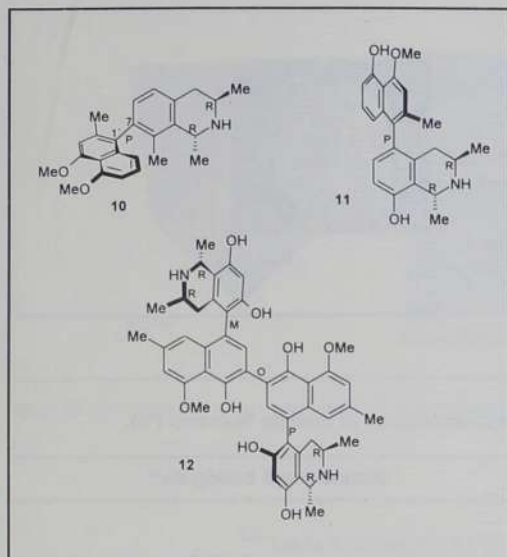


Figura 6. Alcaloides naptilloquinolia de la planta *Ancistrocladus guineensis*.

propiedades de los compuestos a desplazarse mediante una corriente eléctrica en una solución conductora hasta el denominado punto isoelectrico, en el cual se detecta la muestra.

Obtención de imágenes por resonancia magnética (RMI)

El interés en la obtención de imágenes con propósitos de diagnóstico médico ha motivado el gran desarrollo que se inició en 1972 con la tomografía computarizada basada en rayos-X. La primera imagen obtenida por RMN fue mostrada en 1973 por Lauterbur²⁷; más tarde, en 1975, Ernst propuso la RMN usando fases y frecuencias. Hasta 1980 el tiempo total de adquisición de una imagen era mayor a cinco minutos, como las obtenidas por Edelstein y colaboradores. En 1986, usando la tecnología del video, se redujo el tiempo de detección a sólo cinco segundos, sin sacrificar la calidad de la imagen. Durante ese año Pople (premio Nobel 1998) desarrolló la microscopía por RMN logrando una resolución de 10 nm con una muestra de aproximadamente 1 cm.

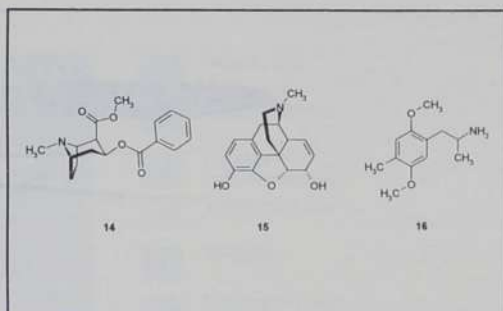


Figura 7. Algunas drogas: cocaína (14), morfina (15) y anfetaminas (16).

El avance en la angiografía de RMI hizo posible que en 1988 Dunoulin lograra imágenes de la corriente sanguínea, sin el uso de agentes de contraste. Con el uso de la técnica ecoplanar introducida en 1989 fue posible captar imágenes a gran velocidad, en sólo 30 ms. Existen muchas aplicaciones clínicas de la RMI dinámica, las cuales han sido usadas en casos tan fascinantes como el registro de las regiones del cerebro responsables de la memoria y del control. En 1991 R. Ernst fue galardonado con el premio Nobel por sus aportaciones a la RMN y RMI²⁸.

La RMI se basa en la medición de tres parámetros importantes: la densidad del espín, el tiempo de relajación transversal (T_2) y el tiempo de relajación espín-enrejado (también llamado tiempo de relajación longitudinal, T_1)²⁹. En la imagen tomográfica producida por RMI, cada rebanada tiene un espesor y está compuesta por varios elementos de volumen, llamados voxel. La imagen está compuesta por cuadros llamados pixeles. La intensidad de un pixel es proporcional a la densidad de la señal en RMN (figura 8).

Para la obtención de una imagen hay que tomar en cuenta, además de las propiedades nucleares, algunas de sus propiedades biológicas; así, por ejemplo, el cuerpo humano está constituido principalmente por grasa y agua y en consecuencia el átomo de hidrógeno es un elemento muy abundante en el cuerpo humano en una proporción del 63 % (tabla 2).

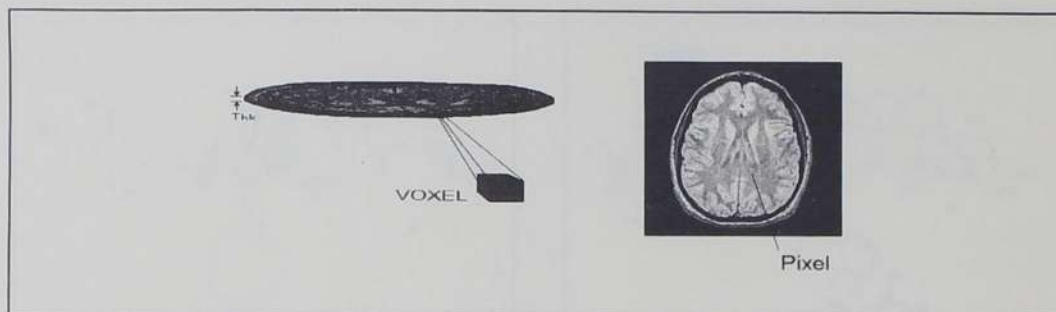


Figura 8. Representación gráfica de un elemento de volumen y una imagen de RMI.

Tabla 2.- Principales elementos químicos encontrados en el cuerpo humano (%).

Elemento	Abundancia natural	Abundancia biológica ³⁰
Hidrógeno	99.985	63
Deuterio	0.015	0.0095
Carbono (13)	1.11	0.10
Nitrógeno (14)	99.63	1.39
Nitrógeno (15)	0.37	0.00518
Oxígeno (17)	0.037	0.00094
Sodio (23)	100	0.03
Magnesio (25)	10.13	0.001
Fósforo (31)	100	0.22
Azufre (33)	0.76	0.0045
Cloro (35)	75.53	0.022
Cloro (37)	24.47	0.007
Potasio (39)	93.1	0.056
Potasio (41)	6.88	0.0041
Calcio (43)	0.145	0.0022

El ^1H es el elemento en abundancia isotópica natural más fácil de detectar por RMN debido a sus propiedades nucleares y es posible obtener imágenes de tejidos³¹; al hacer una ampliación del voxel se pueden

observar las células que lo constituyen, cada célula contiene moléculas de agua que se encuentran formadas por átomos de hidrógeno y oxígeno (figura 9).

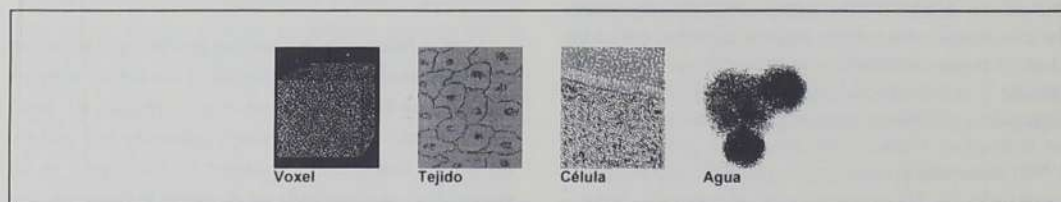


Figura 9. Procedimiento para identificar moléculas en un elemento de volumen.

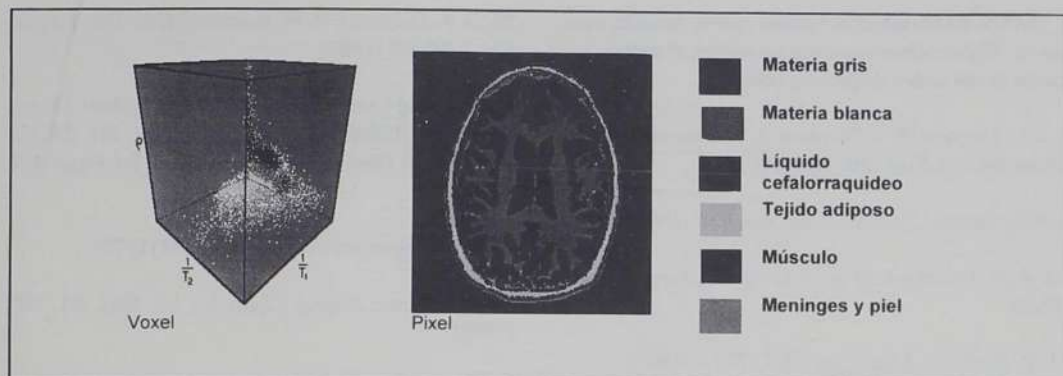


Figura 10. Contraste en los tejidos con respecto a la densidad por RMI.

Tabla 3. Relación de T_1 , T_2 y densidad en los tejidos.

TEJIDO	T_1 (S)	T_2 (ms)	r^* (densidad)
Blanco	0.76-1.08	61-100	70-90
Gris	1.09-2.15	61-109	85-125
Meninges	0.5-2.2	50-165	5-44
Músculo	0.95-1.82	20-67	45-90
Adiposo	0.2-0.75	53-94	50-100
Cráneo	0.8-20	110-2000	70-230

*Donde $r=111$ en 12mM de NiCl_2 acuoso

Cuando se tiene la misma densidad de hidrógeno por voxel es posible diferenciar las estructuras bioquímicas mediante los valores de T_1 ³²; en el cerebro los tejidos de la sustancia blanca y la sustancia gris tienen prácticamente la misma cantidad de hidrógeno y por lo tanto se tiene poco contraste; sin embargo, al ser la sustancia blanca un medio más lipídico favorece la relajación y por lo tanto el T_1 es menor que en la sustancia gris que es un medio más acuoso. En los estados patológicos el medio lipídico en la sustancia blanca es substituido por un medio más acuoso, con lo que el valor de T_1 aumenta; cuando las imágenes son contrastadas en T_1 fácilmente se detecta la zona patológica (tabla 3)³³.



Notas

1. A. Ariza-Castolo, *Avance y Perspectiva* **14**, 237 (1995); R. R. Ernst, *Isr. J. Chem.* **32**, 135 (1992).
2. J. N. Shoolery, *Anal. Chem.* **65**, 731 A (1993).
3. N. F. Ramsey, *Phys. Rev.* **78**, 699 (1950).
4. N. F. Ramsey, *Phys. Rev.* **91**, 303 (1953).
5. M. Karplus, *J. Am. Chem. Soc.* **85**, 2870 (1963).
6. E. Breitmaier, K. H. Spohn, S. Berger, *Angew. Chem. Int. Ed.* **14**, 144 (1975).

7. Tiempo de correlación: tiempo que se necesita para que un espín nuclear se mueva un radián, el cual usualmente es del orden de picosegundos.
8. J. B. Lambert, R. J. Nienhuis, J. W. Keepers, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **20**, 487 (1981).
9. R.G. Bryant, *J. Chem. Educ.* **60**, 933 (1983).
10. P. M. Handford, et al. *J. Inorg. Biochem.* **13**, 83 (1980).
11. R. Freeman, *Anal. Chem.* **65**, 743 A (1993).
12. W. Kuhn, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **29**, 1 (1990).
13. A. Chen y M. J. Shapiro, *Anal. Chem. News Features*, 669 (1999).
14. G. E. Martín y C. E. Hadden, *Magn. Reson. Chem.* **37**, 721 (1999).
15. C. J. Groombridge, *Ann. Rep. NMR Spectrosc.* **32**, 215 (1996).
16. G. Bringmann, C. Günther, J. Schauer y M. Rückert, *Anal. Chem.* **70**, 2805 (1998).
17. M. J. Shapiro y J. S. Gounarides, *Progr. NMR Spectrosc.* **35**, 153 (1999).
18. J. K. Nicholson e I. D. Wilson, *Progr. in NMR Spectrosc.* **21**, 449 (1989).
19. I. D. Wilson y J. K. Nicholson, *Anal. Chem.* **59**, 2831 (1987).
20. N. Watanabe y E. Niki, *Proc. Jpn. Acad. Ser. B* **54**, 194 (1978); E. Bayer, et al. *J. Chromatogr.* **186**, 497 (1979).
21. I. D. Wilson, et al. *J. Chromatogr.* **617**, 324 (1993).
22. M. Spraul, et al. *Anal. Chem.* **65**, 327 (1993).
23. T. Mills III y J. C. Robertson, *Instrumental Data for Drug Analysis*, 2nd ed. (CRC Press, Boca Raton, 1993).
24. F. I. Carroll, et al. *J. Org. Chem.* **41**, 996 (1976).
25. B. A. Dawson y H. W. Avdovich, *Can. Soc. Forens. Sci. J.* **20**, 29 (1987).
26. T. A. Dal Cason, R. Fox y R. S. Frank, *Anal. Chem.* **52**, 805A (1980); R.S. Frank, *J. Forens. Sci.* **28**, 18 (1983); R. S. Frank y S. P. Sobol, *Forens. Sci. Progr.* **4**, 1 (1990).
27. P. G. Lauterbur, *Nature*, **244**, 190 (1973).
28. R. R. Ernst, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **31**, 805 (1992).
29. R. Damadian, *Science* **171**, 1151 (1971).
30. E. Frieden, *Sci. Amer.* **227**, 52 (1972).
31. S. L. Smith, *Anal. Chem.* **57**, A595 (1985).
32. I. D. Weisman, L. H. Bennett, L. R. Maxwell, M. W. Woods y D. Burk, *Science* **178**, 1288 (1972).
33. L. M. Fletcher, J. B. Barsotti y J. P. Hornak, *Magn. Reson. Med.* **29**, 623/630 (1993).



Memoria amniótica

Jorge Hernández-R.

Asido al pecho de su madre, un recién nacido hacía algunas remembranzas. "En algún lugar he escuchado ya estos sonidos y estos ruidos. Ah, y este aroma. Se parecen al de aquel ambiente donde antes flotaba yo tranquilamente, al que llegaba una luz tenue que se esfumaba hacia una penumbra que rompían de repente, algunos destellos. Y esos ruidos, todos esos ruidos rítmicos. Uno de ellos, prom-tac, prom-tac, que precisamente estoy percibiendo en este momento y me resulta tan familiar... y cómo me calma, a medida que pasaba el tiempo, allá adentro, lo oía cada vez mejor. Este prom-tac era interrumpido intermitentemente por un sordido y grotesco rumor como una corriente que retumbaba en mi gruta. Y de pronto, los oía combinados a un ritmo alternante, chasquido y rumor, bloqueándose mutuamente, casi a contrapunto de percusiones. Percusiones y chasquidos que parecían moverme a su ritmo y se me acercaban cada día más. Había también un ruido como de viento que iba y venía con una secuencia más lenta y que yo percibía al pasar una y otra vez, al tiempo que algo me aplastaba el trasero con la misma alternancia, como si el techo de mi gruta se moviera. También escuchaba otras grotescas percusiones, vientos, sibilancias y crujidos, pero no rítmicos, algunos eran como rechinidos, otros como golpes sordos y secos que hacían vibrar el entorno y también a mí. Por momentos aquél era un barullo. Sentía además que mi aposento cambiaba de lugar y me transportaba y yo chocaba hacia atrás cuando se detenía y hacia adelante cuando volvía a avanzar. A veces, tardaba en detenerse y eso me gustaba porque yo me bamboleaba un buen rato. Era un am-

El Dr. Jorge Hernández-R. es investigador titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

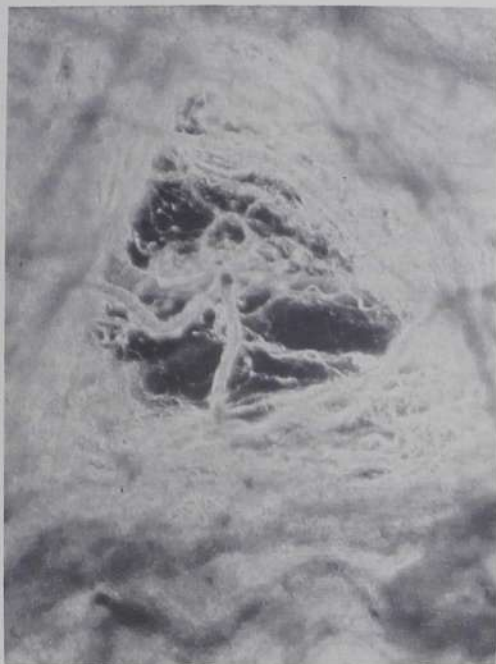


biente sensacional. Ah, qué tranquilidad, volar, desplazarse y flotar sin temor a caerte ni a lastimarte. ¡Qué seguridad! A veces, de pronto sentía sobre mi cuerpo unas presiones suaves que, desde afuera, me empujaban y concidían con el prom-tac que ahora otra vez oigo tan cerca y me estimulaban a moverme y a tratar de alcanzarlos. Y al moverme podía pasar que, insepablemente, algo tocara mi boca y de inmediato empezaba a hacer lo mismo que estoy haciendo en este momento, sólo que ahora ya se para qué. Aunque lo sigo haciendo y el placer es el mismo, cada vez me gusta más porque, me hace pasar un líquido que me encanta y después de un rato siento pesada la panza, me adormece y ahí lo dejo. Y sigo percibiendo aquellos sonidos familiares y las presiones suaves y cálidas sobre mi cuerpo, curiosamente, el prom-tac, aunque aquí se oye algo apagado, me provoca la sensación de que estoy de regreso y me vuelvo a sentir muy bien, como si no hubiera salido de aquella gruta mía...

"Pero además de aquel ambiente polifónico en el que me encontraba comunicado por una gruesa cuerda a un enorme disco que tenía una multitud de tubitos con un líquido rutilante que se movía destellante y entraba en mí tan rápido como salía, me llegaban otros ruidos y sonidos pero de afuera, unos muy melódicos que también me incitaban a moverme con ellos y otros horribles, grotescos y fuertes. Lo vuelvo a oír ahora y los primeros me siguen gustando, los otros, me asustan y me hacen llorar, al igual que allá adentro".

Como ven, no es fácil transcribir lo que uno se esfuerza en imaginar acerca de las remembranzas que un recién nacido humano podría tener de su gruta amniótica y la imaginación seguramente se queda corta, por dos razones, al menos una, porque desconocemos muchos aspectos en relación con la capacidad perceptiva y a las conductas tanto del feto, como del neonato humano. La otra es la limitante de tratar de describir algo cuyas experiencias nos acompañan siempre, pero en esencia olvidamos, que es nuestra vida en el claustro materno y esto nos hace recurrir a la perifrasis e intentar evitar el uso de términos específicos que obviamente aún no están en el reservorio intelectual del recién nacido.

Pero aunque poco, ahora sabemos que existe lo que podríamos llamar "memoria amniótica", o si les disgusta menos "memoria fetal". Por lo menos, la información con la que hasta la fecha contamos, nos indica que existen ya estructuras cerebrales disponibles que permiten al feto, en un momento dado de su desarrollo, percibir diversos estímulos físicos y químicos como diferentes sonidos, cambios de presión, destellos luminosos, presencia de olores y otros, por mecanismos que aún no entendemos muy bien. Así también, muestra sensibilidad a los mensajes afectivos y percibe el estado emocional de su madre, e indirectamente de su padre. Cada vez más algunos grupos de investigadores acumulan observaciones en el sentido de que el grado de maduración perceptivo-sensorial es ya importante en el feto e infieren que estímulos del ambiente externo e



interno, no sólo son registrados sino que son integrados y recordados después del nacimiento y de alguna manera norman la conducta y la capacidad adaptativa del recién nacido, ante sus nuevos retos ambientales. Es del consenso popular desde hace mucho tiempo que el bebé reconoce la voz materna y la capacidad que tiene de expresar una exquisita sensibilidad gustativa para discernir el tipo de leche o de otros alimentos que le gusten, así como de analizar el tono, timbre e intensidad de la voz que lo arrullaba desde antes de nacer y que siempre que se dirige a él adopta características y matices únicos que son sólo para él y que sólo él y su madre saben desglosar el mensaje que los comunica afectiva, emocional y biológicamente, haciendo que la grave transición del ambiente uterino al exterior mundano sea lo menos traumática. Y eso es maternal en el sentido más profundo.

Y así, no solamente se ha encontrado que el recién nacido reconoce la voz humana, sino que puede también identificar el idioma. ¿Cómo? Si se le hace escuchar otro idioma al que no estuvo expuesto por su madre desde la

vida prenatal, se inquieta, pero cuando se le expone al materno se tranquiliza, aún cuando sea hablado por otra persona. Estos no son más que ejemplos aislados que se han documentado a través de investigaciones serias, pero seguramente el cerebro fetal tiene otras innumerables capacidades y, entre ellas, la música no podría faltar, por supuesto, quizás por haber estado expuesto a tantos sonidos y ruidos rítmicos. Se ha visto que también les tranquilizan y les gustan las tonadas que ya “conocían” y otras no percibidas anteriormente los ponen “nerviosos”.

Y todo eso, ¿desde cuándo? Tan temprano como a las veinte semanas de gestación o desde antes, el feto puede ya, no solo percibir, sino reaccionar a estímulos con respuestas adaptativas, por ejemplo, la de chupar el dedo, práctica de autoentrenamiento que después le permitirá succionar más efectivamente el pezón materno para nutrirse. Cuenta pues, con mecanismos efectivos de percepción sensorial para integrar información que después retomará para resolver retos adaptativos y esto constituye ya un proceso cognoscitivo que se desarrolla en el cerebro fetal.

Pero aquéllos que crean que el feto está pasándose unas cómodas vacaciones anticipadas, se equivocan, porque su sistema nervioso se encarga de impedirse, generando impulsos que lo mantienen trabajando intensamente, incluso antes de la vigésima semana de gestación. Es así sometido a un interesante programa de “fetoaerobics”, que consiste en una serie de contracciones musculares y movimientos, que en ese momento no son necesariamente percibidos por la madre y que representan una ejercitación de sus estructuras neuromusculares, necesaria para la buena confección de las conexiones nerviosas correspondientes. También hay momentos en que parece dormir y quizás hasta soñar. Hay datos que indican que existe una actividad eléctrica cíclica del cerebro fetal, que alterna con períodos de movimientos intensos que recuerdan el llamado sueño paradójico del adulto, en el que estos lapsos de actividad motora corresponden justamente a los sueños. Y, si el feto sueña, ¿qué soñará? Posiblemente en las simples cosas de su compleja gruta amniótica.

Así pues, estamos frente a un individuo que crece y se prepara para obtener conductas adecuadas al nacer y seguir, al paso de su tiempo mental y trabajando en su espacio intelectual, hasta llegar a alcanzar niveles de



información que le permitan fraguar otros instrumentos cognoscitivos y moldear mejor su relación con el entorno. Manifestar su inteligencia personal y social.

Por otra parte y, no menos importante, acompañando a las transiciones descritas, también cambian paralelamente en el tiempo y en el espacio una multitud de estructuras en su cerebro, donde asimismo, las experiencias tempranas son determinantes. Por ejemplo, la reacción con movimientos fetales a estímulos de dentro y de fuera, que pueden ser a desplazamientos de la madre, a los apapachos manuales, a sonidos, a ruidos, a los que su cerebro reacciona induciendo movimientos que van aumentando paulatinamente en frecuencia e intensidad al avanzar la gestación, sirven, como mencionamos, para estimular el desarrollo y crecimiento neuromuscular y el de las propias vías nerviosas de conexión con el cerebro y es muy probable que suceda lo mismo con los otros estímulos y con sus correspondientes paquetes nerviosos de entrada, sensoriales y de salida, motores. Así pues, los cambios del procesamiento de la información durante el desarrollo ontogénico, basados en la evolución de los procesos cognoscitivos, han planteado importantes preguntas: ¿qué es realmente lo que pasa durante el procesamiento mismo de la información que recibe el cerebro en vías de con-

formarse? La inteligencia de un recién nacido, por ejemplo, ha sido calificada como "irreflexiva, práctica y de percepción-acción"; sin embargo, esto que suena casi mecánico, no lo es, ya que tiene el objetivo de elaborar estructuras cognoscitivas que van a incidir poco a poco en la capacidad atencional y en el desarrollo de estrategias adaptativas como la llamada memoria de corto y de largo plazo que, a su vez, proporcionará mayores herramientas básicas de capacidad funcional que llevan a actividades de creciente complejidad, como la adquisición de los diferentes lenguajes (hablado, numérico, musical, etc.) y de otros sistemas cognoscitivos igual o más sofisticados para la solución de problemas, la comunicación y la expresión individual ante su mundo.

En la neurontogenia, que es el proceso de conformación de todo el sistema nervioso, en el caso de los procesos de construcción de los substratos neurales que físicamente sustentan al cerebro, tanto en su estructura como en su función, las preguntas se han planteado en el sentido inverso: ¿qué es lo que está cambiando desde el punto de vista de los accesorios neurológicos que le dan apoyo a los procesos cognitivos?, esto es, a escala celular, molecular e integral, durante lo que se conoce como la morfogénesis del cerebro. Por ejemplo, ¿cómo se encuentran algunos sistemas sensoriales que inician su formación y funcionamiento desde la etapa fetal, claramente relacionados a ulteriores respuestas adaptativas del recién nacido y a la adquisición de nueva información?, ¿qué estará pasando con algunos sistemas de genes de los que depende la expresión de la forma y de la función de las neuronas jóvenes que están llegando a acampar en algunas de las capas de la presunta corteza cerebral para coadyuvar al establecimiento de esa memoria de trabajo de "aquí y ahora?", como es el caso de la corteza cerebral prefrontal. O con otras estructuras corticales relacionadas con la integración de la información respectiva. ¿En qué estado se encuentran otros procesos que se inician muy tempranamente como la migración celular, la formación del cableado a través del crecimiento adecuado de los axones que se responsabilizan de establecer la comunicación con otras neuronas?, y así formar sinapsis específicas. O con el período de muerte masiva, genéticamente programada, de neuroblastos (neuronas jóvenes) fenómeno que tiende a ajustar lo que podría convertirse en un caos sobrepoblacional y limitarlo a las necesidades funcionales. ¿Cómo está en un momento dado la mielinización, que en especies altricias como el hombre (de desarrollo ce-

rebral lento) se prolonga hasta etapas tardías de la vida? Sabemos que también hay muchos procesos epigenéticos que actúan en etapas muy tempranas de la gestación e influyen en forma importante en la expresión de moléculas funcionales, enzimas, hormonas o los mensajeros químicos entre las neuronas, los neurotransmisores, en diferentes etapas del desarrollo y pueden llegar a alterar su función permanentemente en el cerebro del adulto.

El conocimiento de éstos y de otros muchos cambios ontogénicos en las estructuras neurales que conforman al cerebro, con relación a los cambios en los procesos cognoscitivos, quizás no explique el rendimiento final del desarrollo intelectual y mental de un individuo, pero al menos permitirá a nuestro cerebro entender mejor cómo interactúan entre sí para la formación de otro nuevo.

Pero para tranquilidad, o intranquilidad, de nuestros colegas dedicados al estudio de los procesos cognoscitivos, creemos que, y éste es un punto de vista personal, el substrato morfológico-funcional de los procesos cerebrales es sólo instrumental y de apoyo a los desarrollos cognoscitivos durante la formación del individuo. Necesitan tanto el uno del otro, que frecuentemente se presentan con la misma máscara. Y la pregunta final: ¿es el período fetal otro período importante en el continuum del desarrollo cognoscitivo global del individuo? Nosotros pensamos que sí.



Bibliografía

1. D. Jouvet-Mourier, *Ontogenèse des états de vigilance chez quelques mammifères* (Imprimerie des Beaux-Arts, Lyon, 1968).
2. R. Bergstrom, *Electric parameters of the brain during ontogeny in brain and early behavior*, R.J. Robinson, ed. (Academic Press, Nueva York, 1969).
3. C. Dreyfus-Brisaa, en *Human Growth*, Vol. 3 F. Fraulknery J. Tammer, eds., (Plenum Press, Nueva York, 1979).
4. K.L. Ripley y R.R. Provine, *Brain Res.* **45**, 127 (1972).
5. R. Marty y J. Scherrer, *Prog. Brain Res.* **4**, 222 (1964).
6. H.F. Prechtl, *Early Human Dev.* **50**, 1 (1997).
7. S. Evans, R. Parncutt, Keele University, Dept. Devel. Psychology (comunicación personal).
8. A. Harrington, *Early learning gets earlier*, Express and starkidderminster (30 de marzo, 1998).

Reunión Anual

División de Partículas y Campos**Sociedad Mexicana de Física**

7 al 9 de junio de 2000

Unidad de seminarios
Ignacio Chávez,
UNAM CU, México, D.F.**Guillermo Contreras, Cinvestav, Unidad Mérida**
Algunos aspectos de la física de Hera**Juan Carlos D' Olivo, ICN-UNAM**
Estrellas y neutrinos**Hans de Groot, CERN**
El proyecto LHC y la participación internacional**Arturo Menchaca Rocha, IF-UNAM**
Proyecto AMS y contribución mexicana**José Valdés, IG-UNAM**
Rayos cósmicos en México
después de Sandoval Vallarta**Axel Weber, IF-UMSNH**
Cuando x se vuelve pequeña:
BFKL, el pomerón y otras historias

Fecha límite para la recepción de ponencias: 20 de mayo del 2000

Comité Organizador:**Jorge Isidro Aranda, ECFM-UMSNH****Lorenzo Díaz Cruz, IF-BUAP****Gerardo Herrera Corral, Cinvestav****Myriam Mondragón, IF-UNAM****Lukas Nellen, ICN-UNAM**

Mayores informes:

Lukas Nellen**ICN-UNAM**

Apdo. Postal 70-543

04510 México, D.F.

Tel. 52 56 22 46 95 Fax: 52 56 22 46 93

e-mail: lukas@nuclecu.unam.mx<http://itxel.ifm.umich.mx/~jaranda/xivdpyc.html>

La paella y el desarrollo de la ciencia

Juan José Rivaud

Permítaseme empezar recordando a varias de las personas que influyeron en mí para tomarle el gusto a la divulgación de la ciencia, así como otros que fueron compañeros de ruta en estas preocupaciones. En primer lugar quiero recordar a la física Alejandra Jaidar, quien transmitió a todos los que la conocíamos esa alegría y gusto por la vida, tan característicos en ella, y la pasión por la divulgación de la ciencia.

A continuación quiero referirme a mi padre, José Rivaud, quien a pesar de que su formación era en otra dirección (artillería e ingeniería militar), tenía un genuino interés y gusto por la ciencia y la historia, disciplinas de las que era un lector insaciable. Él fue quien me inculcó el interés por estos temas y el que me heredó no sólo parte de sus libros, sino el vicio de comprarlos. También a él le debo la intolerancia ante la injusticia y la simulación, así como un profundo gusto, que raya en la gula, por la buena comida, sobre todo si se acompaña de una buena charla y se comparte con amigos.

Por último no quiero dejar de mencionar a los doctores Pedro Armendariz (Departamento de Matemáticas, UAM-Iztapalapa), Jesús Alarcón (Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav) y Santiago Ramírez (Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias, UNAM), y al ingeniero Carlos Montiel (Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guadalajara), los cuatro más jóvenes que yo y que desafortunadamente se me adelantaron. Con ellos, en distintos momentos, discutí y trabajé con mayor o menor intensidad diversos

El Dr. Juan José Rivaud es coordinador e investigador titular de la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del Cinvestav. Este texto fue leído el pasado 8 de marzo en la ceremonia de entrega del Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia 1999. Correo electrónico: jrivaud@mail.cinvestav.mx

aspectos de las matemáticas, su enseñanza, su filosofía y su difusión. Con ellos compartí la idea de que en el desarrollo de la ciencia, al igual que cuando se cocina una paella, los ingredientes deben estar frescos, ponerse en las proporciones adecuadas y cocinarse juntos el tiempo correcto. Si se cuecen por separado y sólo al final el arroz se decora con ellos, el resultado es un arroz con tropezones, pero de ninguna manera una paella; y también es justo señalar que cuando una paella está bien hecha, lo mejor es el arroz, que en el símil de la ciencia corresponde al ambiente intelectual que impera en una institución de educación superior, y en el medio que la rodea, así como el convivir con los jóvenes que en ella se forman.

Por supuesto debería mencionar a muchas otras personas, profesores, estudiantes, colegas y amigos, pero ante el temor de cometer alguna omisión, prefiero no mencionar a ninguno y sólo decirles que, a pesar de lo bruto, he aprendido de todos ellos algo caro para mí, por lo que les doy mis más profundos agradecimientos. Es a todos ellos a quienes corresponde el premio.

También es necesario decir que el Cinvestav en 1972, al inicio de mi carrera académica, me invitó a colaborar en uno de los proyectos educativos más importantes de la institución: la escritura de los Libros de Texto Gratuitos para la Primaria. Trabajar en ellos me dio una manera muy distinta de ver a las matemáticas y a la ciencia en general, así como su relación con el resto de las cosas. Visión que ha marcado mi trayectoria.

Con alguna frecuencia cuento que hace poco más de 40 años (o 40 kilos), cuando tenía que decidir qué hacer después de la prepa, mi problema vocacional era entre estudiar para profesor de educación física o entrar a la Facultad de Ciencias de la UNAM y estudiar matemáticas. No era una decisión fácil, llevaba ya varios años entrenando con el club Venados, en el Plan Sexenal; corría bastante bien los 800 metros, aunque mi deseo era ser especialista en 5000. Allí o en Chapultepec, pasaba entrenando todas mis tardes y los fines de semana iba con el resto de los compañeros a las competencias y encuentros, independientemente de si competía o no.

En ese momento no me percaté del ambiente de camaradería y solidaridad que había entre nosotros. Fue



hasta tiempo después, alejado de él, cuando me di cuenta y lo extrañé profundamente. Sigo recordando a Jorge y Angel Jardón, a Socorro Ramírez y a Yolanda Campos, a Alfredo y Alfonso Tinoco (excelentes correedores de medio fondo); todos ellos algunos años mayores que yo. Por supuesto también me acuerdo de la colección de chavitos, de la que yo formaba parte; de ellos salieron algunos grandes atletas, como Roberto Carmona, quien pocos años después fue un destacado decatlónista y ahora un excelente fisioterapeuta.

Con todo ello rompí de tajo al decidirme por las matemáticas. Sin embargo, cuando pienso en la divulgación de la ciencia me vuelvo a acordar del deporte, al que veo no como una actividad exclusiva de superdotados, sino como una actividad que cualquier persona interesada debería poder llevar a cabo en un ambiente de solidaridad y cordialidad, en instalaciones adecuadas y con la supervisión de gente capaz que lo estimulase y lo orientara en los distintos aspectos de la rama elegida, su historia, las razones de por qué se hace así, qué es lo que se debe hacer y lo que no se debe hacer, etc., y que le hiciese ver que la única competencia que vale la pena es consigo mismo.

No es que el deporte de alto rendimiento me moleste, sino que considero que la función de estas actividades

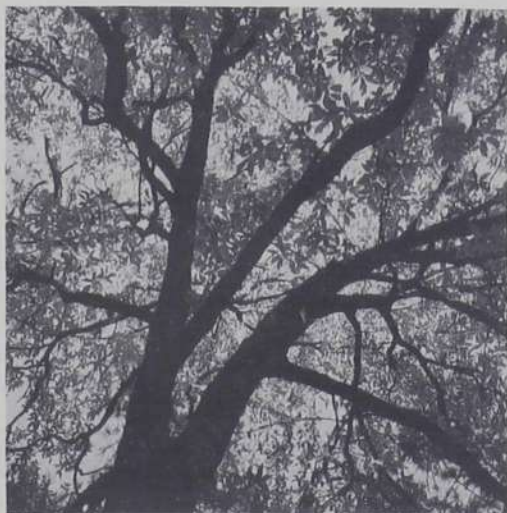
tiene otra razón de ser. Por cierto, apostaría que un acercamiento como éste produciría muchos más deportistas de alto rendimiento que los métodos actualmente usados (aclaramos que en estas opiniones se pone al margen el automovilismo, el foot ball y el boxeo profesionales).

Con la divulgación de la ciencia me pasa lo mismo: creo que debe estar dirigida a toda persona interesada en ella, independientemente de su edad y condición social. Considero que si esta actividad se llevase a cabo con la frecuencia e intensidad adecuadas, y una cobertura acorde al tamaño del país, tendría como consecuencia no sólo ciudadanos más felices y plenos sino también habría una mayor comprensión de qué es la actividad científica, y, probablemente —como consecuencia— dentro de los jóvenes se daría una mayor inclinación vocacional hacia estas disciplinas. También la población opinaría con mayor conocimiento de causa acerca de una serie de decisiones lo suficientemente importantes para dejarlas en manos exclusivas de los especialistas. Asimismo, habría un contrapeso ante este mal mundial de moda, que es la difusión de las pseudociencias, mal que, por cierto, parece cautivar a los medios masivos de comunicación.

No quiero dar la impresión de plañidera. Conozco los esfuerzos que desde hace años se vienen haciendo en esta dirección: edición de libros, museos interactivos de ciencias, exposiciones itinerantes, ciclos de conferencias, programas de difusión, particularmente en ra-

dio, etc., pero considero que la comunidad científica y técnica, las instituciones y los propios divulgadores, debemos tener una actitud mucho más abierta, generosa y comprometida, que permita que la divulgación cumpla con el papel que le corresponde dentro del quehacer cultural de nuestra nación.

Estoy seguro que los que me conocen se están preguntando cómo me las voy a arreglar para empezar a hablar de Matemáticas, pero no hay por qué preocuparse, hoy sólo me queda darles las más sinceras gracias.



Libertad para investigar

Donato Alarcón Segovia

He leído con interés en el Foro de *Avance y Perspectiva* la nota de M. Cereijido "Sobre el des acostumbrado hábito de opinar"¹ que en cierta forma viene a revelar "La insoportable levedad del ser" de algunos científicos y sus estudiantes. Decidí escribir esta nota para darle aún más alegría, pues entre lo mejor que puede hacer el hombre es brindar ésta.

Me voy a referir en particular a su último párrafo en el que escribe sobre la libertad que gozan en el Cinvestav para el desarrollo y curso de sus investigaciones. Lo quiero enfatizar como clave del éxito de instituciones de investigación como también lo es de la nuestra. Si tuviera que luchar a muerte por preservar algo en nuestro Instituto sería por la libertad de hacer la investigación que nuestros científicos quieran. Me he rehusado a aceptar el que prioridades y otras falacias priven en nuestra ciencia y tengan más peso que las ideas.

Una de las ventajas que tenemos los científicos mexicanos es la de poder mantenernos algo al margen de las corrientes de la investigación que privan en los países desarrollados y en sus agencias de apoyo a la investigación. Esto puede resultar en mayor originalidad, aunque también cause más dificultad para publicar.

Nota

1. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* **19**, 81 (2000).

El Dr. Donato Alarcón Segovia es director general del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, Vasco de Quiroga 15, 14000 México, D.F.

Sobre la falta de costumbre de terciar

Gabriel López Castro

¿Por qué no se debate?

En diversas publicaciones¹, entre ellas sus recientes contribuciones en *Avance y Perspectiva (AyP)*², Marcelino Cerejido hace una distinción entre investigadores y científicos. Entre otras cosas, Cerejido señala que una diferencia importante entre ambos es que los primeros restringen su actividad únicamente a su labor de investigación, mientras que los segundos exploran, analizan, o buscan relaciones entre su trabajo y el conocimiento. Manifiesta entonces su lamento de que nuestro medio permanezca pasivo cada vez que debiera suscitarse un debate de ideas frente a tópicos que están directamente relacionados con nuestra actividad, como son cuestiones de política científica, atentados al racionalismo o novedades del mundo científico. Por esta razón, en el número más reciente de *AyP* se congratula de que se haya dado una respuesta a su artículo "La ciencia: ¿una rama de la biología?"^{3,4}.

Al parecer, el desinterés por discutir a fondo los puntos de vista, no solamente sobre cuestiones científicas sino, incluso, asuntos más mundanos tiene un carácter global. Durante mi doctorado, posdoctorado y sabático en el extranjero recuerdo haber visto a profesores quejarse amargamente del desinterés de los estudiantes al no quedarse más tiempo a las discusiones al final de las charlas o por no hacer preguntas en clases o seminarios. En el Departamento de Física del Cinvestav generalmente asisten a nuestro coloquio general poco menos de 30 personas de entre una población de 150 miembros del

El Dr. Gabriel López Castro es investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav. Correo electrónico: glopez@fis.cinvestav.mx.

departamento. En contraste, hay que ver las abrumadoras discusiones que se arman cuando alguien comenta las ventajas de tal o cual paquete de cómputo o las virtudes de algún *software*.

¿Por qué existe este desinterés o pasividad sobre asuntos científicos que tanto le preocupa a Cerejido? En el libro "Imposturas Intelectuales", Bricmont y Sokal^{5,6} mencionan que nos hemos acostumbrado a adoptar las posiciones dominantes en asuntos científicos, de humanidades o literarios como verdades acabadas, sin necesidad de apelar al filtro de la verificación experimental a través del método científico. Cuestionar las hipótesis detrás de cada afirmación, pareciera haberse olvidado que es un método para la aceptación del discurso científico o político. La falta de costumbre de debatir, mostrar las opiniones propias, argumentar a favor o en contra de una postura científica, posiblemente pudiera encontrarse en esta actitud señalada por Sokal y Bricmont sobre la tendencia de considerar las meras opiniones en la ciencia como una postura igualmente válida que aquéllas basadas en los conocimientos acumulados a lo largo de siglos a partir de la interacción entre las hipótesis y su verificación.

Complejidad y reduccionismo

Cambiando de tema, me voy a permitir terciar en las posiciones manifestadas recientemente por Marcelino Cerejido^{2,4} y Miguel Angel Perez Angon³, quienes le "echan porras" a sus respectivas disciplinas (la biología y la física) como paradigmas de la ciencia. En particular, me llama la atención la cita del libro de F. D. Dyson³, según la cual la biología no ha alcanzado un grado de desarrollo como el de la física debido a que no ha elaborado sus propios modelos matemáticos y herramientas. Para empezar, ¿por qué no recordar que los objetos de estudio de estas disciplinas son diferentes? La forma que ambas disciplinas abordan el estudio de los fenómenos complejos es también diferente. Desde el punto de vista de la comprensión cuantitativa, la física ha alcanzado éxitos impresionantes cuando estudia sistemas simples donde es posible identificar cuál es el mecanismo que determina el comportamiento de un sistema y dónde es insignificante la influencia de otras interacciones. Es así como la física de partículas elementales ha sido capaz de



construir teorías cuya predictibilidad cuantitativa es inigualable, mientras que el estudio de sistemas complejos como la predicción del clima para periodos de tiempo relativamente largos aún está en pañales.

Muchos físicos están influidos por la posición reduccionista del físico Steven Weinberg⁷. Según esta posición, existe una serie de leyes simples y fundamentales del mundo microscópico a partir de las cuales las diferentes escalas del mundo macroscópico, desde las propiedades de las partículas subatómicas hasta el funcionamiento del cerebro pueden ser explicadas, únicamente con el ingrediente adicional de la complejidad. Algunas veces es posible describir el comportamiento o las propiedades de un sistema complejo a partir de unos cuantos principios básicos, y la imposibilidad de describir cuantitativamente los fenómenos del mundo macroscópico son atribuidos, en este contexto, a la dificultad de formular matemáticamente las propiedades de un sistema complejo. Me permito diferir de las extrapolaciones groseras al reduccionismo de Weinberg. En particular, nuestro dogma en la descripción de sistemas físicos (como por

ejemplo las partículas elementales) consiste en aislar completamente a dichos sistemas de tal forma que podemos conocer cuál es la interacción que determina de manera principal la dinámica, y por lo tanto, las propiedades de dichos sistemas. Todavía no sabemos cómo incorporar, de manera exacta, la forma en que la dinámica de dos cuerpos es afectada por la presencia de un tercero (y ni qué decir de sistemas más complejos). Nuestra hipótesis usual, basada en el principio de superposición o de interacción por pares, es un elemento de simplicidad que suele funcionar muy bien a nivel cualitativo y, en ocasiones, a nivel cuantitativo. La razón parece estar en el comportamiento lineal de los sistemas simples, según el cual una pequeña perturbación del sistema produce una respuesta igualmente pequeña. En contrapartida, no es claro que algunas de las propiedades de los sistemas complejos compartan esta característica. Por otra parte, tampoco sabemos de qué manera las condiciones (las fronteras, las densidades) de un sistema complejo compuesto de elementos simples que interaccionan entre sí influyen o modifican a su vez la interacción entre dichas componentes.

No es de extrañar entonces que las relaciones que pueden establecerse entre las variables o propiedades de sistemas simples, que permiten elaborar teorías o modelos con un gran poder predictivo, sean necesariamente extrapolables a sistemas complejos. Dicho esto, tampoco debería resultar extraño que algunas disciplinas hayan tenido desarrollos o hayan construido sus propios conceptos y herramientas de manera independiente. Eso sí, en ocasiones resulta muy útil tomar prestadas ideas que son exitosas en una cierta disciplina y proceder por

analogía a instrumentarlas en una disciplina diferente. Pero que una disciplina pueda ser considerada como punto de referencia para las demás únicamente por el hecho de ser susceptible de cuantificarse, parece, por lo menos, temerario.

Notas

1. M. Cereijido, *Ciencia sin seso, locura doble* (Siglo XXI, 1997).
2. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* **18**, 379 (1999).
3. M.A. Pérez Angón, *Avance y Perspectiva* **19**, 60 (2000).
4. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* **19**, 81 (2000).
5. A. Sokal y J. Bricmont, *Impostures Intellectuelles* (Editions Odile Jacob, 1997).
6. C. Chimal y G. López Castro, *Avance y Perspectiva* **18**, 179 (1999).
7. S. Weinberg, *Dreams of a final theory* (Pantheon Books, Nueva York, 1994).

Decimocuarta Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa (Relme -14)

Universidad de Panamá
julio 17 al 21 del 2000

Clame

Comité Latinoamericano
de Matemática Educativa



Actividades dirigidas a estudiantes, profesores e investigadores

- Conferencias magistrales
- Grupos de trabajo
- Talleres
- Carteles
- Reportes de investigación
- Revista Latinoamericana
- Premio Simón Bolívar
- Cursos cortos

INFORMES

Departamento de Matemática Educativa
Cinvestav-IPN

Teléfonos:

(52-5) 747.38.17

(52-5) 747.38.00 extensión 6008

Fax:

(52-5) 747.38.20

Correo electrónico:

clame@mail.cinvestav.mx

Internet:

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

<http://www.up.ac.pa/>

Universidad Autónoma de Guerrero

Dr. Crisólogo Dolores Flores

Representante de México en el
Comité Internacional de Relme - 14

Teléfono:

(01-747) 1.56.51

Correo electrónico:

cdolores@guerrero.uagro.mx

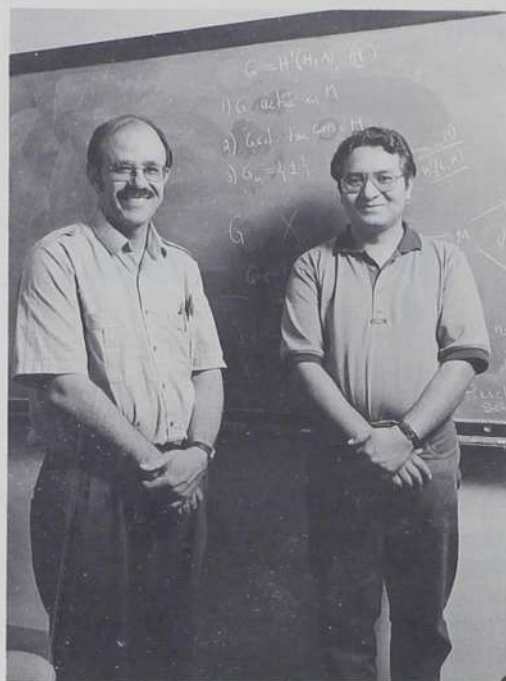
Convocan:

- Comité Latinoamericano de Matemática Educativa □ Universidad de Panamá □ Cinvestav-IPN □
Ministerio de Educación de Cuba □ Universidad Autónoma de Santo Domingo □ Universidad de Costa Rica □
Universidad de Puerto Rico □ Universidad de la Patagonia □ Centro de Investigación en Matemática Educativa - Cimate Guerrero □
Universidad Nacional de Colombia □ Centro de Investigación en Matemática Educativa - Cimate ITESM □
Pontificia Universidad Católica del Perú □ Universidad Nacional de General San Martín, Argentina □

Arturo Cueto
Hernández y Tomás
David López Díaz,
Premios Weizman
1999

La Academia Mexicana de Ciencias (AMC) otorgó el pasado 27 de marzo el Premio Weizman 1999 a la mejor tesis de doctorado en el área de ciencias exactas al Dr. Arturo Cueto Hernández y el Premio Weizman 1999 en el área de ciencias naturales al Dr. Tomás David López Díaz. Este premio es otorgado cada año por la AMC a los estudiantes menores de 35 años que obtuvieron su grado de doctorado en los últimos dos años en una institución mexicana. Cada año se entregan hasta dos Premios Weizman en las áreas de ciencias exactas y ciencias naturales. En esta ocasión también recibieron el Premio Weizmann los doctores Gildardo Cruz de León (ciencias exactas) con una tesis presentada en el Instituto de Física de la UASLP y Tamara Luti Rosenbaum Emir (ciencias naturales) con una tesis presentada en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM.

El título de la tesis del Dr. Arturo Cueto Hernández es "Construcción de extensiones nilpotentes sobre campos numéricos con ramificación acotada" y fue presentada en el Departamento de Matemáticas del Cinvestav bajo la dirección del Dr. Gabriel Villa Salvador, investigador titular de este departamento. El tema central de su tesis está relacionado con el problema inverso de la teoría de Galois y con una conjetura de Abhyankar establecida en



Gabriel D. Villa Salvador y Arturo Cueto Hernández

1957. El problema inverso de la teoría de Galois, así como numerosas variantes del mismo, está considerado como un problema clásico de la matemática moderna y ha atraído la atención de destacados matemáticos. En pocas palabras, este problema inverso plantea la pregunta de si es posible que exista, para un grupo finito G , una extensión finita de Galois K/Q , donde Q es el campo los números racionales, tal que el grupo de Galois de la extensión, $\text{Gal}(K/Q)$, sea isomorfo a G . En el caso de que $\text{Gal}(K/Q)$ sí sea isomorfo a G , se dice que G es realizable sobre Q .

Por otra parte, la conjetura de Abhyankar plantea que si G es un grupo finito, k es un campo algebraicamente cerrado de característica p y $p(G)$ denota el subgrupo de G generado por sus p -subgrupos de Sylow, entonces debe existir una extensión L/K de campos de funciones sobre k tal que si hay s divisores primos de K



Arturo Ortega Soto y Tomás David López Díaz

ramificados en L , de manera que $\text{Gal}(L/K) \cong G$, si y sólo si $G/p(G)$ puede ser generado por $2g_k + s - 1$ elementos, donde g_k denota el género de K . El problema inverso de la teoría de Galois ha sido resuelto para varias familias de grupos finitos G en el cual el campo base no necesariamente es Q , sino un campo numérico finito. En estas soluciones se han empleado técnicas de distinta índole. Los métodos que utilizó el Dr. Cueto Hernández en su tesis doctoral son una adaptación del método Scholz-Reichardt. Entre las principales aportaciones hechas en su tesis está la realización de una familia de grupos (nilpotentes) con control de ramificación, se estableció de manera explícita esta ramificación y se construyó la extensión con ramificación óptima, en el sentido de tener la mínima posible.

El Dr. Tomás David López Díaz se graduó en el Departamento de Genética y Biología Molecular del Cinvestav con la tesis "Regulación de la expresión de receptores a ácido glutámico" realizada bajo la dirección del Dr. Arturo Ortega Soto, investigador titular de este departamento. Esta tesis recibió también el Premio Arturo Rosenblueth 1997 a la mejor tesis de doctorado presentada en ese año en el Cinvestav en el área de ciencias biológicas y de la salud. El ácido glutámico (Glu), además de su participación en el metabolismo y como constituyente de proteínas, es un neurotrans-



Gabriel Cota Peñuelas

misor, el más importante en el Sistema Nervioso Central de los vertebrados. Está involucrado en el desarrollo, la plasticidad sináptica, el aprendizaje y la memoria, la migración neuronal, el daño cerebral y en las enfermedades neurodegenerativas.

En esta tesis se estudiaron los receptores que están presentes en las células gliales de Müller que puedan explicar los flujos de Ca^{2+} y la activación de cascadas de segundos mensajeros. Utilizando herramientas de biología molecular se encontró la expresión de diferentes subunidades de receptores a Glu. Además, se determinó el subtipo de receptor a Glu involucrado en la modulación de GluR4. Se encontró que ninguno de los análogos de Glu que activan receptores NMDA o AMPA/KA pueden reproducir el efecto de Glu; sin embargo, ACPD, un agonista de receptores metabotrópicos (acoplados a proteínas G), lo hace. Para ello fue necesario determinar el subtipo de recep-

tor expresado por las células, se encontró la expresión de dos de estos receptores: mGluR1 y mGluR5. En la actualidad las células gliales ya no son consideradas elementos pasivos. La comunicación neuronaglia y glianeurona puede modificar múltiples fenómenos como desarrollo, diferenciación, crecimiento, migración, regeneración, muerte celular, neurotransmisión y plasticidad sináptica.

Gabriel Cota Peñuelas, jefe del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias

La Dirección General del Cinvestav nombró al Dr. Gabriel Cota Peñuelas como jefe del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias por un periodo de cuatro años a partir del 1 de febrero pasado. El Dr. Cota Peñuelas sustituye en el cargo al Dr. Pablo Rudomín, quien terminó su periodo de cuatro al frente de este departamento.

El Dr. Gabriel Cota Peñuelas es egresado de la Facultad de Medicina de la UNAM y obtuvo sus grados de maestro y doctor en ciencias en este mismo departamento en la especialidad de Fisiología y Biofísica. Realizó una estancia posdoctoral en el Departamento de Fisiología de la Universidad de Pennsylvania, EUA, y se integró en 1987 a la planta académica del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. Su campo de investigación es el estudio de las propiedades y funciones de los canales iónicos que son sensibles en la membrana plasmática de fibras musculares esqueléticas. Ha realizado también contribuciones al estudio de la secreción de hormonas y la neuroendocrinología. Sus resultados sobre secreción y exocitosis son ampliamente reconocidos en el medio internacional. En estos temas ha publicado más de 30 artículos de investigación original en las mejores revistas internacionales de su especialidad, que han generado más de 600 citas en la literatura científica. Además, el Dr. Cota Peñuelas ha graduado 9 estudiantes de maestría y 6 de doctorado.



José Luis Leyva Montiel

Entre las distinciones académicas que ha recibido el Dr. Cota Peñuelas destacan el Premio de Investigación 1994, en el área de las

ciencias naturales, de la Academia Mexicana de Ciencias, y el nombramiento "International Research Scholar" que otorga, junto con un donativo por cinco años, el Instituto Médico Howard Hughes de los EUA.

José Luis Leyva Montiel, director de la Unidad Guadalajara

El Dr. José Luis Leyva Montiel fue designado director de la Unidad Guadalajara del Cinvestav por un periodo de cuatro años a partir del 1 de febrero pasado. Sustituye en este cargo al Dr. Manuel E. Guzmán Rentería, quien terminó su periodo de cuatro años como responsable de dicha unidad. El Dr. J.L. Leyva Montiel es doctor en ingeniería de la Escuela Nacional Superior de Mecánica de Nantes, Francia. Su campo de investigación es la aplicación de la tecnología de circuitos integrados para sistemas de comunicaciones y el control adaptable.

Notas breves

La **Dra. Esther Orozco**, investigadora titular del Departamento de Patología Experimental del Cinvestav, recibió el premio anual 1999 en investigaciones biomédicas que otorga la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica.

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) entregó una medalla de oro al **Dr. Luis Herrera Estrella**, investigador titular del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas de la Unidad Irapuato del Cinvestav, en reconocimiento a sus contribuciones en el campo de la biotecnología de plantas, en especial por la

generación de una planta transgénica resistente a las plagas y con mejores propiedades nutricionales.

El **Dr. Octavio Paredes López**, director de la Unidad Irapuato del Cinvestav, recibió el premio Vasco de Quiroga de Plata que otorga el Municipio de Irapuato a través del Patronato del Comité Expo-Ferias. El Dr. O. Paredes López recibió también el pasado 10 de diciembre un doctorado honoris causa de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

El **Dr. Walter Schachermayer**, profesor de la Universidad Tecnológica de Viena, Austria, recibió el Premio Wittgenstein 1999, la más alta distinción académica que otorga el gobierno

austríaco, por sus contribuciones a la aplicación del análisis funcional y los procesos estocásticos en matemáticas financieras. Este premio incluye una cantidad monetaria de aproximadamente 1.2 millones de dólares. El Dr. Schachermayer fue profesor visitante del Departamento de Matemáticas del Cinvestav donde ocupó la Cátedra Solomon Lefschetz entre 1976 y 1978.

Microbiología celular en el Pasteur

Carlos Chimal

Después de más de un siglo de combate a los organismos patógenos, el estudio de los mecanismos moleculares mediante los cuales bacterias, parásitos y virus atacan al ser humano es hoy en día una parte fundamental de una ciencia vigorosa y estratégica, la microbiología celular. Las consecuencias para la salud pública de las diversas enfermedades que provocan estos organismos patógenos son de todos conocidas. Pero, ¿cuáles son los modelos actuales que arrojan luces para entender sus formas de invasión y desarrollo?, ¿cómo se ha desarrollado una ciencia post-pasteuriana?, ¿cuáles son los avances y las perspectivas de esta ciencia?, son preguntas que dieron inicio a la plática que tuvimos con el jefe de la Unidad de Patogenia Microbiana Molecular del Instituto Pasteur en París, Francia, Philippe Sansonetti.

Dos modelos conocidos son la disentería bacilar o bacteriana, conocida también como shigellosis, ocasionada por el bacilo del género *Shigella*, y la disentería amibiana, provocada por la *E. histolytica*. Las bacterias de la familia *Shigella* son capaces de invadir la mucosa intestinal, en particular la del colon de los infantes, donde causan una inflamación severa y destruyen el tejido. Estas condiciones adversas pueden llevar a la muerte de los pequeños que han sido infectados. De acuerdo con estudios llevados a cabo sobre el modelo amibiano, se sabe que este microorganismo procede en forma similar que la *Shigella* y ocasiona lesiones muy graves no sólo en los niños pequeños sino en las personas adultas. También sabemos muy bien que si llegan a diseminarse las colonias invasoras en el cerebro, por ejemplo, la

Carlos Chimal, escritor interesado en la comprensión pública de la ciencia, es colaborador de AyP.



muerte del paciente es casi segura. Ciertamente, desde que Kiyoshi Shiga (1871–1957) descubriera el bacilo de la disenteria en 1897, la biomedicina se ha vuelto no sólo una hiperciencia más precisa sino original y ambiciosa, tal vez porque la vida está de por medio.

Vacunas

Carlos Chimal (CC): Las enfermedades diarreicas siguen siendo una causa de mortalidad frecuente en el mundo. ¿Puede decirnos qué está haciendo al respecto el Instituto Pasteur, cuyo espíritu y propósitos originales lo han llevado a preocuparse por la higiene social del mundo?

Philippe Sansonetti (PS): Ciertamente, las patologías de este tipo representan una causa de mortandad notable, sobre todo en los países más pobres. En fecha reciente, un reporte de la OMS (Organización Mundial de la Salud), que agrupa diversos estudios

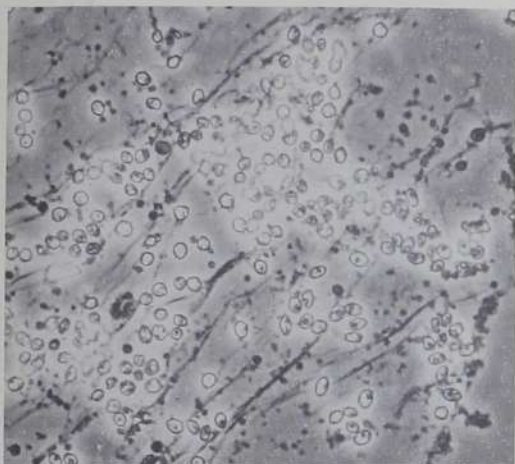
epidemiológicos, anunciaba 150 millones de casos al año, de los cuales entre 600 mil y un millón son fatales. La *shigellosis* ha resultado ser una enfermedad muy grave para los seres humanos, pues la mayoría de los que mueren son niños. Esto nos ha llevado aquí, en este laboratorio, a estudiar los mecanismos de la enfermedad (por ejemplo, cómo se genera el proceso inflamatorio) para encontrar una vacuna viva atenuada y defendernos mejor de las infecciones.

CC: Puede parecer trivial preguntar esto pero sabemos que no lo es. ¿Por qué buscar una vacuna para un problema de higiene social?

PS: En efecto, lo más razonable sería desarrollar económicamente las zonas donde se generan estas enfermedades en forma endémica. Sin embargo, si las dificultades para encontrar soluciones económicas inmediatas son tan grandes, nosotros optamos por desarrollar una vacuna, sobre todo en nuestros días, cuando la creciente resistencia de los microorganismos a los antibióticos es cada vez más evidente, lo cual obliga a utilizar fármacos extremadamente caros. Esto está impidiendo que ciertas regiones mantengan sus programas de prevención sanitaria. Para regresar a su pregunta inicial sobre el espíritu pasteuriano, creemos que nuestra estrategia frente a este grave problema del siglo XXI es correcta y se apeg a lo que queremos que siga siendo el Instituto Pasteur.

CC: Al tratar de comprender los mecanismos mediante los cuales los microorganismos invaden, se multiplican y destruyen la mucosa del intestino, la microbiología celular es su herramienta primaria. ¿Cuál es la relación con la genética molecular?

PS: Enorme. Con la aparición de las técnicas genéticas, el despertar de la biología molecular y la consolidación de la bioquímica, sin olvidar el cúmulo de conocimientos en fisiología celular, hemos podido comprender las características de las bacterias que les permiten introducirse en las células epiteliales. De hecho, los modelos *in vitro* e *in vivo* que nos abren interrogantes sobre cómo proceden las bacterias durante la colonización del epitelio, célula por célula, son alentadores y hemos llegado a “desmenuzar” sus mecanismos a nivel de cada molécula importante. Ahora estamos en el momento de establecer la relación ordenada que existe entre esas etapas, desde la invasión inicial hasta que la



colonia asegura su permanencia en el epitelio. Creo que estas son bases reales para suponer que encontraremos una vacuna.

CC: Inmunizar la mucosa intestinal parece ser la mejor alternativa.

PS: Creemos que si el microorganismo elige el intestino para establecerse, es allí donde debemos atacar. Nuestro propósito es alcanzar un equilibrio en las diversas cepas modificadas genéticamente, de manera que sus miembros provoquen una respuesta inmune adecuada y la enfermedad no se repita en esa persona. Sobre la base de este esquema fisio-patológico hemos encontrado que un gene permite a las bacterias moverse con enorme rapidez dentro de las células; hemos localizado también otro grupo que las habilita en su propósito colonizador del tejido. De hecho, se realizan dos mutaciones intracelulares dentro de esos microorganismos. Esto es, finalmente, lo original de nuestra estrategia y el grado de eficacia que desea alcanzar nuestro enfoque.

Además de *S. flexneri*, hemos cultivado otras cepas de los bacilos más agresivos de esta familia y que son pertinentes en materia de vacunación.

CC: Entiendo que han pasado de pruebas en animales a primeras etapas en humanos.

PS: Sí, las pruebas en macacos nos orientaron sobre la tolerancia adecuada y en fecha reciente, en colabo-

ración con el Instituto del Ejército de Investigaciones Walter Reed, que se encuentra en el área de Washington, se ha puesto en marcha un programa experimental para probar en voluntarios estas vacunas vivas. Se administran por vía oral más de un millón de microorganismos modificados, en comparación con las cien o mil bacterias virulentas que ocasionan la enfermedad en una persona. Al cabo de tres meses, mediante la toma de dosis de 10 mil bacterias cada vez, hemos conseguido establecer condiciones de tolerancia satisfactorias. Nuestro principio de simplicidad nos lo da la genética molecular.

Pruebas masivas

CC: ¿Qué sigue ahora?

PS: Evitar que los voluntarios diseminen entre sus familiares organismos emanados de estas cepas, eso es muy importante. Al mismo tiempo debemos llevar a cabo pruebas *in situ*, es decir, donde este tipo de enfermedades son endémicas. Para ello estamos trabajando en colaboración con el Instituto de Investigación de enfermedades diarreicas en Dakar y la OMS, de manera que se aplicará la vacuna en el sur de Bangladesh, además del ya mencionado Instituto del Ejército en los Estados Unidos. Todos estos estudios y pruebas en adultos nos darán la pauta para encontrar una vacuna adecuada para los niños; recordemos que son los pequeños (entre el destete y los 5 años de edad) los más expuestos a esta enfermedad.

CC: ¿Cuándo realizarán una prueba masiva?

PS: En el 2001 se aplicará, como dije, en Bangladesh. Esta primera etapa de gran escala surge de una sola especie, *S. flexneri*, pero si deseamos curar la disenteria bacilar, es necesario incluir las otras especies que causan millones de muertes en África, el sudeste asiático y Centroamérica, en particular *S. dysenteriae* tipo 1. En fecha próxima tendremos lista una nueva cepa modificada de *S. sonnei*, que se encuentra por todo el mundo, de manera que con tres cepas de las variedades más virulentas y difíciles de atacar esperamos poder contar con una vacuna lo suficientemente poderosa y tolerable a fin de aliviar las graves condiciones de salud de millones de personas. Después de 10 años, creo que estamos en camino de encontrarla.

CC: Entiendo que han encontrado resistencia por parte de algunas empresas farmacéuticas para que, en su momento, se fabriquen vacunas de esta clase.

PS: En efecto, no están particularmente interesados en fabricarlas, ya que los países afectados son pobres y creen que no podrían pagar ni siquiera su costo. Este es un factor adicional para buscar estrategias alternativas de enfrentar a estos organismos patógenos.

Una aventura más analítica

CC: En cuanto al futuro de esta ciencia, la microbiología celular, ¿cuáles son las tendencias, qué opina del Premio Nobel concedido a Günter Blobel?

PS: Él y otros han revolucionado la biología celular. Han introducido conceptos novedosos, como la noción de transporte de proteínas y las modalidades de secreción de proteínas. Esto significa comprender cómo una proteína pasa de un compartimiento a otro dentro de una célula, en busca de su destino natural. Otro descubrimiento notable es el de los mecanismos mediante los cuales las moléculas pasan del citoplasma al interior del núcleo. Esto no sólo tendrá consecuencias inmediatas, en cuanto al esclarecimiento de cuestiones profundas sobre la vida y el funcionamiento celular, sino también de largo plazo, en materia de comportamientos celulares y su modificación, en situaciones degenerativas y de envejecimiento en las células, o bien en casos de multiplicación cancerígena.

Podemos decir que la microbiología celular se ha convertido en una hiperciencia, como bien dice usted, un cúmulo de conocimiento más allá del complejo enfoque multidisciplinario. Sin duda, la microbiología clásica, pasteuriana y luego de los trabajos de Robert Koch en Alemania, había permanecido en el plano descriptivo, tratando de identificar la causa infecciosa de algunas enfermedades. Y todo eso desembocó en patologías veterinarias, de plantas, en una microbiología del ambiente. Así se mantuvo a lo largo del siglo XX, hasta nuestros días. Como sabemos, a partir de la década de 1960 la microbiología se dejó envolver por la genética y se volvió molecular. Luego del descubrimiento de los mecanismos de expresión y regulación genética, vivimos



una aventura más analítica. Ahora estamos experimentando la "revolución genómica", ya que se están completando cada vez más secuencias genéticas de los genomas bacterianos. Esto nos permitirá comprender mejor la lógica de la biología molecular. También hemos hecho avances notables desde el punto de vista químico que, aplicados a las secuencias completas, nos arrojarán luces, por ejemplo, sobre cómo las proteínas interactúan con los azúcares y cómo pasan al interior de un microorganismo.

Hoy en día la investigación de antibióticos se encuentra más o menos estancada; en los últimos quince años no se han descubierto nuevas moléculas. Por eso otro campo vigoroso de la microbiología como hiperciencia es el de los agentes infecciosos. Pero sólo podremos descubrir nuevas moléculas sobre una base amplia de la comprensión global de la fisiología bacteriana y de

sus interacciones moleculares, lo cual nos permitirá intervenir, incluso invertir ciertas acciones moleculares esenciales en la vida de la bacteria a través de nuevos antibióticos. Por eso pienso que la bioquímica seguirá desempeñando un papel decisivo en la microbiología de los próximos años.

Considere usted, simplemente, el hecho de que no conocemos más del 1% del mundo microbiano. Todo ese mundo inédito habita en nichos ecológicos muy variados, cruciales para la salud de los seres humanos y también de los animales. Desconocemos más del 80% de la flora intestinal humana y animal. Al mismo tiempo, ignoramos casi por completo las floras microbianas de los suelos y de las zonas extremas en el mundo, como son los volcanes y el fondo del mar. Conocer cómo es que estos microorganismos sobreviven en tan bajas o altas temperaturas nos ayudará a comprender mejor los procesos metabólicos de los seres vivos. De hecho, ya tenemos resultados extraordinarios con la PCR, donde se emplean enzimas que funcionan a temperaturas de 70° C a 80° C, una cifra totalmente extra-fisiológica. Aquí hay una ventana enorme para la investigación en este campo.

Otra subdisciplina con una gran perspectiva es el estudio del genoma, que mencioné antes. En la actualidad se han descifrado ya los genomas de diversas especies, en particular de microorganismos patógenos para el ser humano. Toda esta gigantesca cantidad de información nos está obligando a repensar los enfoques experimentales de la microbiología que nos llevarán a

una nueva fase, más trascendental aún que la primera, que podemos llamar la "postgenómica", es decir, el estudio posterior de los modelos bajo este nuevo cúmulo de conocimientos.

Un tercer elemento muy importante es que nos dará luces sobre la morfogénesis y los mecanismos de supervivencia de las bacterias patógenas, lo cual también contribuirá a crear vacunas menos tóxicas para las floras intestinales, de manera que en vez de matar a los agentes invasores, se les inhabilite. Estamos en el comienzo de una nueva era en la microbiología celular, materia que hace dos décadas se encontraba encerrada en sí misma. Desde hace unos diez años ha comenzado a beneficiarse realmente de los avances en disciplinas fundamentales, pues los hemos integrado a una lógica microbiana.

CC: ¿Puede hablarnos de la red internacional sobre el estudio de la amibiasis, en el que el Instituto Pasteur participa activamente?

PS: En efecto, una parte de las actividades de nuestro laboratorio están dedicadas a esta especie. Los grupos principales se encuentran en Alemania, Israel, los Estados Unidos y México, donde destacan el de Adolfo Martínez Palomo y Esther Orozco, del Cinvestav. En el marco del INSERM tenemos intercambio académico y de investigación con ellos muy importante para ambos. Es un pequeño pero selecto grupo internacional a la vanguardia de una materia que nos ayudará a entender mejor lo que apenas conocemos.



IX Mexican School on Particles and Fields

International Workshop on Observing Ultra-high Energy Cosmic Rays

August 9-19, 2000, Metepec, Puebla

Invited Speakers

Jeff Appel, FNAL
Marcela Carena, CERN
Hugo García Compeán, Cinvestav
Guillermo Contreras, Cinvestav-Mérida
Juan Carlos D'Olivo, ICN-UNAM
John Ellis, CERN
Gabriel López Castro, Cinvestav
Luis Masperi, CLAF
Abdel Perez Lorenzana, Cinvestav
Cupatitzio Ramírez, BUAP
Jorgen Randrup, LBL
Alberto Santoro, CBPF
John Swain, North Eastern U.
Ramona Vogt, LBL, UC Davis
Carlos Wagner, Argonne
Günter Wolf, DESY

Venny Berezhinsky*
Peter Bierman*
Oswaldo Catalano, Univ. of Palermo
James W. Cronin, Univ. of Chicago
Bruce Dawson*
Teresa Dova*
Garipov G.K., Moscow State Univ.
Thomas K. Gaisser, University of Delaware
Boris Khrenov, Moscow State Univ.
John Linsley, New Mexico Univ.
Panasyuk M.I. Moscow State Univ.
Angela V. Olinto, Univ. of Chicago
Oscar Saavedra, Univ. of Torino
Livio Scarsi, Univ. of Palermo
Guenter Sigl*
Yoshi Takahashi, Univ. of Alabama
Masahiro Teshima, University of Tokio
*To be confirmed

Organizing Committee

Isidro Aranda, EFM-UMSNH
Enrique Barradas, BUAP
Lorenzo Díaz, IF-BUAP
Arturo Fernández, PCFM-BUAP
Gerardo Herrera, Cinvestav
Rebeca López, BUAP
Mario Maya, FCFM-BUAP
Myriam Mondragón, IF-UNAM
Mauro Napsuciale, IFUG
Lukas Nellen, ICN-UNAM
Miguel A. Pérez, Cinvestav-BUAP
Alfonso Rosado, IF-BUAP
Humberto Salazar, FCFM-BUAP
Manuel Torres, IF-UNAM
Luis Villaseñor, IF-UMSNH
Arnulfo Zepeda, Cinvestav

Further information

cramirez@fcfm.buap.mx
<http://www.auger.unam.mx/School2000>

grajales@fcfm.buap.mx
<http://www.fcfm.buap.mx/Cosmic.html>



El Primer Emporio Perlero Sustentable del Mundo: la compañía criadora de concha y perla de Baja California y perspectivas para Baja California Sur, Micheline Cariño y Mario Monteforte

Zulema Puig Amarillas

Es gracias a la cruzada emprendida por los doctores Micheline Cariño y Mario

Monteforte para reivindicar la persona y la obra del científico sudcaliforniano de origen francés, Gastón J. Vives Gourieux, que podemos disfrutar ahora de este libro que nos presenta su creación cumbre: La Compañía Criadora de Concha y Perla de Baja California, S. A. (CCCCP). Se trata de una obra interdisciplinaria enmarcada en el panorama mundial de la explotación y el comercio del nácar y de las perlas, profusamente ilustrada. También nos presenta la explicación de cómo el centro principal de comercialización de las perlas se desplazó sucesivamente de Bombay a París y finalmente a Tokio. Esta presentación está precedida de una explicación científica sobre la constitución de una ostra perlera y sobre la formación de las perlas, únicas gemas de origen animal.

Desde la antigüedad, las perlas han sido apreciadas en el viejo mundo tanto por su belleza como por los poderes mágicos y curativos que se les han atribuido. Un grupo aparte forman los países que valoran las ostras perleras por el alimento que representaban sus callos, aunque no fueron de ninguna manera indiferentes a la belleza de las perlas y del nácar. De ahí que se presenten las regiones perleras divididas en esos dos grandes grupos.

El nácar fue considerado durante siglos en varias regiones

La Dra. Zulema Puig Amarillas es directora del Departamento Editorial de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

perlas como algo desechable una vez extraído el animal y las eventuales perlas. Los autores detallan cómo su comercialización en Baja California dio un nuevo impulso a las actividades perleras en el siglo XIX, aliviando la penuria en la que se encontraba la península y convirtiéndose las pesquerías sudcalifornianas en un detonante socioeconómico para la región.

Otro hecho que se pone de relieve es la revolución que en las pesquerías implicó la utilización de la escafandra, así como sus consecuencias positivas y negativas. Igualmente, en forma dramática nos muestran los infructuosos empeños de las autoridades para evitar el agotamiento de los bancos perleros en Baja California y cómo esto sólo se logró con el cultivo de las ostras perleras emprendido por la CCCP.

La doctora Cariño nos relata la apasionante historia de don Gastón enfocada fundamentalmente a la creación de la CCCP y es de hecho un complemento de su biografía presentada por ella en su libro *El porvenir de la Baja California está en sus mares: vida y legado de don Gastón J. Vives, primer maricultor de América*. Sin lugar a dudas el siglo transcurrido desde la creación de la CCCP ha sido pródigo en adelantos tecnológicos, lo que no impide en absoluto admirar el espíritu creativo y el ingenio de los inventos

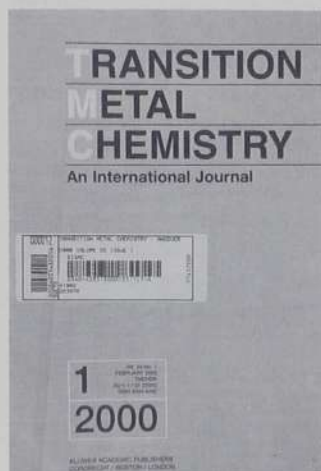
de Vives, en lo que se refiere tanto a sus aparatos, debidamente patentados, como a las instalaciones de la estación perlífera de San Gabriel en la isla Espíritu Santo, BCS, de las que hoy sólo quedan ruinas. La doctora Cariño examina el carácter detonante y multiplicador del cultivo masivo de madreperla emprendido por la CCCP, ya que la empresa no sólo llegó a cultivar millones de ostras, sino que sus procedimientos de cultivo revitalizaron los bancos silvestres en los que buceaban los pescadores libres.

Los lectores de este libro no podrán menos que apasionarse por la multifacética personalidad de don Gastón y se contagiarán del entusiasmo con el que los jóvenes oceanólogos del CIBNOR (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste), encabezados por el doctor Monteforte, tratan de revivir su obra y recuperar para Baja California el lugar que antaño ocupara como una de las principales regiones productoras de nácar y perlas.

Esta obra consta de tres capítulos. En el primero se analiza el contexto mundial y regional en el que fue creada la CCCP. En el segundo se exponen las innovaciones científicas y tecnológicas de don Gastón que le sirvieron para llevar a cabo su empresa. Se ilustra con fotos la que fuera una fuente de riqueza para la región de La Paz. En el

último se relata, con base en documentos, cómo al amparo de la revolución fue destruida la estación de San Gabriel e incautados los bienes de su director general, don Gastón J. Vives, y los infructuosos esfuerzos que éste realizó para que le devolvieran sus saqueados bienes e interesar a los inversionistas locales y extranjeros para ayudarlo a poner en pie nuevamente la estación perlífera. En este capítulo el doctor Monteforte nos relata los fracasados proyectos de nacionales y extranjeros para reactivar la ostricultura y el conjurado peligro de que los recursos perleros sudcalifornianos cayeran en manos de la compañía Tahiti Perles, que pretendía explotar nuestros menguados bancos naturales sin ocuparse del cultivo ni del repoblamiento, y pretendiendo utilizar como pescadores a los jóvenes científicos del grupo ostras perleras del CIBNOR.

Este libro, escrito en forma amena y comprensible, despertará en los que lo lean una gran admiración por la recta personalidad de don Gastón J. Vives y por su magna obra. Estarán de acuerdo con los autores en que todo hubiera sido diferente para Sudcalifornia si Vives hubiera podido continuar con su empresa que tanto influyó positivamente en la sociedad y en la economía de esta tierra que tanto amó.



La ética en las ciencias: el caso de las revistas científicas

Keith H. Pannell

Revistas nuevas

En cualquier discusión sobre la ética en las ciencias inevitablemente se tocarán tres grandes temas: ajuste de datos (invención), cambio de datos (falsificación) y uso de palabras o ex-

presiones de otras personas (plagio). Estos pecados denotan una conducta equivocada y pueden sabotear a la ciencia. En diversas publicaciones se presentan pequeñas pero convincentes discusiones sobre estos tópicos¹ y otros temas afines. Sin embargo, existen otros tipos de conducta o estructura que, si bien son menos claros, pueden también degradar el quehacer científico. Esta contribución intenta llamar la atención sobre una pequeña parte del escenario científico; el tema que se aborda es en dado caso muy raramente discutido en la literatura, porque trata precisamente de la literatura en sí.

La mayoría de los que hemos elegido, o estamos eligiendo, una rama de la ciencia como una carrera presuponemos que son correctas las diversas bases experimentales de nuestro sujeto de estudio. Nos sentimos orgullosos de la integridad de nuestros compañeros de carrera y la idea de una conducta no ética raramente surge.

Pensamos que aun si se produjeran actos no éticos, mediante la repetición de los experimentos tarde o temprano se podrían aclarar errores y falsas aseveraciones que hubieran aparecido en la literatura. Este hecho singular no solamente refuerza nuestra suposición de que siempre se actúa con una conducta ética, sino que también va a disuadir hasta al más te-

El Dr. Keith A. Pannell es profesor del Departamento de Química de la Universidad de Texas en El Paso, TX 79968, EUA. Dirección electrónica: kpannell@utep.edu. Traducción: Gloria Novoa de Vitagliano.

merario que intente publicar resultados fraudulentos.

El artículo arbitrado por los pares es la base de nuestra información y la integridad de este sistema es la llave para proteger nuestro(s) resultado(s). La reiteración de esta práctica aparentemente obvia conlleva el hecho de que cualquier falta de control de calidad en esta área va a dañar profundamente a la ciencia.

En este artículo deseo plantear algunas preguntas periféricas en relación con la proliferación de revistas que, a mi juicio, puede llevar a socavar nuestra confianza en el propio sistema que sirve o que debería servir de resguardo en contra de la mala ciencia. Durante los últimos años un gran número de nuevas revistas ha aflorado en el mercado de la ciencia. Se trata de justificar la creación de una nueva revista con argumentos como los siguientes:

(1) Se generan actualmente suficientes descubrimientos como para que no estén contenidos en revistas bien establecidas.

(2) Nuestra disciplina, ya sea que se trate del estudio de ranas diabéticas, formas de vida en Marte, o compuestos que contienen uniones con silicio o plomo, no recibe suficiente atención por parte de los revisores y editores de las revistas en circu-

lación; debemos, por lo tanto, crear nuestra propia revista.

(3) La formación de una nueva revista va a atraer la atención de otros científicos hacia el área especializada y por lo tanto va a estimular nuevas y alentadoras posibilidades. Estas están frecuentemente asociadas a la promesa de un beneficio social.

(4) Una nueva revista que cubre un área específica evita la dispersión de la información en demasiadas revistas ya existentes. Esto es de particular importancia para nuevos campos en proceso de desarrollo.

Existen otras razones circunstanciales para la creación de una nueva revista que generalmente no se examinan en forma abierta, y que pueden ser:

(5) Crear un nuevo consejo editorial que a su vez genera algún prestigio al status de los miembros del consejo. Algunas veces, sin embargo, la aceptación de un puesto en un comité editorial se hace como un gesto de amistad hacia un colega o un ex-estudiante involucrado directamente con la nueva revista.

(6) Crear un negocio financieramente sano por una compañía editora. ¡Hay revistas que tienen una circulación pagada de sólo unas 100 suscripciones y están generando ganancias!

(7) El deseo de sociedades químicas nacionales, o de cualquier otra especialidad, de tener un lugar en una nueva y creciente área de la ciencia, lo que lleva al punto (1) mencionado antes.

Confío en que los lectores puedan agregar a esta lista más razones reales, aparentes o falsas para crear una nueva revista, pero las opciones mencionadas son suficientes por el momento. Me referiré a un área cercana a mi propio campo, química inorgánica, y propondré una idea (para ulterior discusión entre los lectores y sus pares) que sugiere que existen algunos problemas significativos en muchas de nuestras revistas, que pueden menguar nuestra confianza en el presente sistema. Esto implica que se pueda esperar un uso más eficiente y satisfactorio de las revistas actuales, con lo que se reduciría la presión de crear otras nuevas.

Los hechos

La revista *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry* existe desde hace más de 30 años y es publicada por una compañía bien establecida, Marcel Dekker Inc². Examinemos y discutamos el contenido de esta revista en un año en particular, tomado al azar, 1998, y saquemos algunas conclusiones de este análisis. Durante 1998, ciertamente desde la aparición de la revista,

el consejo editorial estuvo formado por científicos importantes en el campo de la química inorgánica. Para hacer honor a la verdad, debo agregar que muchas de estas personas son colegas, coautores y amigos míos.

La importancia del consejo editorial puede medirse por el hecho singular de que sus miembros publicaron más de 320 artículos en revistas internacionales con arbitraje durante el mismo período analizado (1998)³. Este conjunto de artículos es una contribución importante al conocimiento y en muchos casos tuvo como resultado la generación de nuevas líneas para el tema en cuestión. Sin embargo, solamente un artículo fue publicado por un miembro del consejo en las páginas de *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*. Esta interesante observación no fue un evento aislado para este año en particular. Durante los pasados 10 años la situación fue similar: de los miles de artículos publicados por los miembros del consejo editorial de *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*, literalmente sólo un puñado de esos artículos fue publicado en esta revista.

¿Quién entonces publica en la revista *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*? Un análisis de

los autores en 1998 es instructivo, típico e inquietante. Un total de 131 artículos que cubren varios tópicos, principalmente en el campo de la química de la coordinación de metales, fue publicado durante este año². En la tabla 1 se presenta la relación de los países de origen de los autores principales señalados con un asterisco (*). Estos datos indican claramente que la gran mayoría de los artículos provienen de naciones en desarrollo. El significado de tales datos puede ser subrayado si analizamos además los países de origen del consejo editorial de la revista (tabla 2).



Tabla 1. País de origen de los artículos, su número y porcentaje publicados en *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry* en 1998.

País	Artículos	Porcentaje
Argelia	1	1
Bangladesh	1	1
Bulgaria	1	1
Egipto	7	5
Alemania	2	2
Iran	1	1
Japón	1	1
Pakistán	1	1
Arabia Saudita	1	1
EUA	7	5
Bahrain	1	1
Botswana	1	1
China	33	23
Francia	1	1
India	50	38
Iraq	1	1
Nigeria	1	1
Rumania	4	3
Turquía	15	11
Yugoslavia	1	1

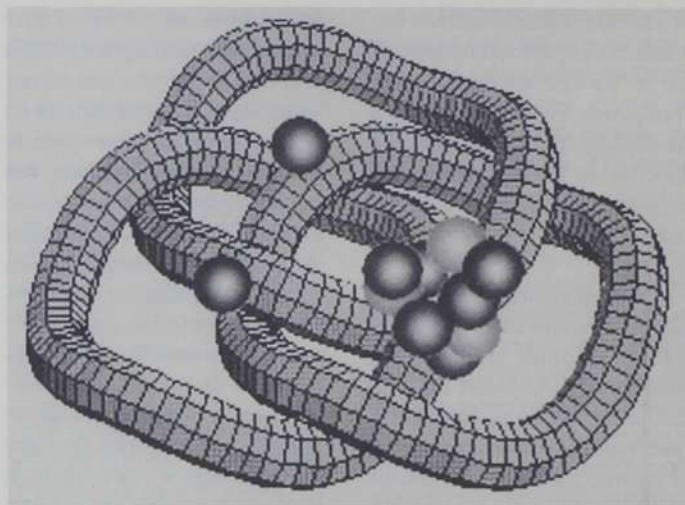
Tabla 2. Distribución geográfica de los miembros del consejo editorial de *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*.

País	Miembros	Porcentaje
Australia	1	3
China	1	3
Francia	2	6
Italia	1	3
Rumania	1	3
España	1	3
Austria	1	3
Inglaterra	2	6
Alemania	6	17
Japón	3	9
Rusia	2	6
EUA	13	38

No solamente los miembros del consejo se encuentran claramente ausentes de la lista de autores que contribuyen con artículos, sino que también están ausentes los representantes de sus grupos nacionales. Si se suprime al único representante de China del consejo, el resultado va a ser que 88% de los artículos emanaron de países que no tienen un miembro en el consejo editorial o, con mayor claridad, sólo 12% fueron originados en aquellos países representados en el consejo editorial y la casa editora. La adición del representante de China cambia los números a 35% y 65%, respectivamente.

Discusión y conclusiones

Si se observan los datos mencionados pueden surgir muchas preguntas y se pueden sacar muchas conclusiones. Primero, ¿por qué los miembros del consejo editorial de *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry* no publican en esa revista? Voy a presentar algunas suposiciones que he hecho y que no he discutido con ningún miembro de su comité editorial. Sobre todo, sospecho que la razón es que la revista no es ampliamente reconocida, tiene pocos lectores, un bajo factor de impacto (alrededor de 0.5) y, en general, claramente no cumple con los



requisitos establecidos por los miembros del consejo para sus propias publicaciones. Una respuesta adicional a esta pregunta podría ser que el tema de los artículos publicados se encuentre demasiado lejos de los intereses de investigación que tengan los miembros del comité editorial en la actualidad.

¿Qué haríamos en esta situación?, ¿estoy viendo moros con tranchete?, ¿o en realidad esto no debe representar ninguna preocupación? No lo creo. En mi opinión hay algo que podría denominarse "imperialismo científico" en esta situación. Los miembros del consejo editorial y, desde luego, la casa editorial, provienen del mundo desarrollado, como se define actualmente, y la gran mayoría de los artículos es originada en los países en vías desarrollo. Un análisis más minucioso de la

pequeña minoría de artículos provenientes del mundo desarrollado nos brinda alguna evidencia de que tales contribuciones emanan de instituciones que tradicionalmente no están orientadas a la investigación.

¿Esta revista es simplemente una manera de hacer dinero para la compañía editorial? Los representantes de la compañía editorial señalaron que en la actualidad, en enero del 2000, hay "aproximadamente 300 suscripciones", de las cuales un gran porcentaje es institucional, esto es, para el uso de bibliotecas universitarias⁴. Si se considera que el costo de la suscripción institucional a la revista es de \$1375 dólares (\$687.50 dólares para suscripciones individuales), se obtiene que el ingreso de la revista es del orden de 200 a 300 mil dólares. ¡No está mal para

una revista con un factor de impacto de 0.5! ¿Son los miembros del consejo editorial simplemente cómplices inocentes? Probablemente. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que todos reciben copias gratuitas de la revista y no ignoran, por lo tanto, su contenido y la fuente de donde provienen los artículos. Esto sugiere por lo menos que no han pensado seriamente acerca de su asociación con una revista en la cual ellos tácitamente determinan no publicar.

Un argumento en contra de la posición señalada puede presentarse en las siguientes líneas. La mera naturaleza prestigiosa del consejo editorial confiere un aire de excelencia a los artículos de la revista, lo que a su vez se traduce en reconocimiento y prestigio dentro del país en desarrollo, lo que de otra forma puede ser difícil de obtenerse. En este sentido se puede sugerir que tal revista está ayudando al desarrollo del campo en el país de origen, lo cual en sí es una satisfactoria razón de ser. En este contexto el consejo editorial puede estar desempeñando un servicio social y científico.

Puede haber otros argumentos en pro y en contra de la situación y yo espero que el lector o los lectores hagan uso de estos datos como un punto de partida para discusiones internas, usando el meollo de este artículo como un tema para un análisis ulterior. Agradeceré

sus comentarios a la siguiente dirección electrónica:

kpannell@utep.edu.

Mi propio punto de vista está claro: por supuesto que hay algo que parece inapropiado. Sin embargo, se pueden hacer algunas recomendaciones y, si se actúa de acuerdo a ellas, tal vez se pueda mejorar la situación. Dos simples sugerencias podrían ser:

(1) Incluir nuevos miembros del comité editorial que provengan del conjunto de autores que publican en la revista, o por lo menos de sus países de origen.

(2) Los miembros del comité editorial deberían ser requeridos a publicar en la revista de vez en cuando y, si no lo hicieren, podrían ser removidos de dicho comité.

Yo creo que el segundo de estos puntos es el más importante; sin embargo, la aplicación de estas dos sugerencias mejoraría tanto la naturaleza como el contenido de la revista.

No tengo algo personal o algún sentimiento en contra de esta revista en particular o de su editor, del consejo editorial o de la compañía que la publica. Hay muchos otros ejemplos de revistas que, como en este caso, frecuentemente en forma inconsciente hacen poca justicia a los ideales de la ciencia. Por ejemplo, la revista *Transition Metal Chemistry*, publicada por el grupo Kluwer parece ser una copia idéntica de *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*. Tiene un consejo editorial 100% europeo, localizado predomi-



nantemente en el Reino Unido⁵, y la mayor parte de los autores proviene de países en vías de desarrollo, más de 60% en el año de 1998 y con un costo de 1008 dólares anuales por seis números. Por lo que toca a *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*, solamente uno de los trabajos (103) publicados en *Transition Metal Chemistry* durante 1998 fue una contribución de un miembro de su consejo editorial. Esta revista tiene también un bajo factor de impacto (0.5) y los argumentos antes mencionados se aplican igualmente a esta revista, con la excepción de que un porcentaje mucho mayor de artículos proviene del "mundo desarrollado".

Notas

1. *On Being a Scientist: Responsible Conduct in Research* (National Academy Press, Washington 1995);

Honor in Science (Sigma Xi, The Scientific Research Society, Research Triangle Park, 1997); *The Responsible Researcher: Paths and Pitfalls* (Sigma Xi, The Scientific Research Society, Research Triangle Park, 1999).

2. <http://www.dekker.com>.

3. *Science Citation Index* (1999).

4. A. Mullins, Marcel Dekker Publications Department, Nueva York, 212-696-9000 – extensión 231, enero 3, 1999.

5. <http://www.wkap.nl>; un representante de la compañía, Jan Willem Wijnen señaló que el número de ejemplares de las revistas en circulación es confidencial.
Janwillem.Wijnen@wkap.nl,



Humor y periodismo científico

Manuel Calvo Hernando

El humor es la única forma de comunicación en la cual un estímulo de un alto nivel de complejidad produce una respuesta estereotipada y predecible al nivel de los reflejos fisiológicos.

Luis Racionero

El humor constituye una excelente vía para todo lo que suponga explicaciones, aclaraciones y difusión de materias cuyo contenido no siempre es ligero y digerible. Una conocida revista de divulgación científica de la Unesco, *Impacto*, dedicó su Vol. XIX (1969), N.º. 3, al tema "La ciencia del humor, el humor en la ciencia" y, como es bien sabido, filósofos y escritores han abordado el tema, con mayor o menor acierto. Todos los dioses se hallan amenazados por el humor, recuerda Robert Escarpit¹ en su libro dedicado a este tema: el Ejército, por el alemán Helmuth Kirst; la Ciencia, por el inglés George Gamow; el Comercio, por el francés Jean Dutourd; la Administración, por el inglés Northcote Parkinson.

Aquí hablaremos sobre algo del humor en la ciencia. Hoy, los chistes circulan por el mundo a la velocidad de la luz y son, cada vez más, una de las formas más rápidas de comunicación humana. Pagels² atribuye esta velocidad a un hecho: bancos y casas de inversiones mantienen líneas telefónicas abiertas por todo el mundo por si se produce una noticia urgente, donde ganar un segundo puede ser decisivo. Con frecuencia, los operadores a cargo de estas líneas no tienen ninguna

El Lic. Manuel Calvo Hernando es profesor de la Universidad de San Pablo en Madrid, España. La versión original de este artículo se publicó en la revista argentina *Chasqui* 64, 65 (1998).

información financiera que transmitir, de modo que practican un intercambio de chistes nuevos. El mismo Pagels² recuerda la historia titulada "Francis Crick va al cielo", que oyó por primera vez de labios del biólogo molecular Sydney Brenner. La moraleja es que la evolución no es sistemática ni precisa.

Crick, descubridor de la estructura molecular del ADN, va al cielo y allí le recibe san Pedro, quien le pregunta si tiene algún deseo especial que formular.

- Si, dice Crick, deseo conocer al Hombre mismo y hacerle algunas preguntas.

Pedro responde que no recibe muchas peticiones de esta índole, pero que puede arreglarlo. Atravesan los Campos Elíseos y entran en un oscuro valle cubierto de máquinas ruinosas, piezas electrónicas, vidrios y probetas rotas. En el fondo del valle hay una cabaña y dentro de ella un anciano con un guardapolvos blanco manchado de grasa, sangre y sustancias químicas. Está inclinado sobre una mesa de laboratorio, llena de más desperdicios, y trabaja.

- Francis, te presento a Dios; Dios, éste es Francis.

- Encantado de conocerle, dice Crick, pero quería saber cómo hizo el sistema muscular del ala de la mosca. Es tan ingenioso.

- Bueno, responde Dios, lo hice hace mucho tiempo y es realmente muy sencillo. Veamos si lo recuerdo. Se toma un trozo de tela y luego... bueno, se la retuerce bien... y entonces, de alguna manera... entonces se reordenan... se pegan juntas esas cadenas de proteínas... y... bueno, no recuerdo bien todos los detalles. Pero, ¿a quién le importa? Funciona, ¿no es cierto?

Humor y relatividad

El escritor argentino Ernesto Sabato ilustra, por el camino del humor, la dificultad de divulgar algunos aspectos difíciles y complejos de la ciencia, como la teoría de la relatividad. Alguien me pide —escribe en su curioso y antiguo libro *Uno y el universo*³— una explicación de la teoría de Einstein. Con mucho entusiasmo, le hablo de tensores y geodesias tetradimensionales.



- No he entendido una sola palabra me dice, estupefacto.

Reflexiono unos instantes y luego, con menos entusiasmo, le doy una explicación menos técnica, conservando algunas geodésicas, pero haciendo intervenir aviadores y disparos de revólver.

- Ya entiendo casi todo —me dice mi amigo, con bastante alegría. Pero hay algo que todavía no entiendo: esas geodésicas, esas coordenadas...

Deprimido, me sumo en una larga concentración mental y termino por abandonar para siempre las geodésicas y las coordenadas; con verdadera ferocidad, me dedico casi exclusivamente a aviadores que fuman mientras viajan con la velocidad de la luz, jefes de estación que disparan un revólver con la mano derecha y verifican tiempos con un cronómetro que tienen en la mano izquierda, trenes, campanas y gusanos de cuatro dimensiones...

- ¡Ahora sí, ahora entiendo la relatividad! —exclama mi amigo con alegría.



- Si. —le respondo amargamente— pero ahora no es más la relatividad.

El espíritu crítico del humor

Un toque de humor no le hace daño a nadie, y mucho menos a la divulgación de la ciencia, que suele enfermar de aridez y aburrimiento. "Solo el sentido del humor —dice Escarpit¹— puede garantizar la disponibilidad intelectual del científico". En el humor hay una gran dosis de espíritu crítico. Donde hay humor, hay también inteligencia crítica que, junto con la costumbre de cuestionarlo todo, constituyen las bases del trabajo científico.

Arthur Koestler, conocido como novelista pero que fue uno de los primeros periodistas científicos europeos, escribió: "Cabría definir la creatividad en la ciencia como el arte de sumar dos y dos para que den cinco". Y Martin Gardner⁴ recuerda el consejo del científico H.L. Mencken: "Una carcajada vale por diez mil silogismos".

Un alemán ha presentado dos propuestas en este orden de cosas: la inscripción del derecho al humor en la

lista de los derechos humanos y la elaboración de planes de estudios destinados a incrementar la cantidad de humor en el mundo. Yo añadiría que también la calidad.

Hay grandes ejemplos de científicos dotados de sentido del humor. Uno de ellos era Eddington, que ridiculizó el método científico comparándolo con la red que echa un ictiólogo en el océano, para llegar a esta conclusión: "La longitud de todos los animales marinos pasa de cinco centímetros". Un espectador le objeta:

- Hay una gran cantidad de animales en el mar que usted no ha visto porque su red no sirve para cogerlos.

El ictiólogo rechaza la objeción con menosprecio:

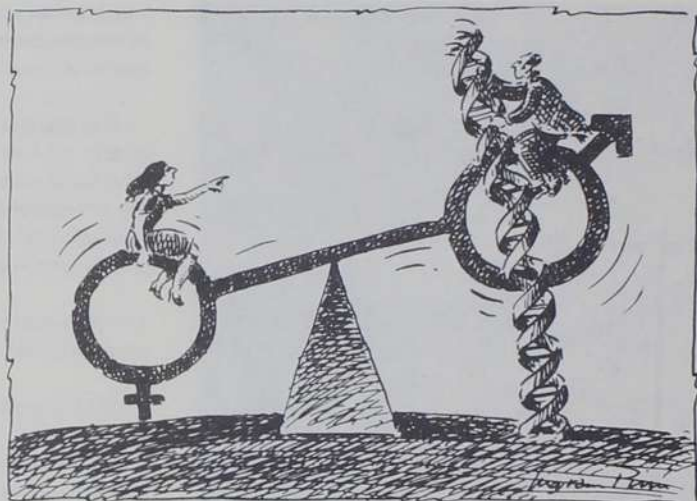
- Pretende usted un conocimiento del universo físico obtenido con un modo distinto al de la aplicación de los métodos de las ciencias físicas y, además, reconocidamente verificable por esos mismos métodos. ¡Vamos! ¡Usted es un metafísico!

Es bien conocida la frase del gran divulgador científico británico Arthur C. Clarke, publicada en su libro *Los Secretos del Futuro* y que él mismo llamó "la ley de Clarke", en un rasgo de modestia y de humor: "Cuando un distinguido pero ya maduro científico declara que algo es posible, tiene razón casi con toda seguridad. Cuando declara que algo es imposible, probablemente se ha equivocado".

El principio de Peter

Parece que es norma que el propio autor bautice con su nombre las "leyes" y los "principios" que establece por la vía del humor, en libros que contienen abundantes referencias a temas científicos. Así, el Dr. Lawrence J. Peter⁵ es autor de *El principio de Peter*. Los personajes de Peter y sus maravillosas ideas, *La pirámide de Peter* y *Por qué las cosas salen mal o retorno al principio de Peter*. Por su parte, el profesor C. Northcote Parkinson tituló su más conocido libro *La Ley de Parkinson*.

Lleva usted su coche a limpiar, y a las tres horas empieza a llover. Se compra usted un paraguas, y cesa la lluvia. Se mete en la bañera para darse un baño caliente, y suena el timbre de la puerta. Se sienta usted



en el retrete, y en el momento más crítico suena el teléfono. Esta clase de acontecimientos fue claramente enunciada en la llamada Ley de Murphy: "Si algo puede ir mal, irá mal".

El propio Murphy, en otra ley de las que siguieron al éxito de la primera, la redondeó: "Si adviertes que hay cuatro formas posibles en las que algo puede salir mal y las evitas, no tardará en surgir una quinta forma". Otro ejemplo más reciente es la Ley de Murphy II, con extensiones de Cerf publicada en el divertido librito de Arthur Bloch⁶. He aquí unas observaciones de este libro. Guía útil para la ciencia moderna:

- (1) Si es verde o se retuerce, es biología.
- (2) Si apesta, es química.
- (3) Si no funciona, es física.
- (4) Si es incomprensible, es matemáticas.
- (5) Si no tiene sentido, es economía o psicología.

En las *Confesiones de un científico humorista*, el profesor James V. McConnell de la Universidad de Michigan cuenta que su sentido del humor le había perjudicado en su carrera, ya que el *establishment* considera

a la Ciencia —con C mayúscula, evidentemente— como algo sagrado. El profesor McConnell decía que le habían acusado de inducir a los estudiantes a error "haciéndoles creer que la ciencia podía ser divertida".

Otro científico, Alexandre Kohn, profesor del Instituto de Investigaciones Biológicas de Israel, afirma que una ciencia "sería y sin humor sólo puede contribuir al fracaso final de la sociedad en que se ha desarrollado". Kohn era redactor-jefe de la revista *The Journal of Irreproducible Results*, *J.I.R.* en forma abreviada, con 20.000 suscriptores. Una de las secciones de la revista versa sobre el arte de hacer investigaciones... sin hacerlas realmente.

En uno de sus primeros números, la *J.I.R.* publicó una memoria titulada "Theoretical Zipperdynamics" (zipper significa cierre de cremallera), que trataba de tales cierres, semiinfinitos y finitos. Los redactores de la revista crearon un "Premio In-nobel", con una recompensa anual para la investigación "menos apta para ser reproducida".

Grandes científicos se han servido del humor incluso para explicarse. O para dar una idea de algo. Recuérdese la célebre quintilla de Einstein sobre la relatividad: "Había una joven llamada Bright, que viajaba mucho más de prisa que la luz. Un día partió por el camino de la Relatividad y volvió la noche anterior".

Un escritor satírico húngaro, Laszlo Feleki, ha comparado la astronáutica húngara con algunos inventos de su país famosos en todo el mundo: paprika, gulash y música. Los progresos fulgurantes de la técnica -escribe- le han permitido hacer una excursión al futuro y descubrir en él a uno de nuestros más remotos descendientes, instalado en una caverna y vestido con pieles de animales. El hombre del futuro se servía de sus piernas para caminar, tras desembarazarse de automóviles y aviones. Dio a su visitante este consejo:

- Cuando vuelvas entre tus contemporáneos, diles que no se desanimen. Un día llegará en que el hombre hará inútiles las máquinas.

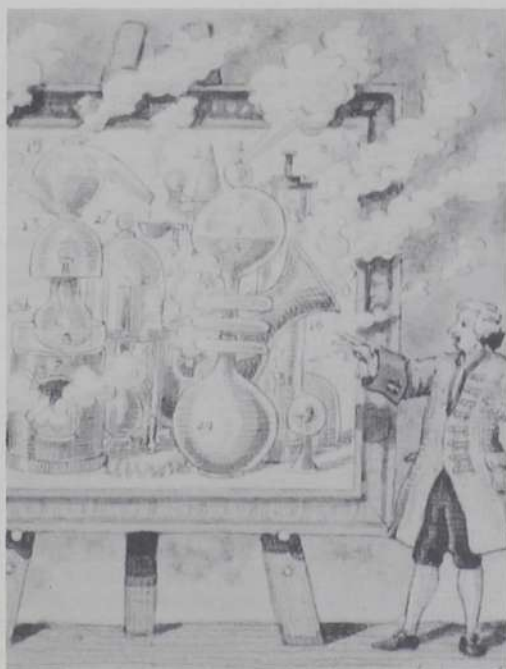


Notas:

1. R. Escarpit, *L'Humour* (versión castellana en Editorial Universitaria, Buenos Aires, 1972).
2. H.R. Pagels, *Los sueños de la razón* (Gedisa, 1991).
3. E. Sabato, *Uno y el universo* (Editorial Sudamericana, 1952).
4. M. Gardner, *La ciencia. Lo bueno, lo malo y lo falso* (Alianza Editorial, 1988).

5. L.J. Peter, *Por qué las cosas salen mal o retorno al Principio de Peter* (Plaza Janés, 1985).

6. A. Bloch, *Ley de Murphy III* (México, 1988).



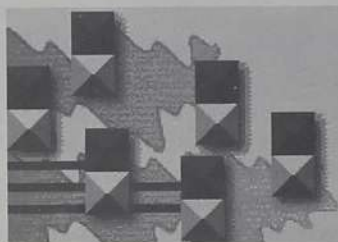
SEMINARIO DE MODELADO

DEPARTAMENTO DE CONTROL AUTOMÁTICO
DEL CINVESTAV



ALGUNOS TÓPICOS A TRATAR

Aeronaves
Algoritmos genéticos
Bioprocesos
Cinética y dinámica de fármacos
Citosqueleto de Amibas
Climax sexual
Convertidores CD - CD
Convertidores fotovoltaicos
Epidemiología
Fibras musculares
Finanzas
Galaxias
Hipertensión
Imágenes
Procesos agrícolas
Procesos metalúrgicos
Propiedades ópticas de los materiales
Química computacional y modelado molecular
Reactores químicos
Semiconductores
Sistemas estocásticos, teoría de juegos
Sistemas conexionistas
Sistemas a eventos discretos
Sistemas mecánicos
Sistema nervioso central
Sistemas sociales
Software para modelado y simulación



CONFERENCISTAS

Científicos del CINVESTAV de prácticamente todas las áreas del conocimiento que se cultivan en la institución y algunos conferencistas externos en áreas complementarias.

Una conferencia semanal los viernes a las 11:00 hrs
Auditorio de Ingeniería Eléctrica

MOTIVACIONES

El modelado y la simulación han sido actividades centrales en todas las disciplinas de la ciencia y de la ingeniería. Ambas nos ayudan a comprender la naturaleza cuando las utilizamos para analizar fenómenos naturales y sistemas físicos. También resultan de gran importancia y utilidad en el diseño de procesos tecnológicos, pues nos ayudan a predecir su comportamiento dinámico aun antes de construirlos.

INFORMES E INSCRIPCIONES

Dr. J. M. Ibarra Zannatha
Coordinador del Seminario
jibarra@ctrl.cinvestav.mx

Dr. J. C. Martínez García
Coordinador Académico del DCA
martinez@ctrl.cinvestav.mx



www.ctrl.cinvestav.mx/modelado.html
57 47 38 00 ext. 3205, 3238, 3239 y 3244

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del I.P.N. Unidad Mérida, Yucatán, México



CINVESTAV

Invita a profesionales interesados en el estudio de las relaciones entre
ecosistemas, sistemas socioculturales y la salud humana, a cursar

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN ECOLOGÍA HUMANA

La Maestría está registrada en el Padrón de Programas de Posgrado de Excelencia de CONACyT, lo que permite a los aspirantes optar por una beca de ese Consejo. El Doctorado se encuentra en proceso de evaluación para su registro en el Padrón mencionado.

INFORMES

Departamento de Ecología Humana, Coordinación Académica
Antigua carretera a Progreso km 6, C. P. 97310, Mérida, Yucatán, México.
Tel. (99) 81 29 60 ext. 360
Fax (99) 8146 70
e-mail: dalila@mda.cinvestav.mx

En la ciudad de México, D.F. Tel 5 747 3800 ext. 6613

Fecha límite de entrega de documentos: segunda semana de junio.
Examen de admisión: cuarta semana de junio
Entrevista: segunda semana de julio
Inicio de cursos: primera semana de septiembre.

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 eméritos.

* a todo el personal académico a preparar, a
su elección y criterio, ponencias sobre la
historia de distintas 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

El Departamento de Recursos del Mar
del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, México

Invita a

profesionales en áreas afines a las ciencias marinas a estudiar:

**Maestría en Ciencias
(Biología Marina)
y
Doctorado en Ciencias Marinas**

CALENDARIO:

Fecha límite de entrega de documentos:

16 de junio

Examen de admisión:

19, 20 y 21 de junio

Inicio de cursos

4 de septiembre

*Gozarás de una beca durante tus estudios
(de acuerdo a los requisitos del Conacyt)
y contribuirás a un mejor uso de los recursos naturales.*

INFORMES

Coordinador Académico

Departamento de Recursos del Mar

Carretera antigua a Progreso Km. 6

Apartado Postal 73, Cordemex

C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México

Tel. (99) 81-2334

e-mail: posgrado@kin.cieamer.conacyt.mx

En México D.F.

Oficina de Control Escolar

Av. Politécnico y Ticomán, Zacatenco

Tel. 57 47 38 00 ext. 6613

Página: <http://kin.cieamer.conacyt.mx/Recursos/>

Maestría, Doctorado, Posdoctorado

Partículas elementales
Física matemática
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