

Innovación y Ciencia

VOLUMEN IX, No. 2, 2000

NEUTRINOS EN EL COSMOS

**¿POR QUÉ
ES MI HIJO
HIPERACTIVO?**

**ESTUDIOS DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD**

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$5.500.00



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.C.A.C.



Prepárese...



VII

XPOCIENCIA
XPOTECNOLOGÍA 2001

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Octubre 4 - 13 de 2001
en CORFERIAS

 **ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.C.A.C.**


CORFERIAS

Carrera 50 N° 27-70 Edificio Camilo Torres, Bloque C - Módulo 3. A.A. N° 92581
Fax: 221 6950 - Teléfonos: 315 5898 - 315 5899 - 315 0728.
e-mail: acac@col.net.co - www.acac.org.co
Bogotá - Colombia

La Fundación Alejandro Angel Escobar anuncia la apertura de inscripciones para sus concursos de Ciencias y Solidaridad, a partir del 15 de enero del 2001. Se cerrarán el 30 de marzo de este mismo año.

Tres premios en Ciencias

- Ciencias exactas, físicas y naturales
- Ciencias sociales y humanas
- Medio ambiente y desarrollo sostenible

Dos premios en Solidaridad

FUNDACION ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR

Carrera 7 No. 71-52 Torre A Of. 406 • Teléfonos: 3120150 - 3120151

• Fax: 3120152 • A.A. 250097 • E-Mail: faae@faae.org.co

• Consulte los resúmenes de los trabajos ganadores en www.faae.org.co

Bogotá, D.C., Colombia



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA -
A.C.A.C.-

Presidente
Eduardo Posada Flórez

Editor
Mauricio Pérez Gil

Coordinadora editorial
Rosario Martínez

Comité editorial
Moisés Wasserman, Horacio Torres,
Nahora Elizabeth Hoyos,
Alberto Ospina, Carmen H. Carvajal,
Luis Carlos Arboleda, Edgar Alberto
Paez, Jorge Enrique Senior, Carlos
Corredor, Guillermo Hoyos.

Consejo editorial internacional
Leon Lederman, Isabel Llano,
Rodolfo Llinás.

Corresponsales
Juan Carlos Salcedo, Andrés M.
Pérez-Acosta, Fredy Medina,
Édgar Reyes

Asistente coord. editorial
Yuliett Arias

Corrección de estilo
Néstor Clavijo

Producción editorial e Ilustración
Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

Fotografía
PhotoDisc

Preprensa electrónica
Fotolito Editores

Impresión
Panamericana Formas e Impresos S.A.

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

Innovación y Ciencia es la revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, A.C.A.C. DERECHOS RESERVADOS. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del Consejo Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de la publicidad de cada edición. Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores. Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447 del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140. Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal. Venc. dic 2000. Impresa en Colombia.

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camilo Torres.
A.A. 92581. Fax: 2216950.
Tels: 3150734 - 3155898 -
3155900. e-mail:
acac4@col1.telecom.com.co
Bogotá - Colombia.
Precio de venta al público:
\$5.500.
Suscripción [4 números
al año]: \$21.000.

Innovación y Ciencia



Portada: El neutrino, una diminuta partícula que puede determinar el futuro del universo.

NOTA DEL EDITOR

7 **Tres décadas promoviendo la ciencia en Colombia**
Eduardo Posada F.

NOTICIAS Y COMENTARIOS

8 **La búsqueda de la inmortalidad**
Rubén Ardila

12 **Temblores**
José M. Delgado García

16 **Resistencia sistémica o inmunidad vegetal**
Fabio Ancizar Aristizábal
Marta Lucía Guardiola

22 **WEB - SITIOS DE INTERÉS**

26 **VISTAZOS**

- Avances en la batalla contra el virus de la parálisis infantil.
- Descubierta un nuevo causante genético de la diabetes tipo 2.
- Para la hipertensión no basta el tratamiento médico.
- Drogas para el colesterol y... para la osteoporosis!
- El ambiente familiar es indicador de varios desórdenes de conducta.
- El Proyecto 2061, ahora en español.
- Avances en terapia génica.
- Avances en el diagnóstico de ADN.
- Nuevos avances en minicomputadoras.
- Arizona hace historia con votación a través de internet.
- Diseño y fabricación de robots realizados automáticamente a través de computadora.
- La psicología política en las elecciones norteamericanas.
- Avances en oftalmología.



CONTENIDO

Volumen IX, No. 2 - 2000

34 NEUTRINOS EN EL COSMOS

Sergio Torres

Descubrimientos recientes han demostrado que el neutrino, una partícula elemental neutra y de difícil detección, es un actor importante en el cosmos. Esta diminuta partícula puede determinar el futuro del universo (si se expande para siempre o si logrará frenar la expansión) y es un elemento crucial en el balance de la composición química primordial del universo.

44 ¿POR QUÉ ES MI HIJO HIPERACTIVO?

Juan Carlos Arango Lasprilla

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos de conducta más frecuentes en la población infantil. Se caracteriza por un patrón persistente de falta de atención y/o hiperactividad e impulsividad, cuyo inicio es antes de los siete años de edad. Estos niños están en mayor riesgo de presentar problemas de conducta tales como depresión, problemas de aprendizaje y otros.

50 EL FANTASMA DEL ELECTRÓN EN SEMICONDUCTORES

Ferney J. Rodríguez D.

Luis Quiroga P.

Más de 120 años después de que Edwin H. Hall descubriera el efecto que hoy lleva su nombre, este fenómeno no ha dejado de sorprender. Con el desarrollo de sofisticadas técnicas, los físicos han podido observar que el comportamiento colectivo de los electrones en semiconductores bi-dimensionales, en altos campos magnéticos y a muy bajas temperaturas, está asociado a excitaciones elementales con carga eléctrica fraccionaria. La demostración de este fenómeno fue premiada con el premio Nobel en 1998.

58 LOS ESTUDIOS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

José Antonio López Cerezo

La sociedad encontrará durante el siglo XXI un nuevo reto: La renegociación de las relaciones entre ciencia y sociedad. Existe una creciente preocupación política por las consecuencias negativas de una ciencia y una tecnología fuera de control. Los estudios de Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS), originarios de finales de los años sesenta y principios de los setenta, reflejan en el ámbito académico y educativo una nueva percepción de la ciencia y de sus relaciones con la sociedad.

66 LA MECÁNICA CUÁNTICA CUMPLE 100 AÑOS

Angela Stella Camacho B.

Sin mecánica cuántica no se podrían explicar: el color de las estrellas, la estructura y función del ADN, la acción de los láseres, el comportamiento de los sólidos o las propiedades de los superconductores y de los superfluidos.

72 NOVEDADES EDITORIALES



**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.C.A.C.**

Misión

**Fomentar
una cultura
basada en el
conocimiento
para el
mejoramiento
de la calidad
de vida**

Actividades

Programa de política científica y tecnológica

Programa Nacional de Actividades Científicas:

Asesoría para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias

Encuentro con el Futuro - Conferencias

Expociencia Juvenil - Feria Nacional de la Creatividad

Clubes de ciencia y tecnología

Ferias de ciencia

Teatro de la ciencia

Correo de la ciencia

Campamentos y excursiones científicas

Encuentros de formación - Talleres y seminarios

Comunicación y Publicaciones

Revista *Innovación y Ciencia*

Programa de televisión - *UNIVERSOS*

Boletín Informativo

Centro de documentación

Programas especiales

Expociencia - Expotecnología

Convención Científica Nacional

Premio Nacional al Mérito Científico

Cursos - Seminarios - Talleres

Administración de Convenios

Sede: Cra 50 N° 27 - 70
Ed. Camilo Torres, Blq. C - Mód. 3

A.A. 92581 - Fax 221 6950

Tels: 2213313-3155898-3155899

e-mail: acac@col.net.co

Bogotá - Colombia

www.acac.org.co

TRES DÉCADAS PROMOVRIENDO LA CIENCIA EN COLOMBIA

Treinta años han pasado desde que un grupo de entusiastas compatriotas decidió crear en Colombia una asociación para el avance de la ciencia, similar en sus objetivos a las que ya existían en otros países del continente, tales como Estados Unidos, Brasil y Venezuela. Un año antes, el Gobierno de Carlos Lleras había creado a Colciencias como fondo, adscrito al Ministerio de Educación, para la promoción y financiación de la actividad científica en Colombia. Desde ese entonces, las dos entidades han recorrido caminos similares, cada una dentro de un ámbito particular, pero persiguiendo la meta de hacer que la ciencia y la tecnología adquieran el espacio que merecen dentro de las prioridades nacionales.

Es así cómo a finales de la década de los setenta, la A.C.A.C. propuso al gobierno la gestión de un préstamo para Colciencias ante el Banco Interamericano de Desarrollo. El proceso culminó con buen éxito pocos años después, abriendo paso a otros dos préstamos, cuya ejecución exitosa ha permitido la consolidación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de la creación de grupos de investigación, de la formación de investigadores al más alto nivel tanto en el país como en el exterior y el establecimiento de mecanismos modernos para la difusión y popularización de la ciencia. Años más tarde, la Asociación propuso, junto con la Fundación Tecnos, la elaboración de un proyecto de ley para ser presentado al Congreso de la República, propuesta que culminó con éxito, al lograrse la inclusión de varios artículos, en particular los 70 y 71 en la Carta Magna, y el proceso que llevó al establecimiento de los estímulos tributarios para la inversión en ciencia y tecnología.

Además de esa actividad de tipo político, la A.C.A.C. ha organizado trece convenciones científicas centradas en temas de interés nacional, tales como la energía, la investigación agrícola, las nuevas tecnologías o la enseñanza de las ciencias, cuyas conclusiones han servido de insumos en la elaboración de propuestas para ser sometidas a los gobiernos de turno. Igualmente, en lo referente a la divulgación de la ciencia, la revista *Innovación y Ciencia* se ha constituido en un punto de referencia para la comunidad cien-

tífica nacional y se ha colocado como una de las mejores publicaciones del Continente en su género, lo mismo que el programa de televisión *Universos* de una excelente acogida entre el público. Las actividades científicas juveniles, centradas en las ferias de la ciencia, los clubes científicos y los talleres de formación de maestros al igual que la *Expociencia Juvenil*, son igualmente actividades de innegable impacto nacional, que han servido a menudo de modelo para otros países latinoamericanos. No hay que olvidar, por último, que A.C.A.C. concibió y construyó en su totalidad el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología, Maloka, el más grande en su género en Suramérica, que se ha convertido en modelo a nivel internacional.

Este breve resumen de las principales actividades adelantadas hasta hoy, es sin duda satisfactorio y creemos que la Asociación ha cumplido a cabalidad con los objetivos que le asignaron sus fundadores y cuenta con una infraestructura y una experiencia suficientes para garantizar su operación hacia el futuro.

La tarea que nos espera será sin duda muy ardua. En los últimos años, el sector de ciencia y tecnología ha sido afectado de manera grave por la crisis general que ha sufrido el país y que ha puesto en serio peligro todo el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Una de las actividades centrales que tendremos que afrontar será la de colaborar con las entidades públicas y privadas para reconstruir lo perdido y recuperar y sobrepasar los niveles de inversión de mediados de los noventa, con el fin de garantizar la competitividad que un sector productivo dinámico requiere. La otra tarea fundamental es la de seguir trabajando por la apropiación social de la ciencia y la tecnología, utilizando los mecanismos de la educación formal y no formal que hemos puesto en práctica en el pasado y procurando extenderlos a todas las regiones del país. En ambos casos, la colaboración decidida de los asociados y en especial de los capítulos regionales, será esencial para garantizar que en el futuro la A.C.A.C. siga cumpliendo su misión para la construcción de una país mejor.

EDUARDO POSADA FLÓREZ

Presidente A. C. A. C.



La búsqueda de



LA INMORTALIDAD



¿LLEGAREMOS A SER INMORTALES? ¿A VIVIR PARA SIEMPRE?

Rubén Ardila, Ph.D.

Psicólogo Investigador,
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.
email: rardila@bacata.usc.unal.edu.co

Los avances de la investigación biomédica han sido muy grandes en las últimas décadas. La expectativa de vida de las personas ha aumentado considerablemente, más allá de las fantasías de muchos expertos en Prospectiva y Futurología. Mientras que al comienzo del siglo XX era muy poco frecuente que una persona viviera más allá de los 60 años, hoy abundan las personas mayores de 100, y este porcentaje de ancianos tiende a crecer. La tendencia es clara en el mundo: cada día hay más ancianos y menos niños, en términos relativos y comparando con datos demográficos recientes.

Todos estamos de acuerdo en que este aumento en la cantidad de vida que una persona puede vivir debe ir de la mano con la *calidad de vida* que le espera. No tiene sentido una vida prolongada pero llena de enfermedades, carencias, pobreza, abandono y soledad. La

meta es vivir una vida de alta calidad y prolongada. Es probable que una persona con sus capacidades físicas y mentales en excelente estado desee vivir largo tiempo. Pero la pregunta importante es: ¿qué tanto tiempo podemos llegar a vivir?

Muchas especies animales viven siete veces la cantidad de tiempo que les toma llegar a la vida adulta. Si consideramos que un ser humano es adulto a los 20 años, esto significaría que nuestra expectativa real de vida es de 140 años. En muchos países hoy la expectativa de vida es de 75 años

consideran que esto se debe a la genética y al estilo de vida, de modo que nuestras potencialidades de larga vida no se alcanzan por tales razones.

Los avances de la Medicina hacen que la vida se prolongue, que se controlen los males tradicionales (enfermedades agudas y especialmente crónicas). Cada día vivimos más años y esto cambia el sentido del tiempo, la urgencia de tener hijos y de controlar la reducida expectativa de vida que poseemos. No es preciso casarnos demasiado pronto, como se hacía hace pocas generaciones, ni en-

LA POSIBILIDAD DE UNA LARGA VIDA ES HOY UNA REALIDAD
Y LO ES CADA VEZ MÁS PARA MILLONES DE PERSONAS.

y más, mientras que en unos pocos sigue rondando los 50 años, como era a comienzos del siglo XX. Pero en ninguna parte es de 140 ó 150 años. Los especialistas

generar hijos inmediatamente. Podemos considerar que la expectativa de vida va a seguir aumentando y aumentando... ¿Llegaremos a ser *inmortales*? ¿A vivir para siempre?

Esta pregunta, que parece carecer de sentido en el contexto de la ciencia, la contestan afirmativamente un número grande de científicos. Al prolongar la vida, al controlar las enfermedades, la probabilidad de muerte es cada vez menor. Los accidentes parecen seguir siendo un riesgo importante de muerte en todo el mundo, y lo mismo la violencia, que en nuestro país hace que muchos colombianos no se den el gusto de morir "de muerte natural".

Pero a pesar de tales factores, se sigue considerando la posibilidad de la inmortalidad biológica. Las personas que desean vivir para siempre son muchas más de lo que se cree generalmente. Uno de los principales biólogos de nuestro tiempo, Edward O. Wilson, el creador de la sociobiología, y una de las figuras más influyentes de la ciencia contemporánea, dijo en mayo de 1999: "No veo razón alguna para que la humanidad y la especie como un todo no pueda ser inmortal, al menos hasta que muera la última de las estrellas

que se encuentra a distancias alcanzables" (Wilson, E. O., "The quest for immortality". *Esquire*, mayo de 1999, p. 14). Insiste, además, en que aunque esto parezca remoto y quimérico, él desea vivir al menos hasta el límite de los 150 años, siempre que su cuerpo y su mente estén activos.

Aceptando que los avances de la ciencia lo permitan, y el número de personas mayores de 100 años continúe aumentando, incluso con alta calidad de vida, las objeciones a la posibilidad de ser inmortales biológicamente no se han hecho esperar. Se centran en la necesidad de renovar la población, en los recursos que se gastarían para mantener a las grandes proporciones de ancianos, en el acceso diferencial a las nuevas tecnologías de prolongación de la vida (al ser tecnologías muy costosas solamente las personas –y los países– con altos recursos económicos podrían costárselas). Se dice, además, que la evolución biológica se centra en la transmisión de los genes de una generación a otra, y que la muerte es "evolutivamente conveniente". Morir tempranamente ayudaría a que se renovara la especie. Sin embargo, si este argumento se acepta de forma estricta, nosotros deberíamos morir tan pronto como nuestros genes se han transmitido a la siguiente generación y cuando nuestros descendientes puedan sobrevivir sin nuestra ayuda; la edad "correcta" para morir serían los 30 años y no los 150.

La posibilidad de una larga vida es hoy una realidad y lo es cada vez más para millones de

personas. Morir a los 30, a los 60 o a los 100 años no depende de nuestro destino biológico sino de una compleja interacción de factores genéticos, psicológicos, culturales y de otra índole. El autor de estas líneas siempre tuvo la fantasía de que había personas que nunca iban a morir; una de ellas era Bertrand Russell, que murió a los 97 años en pleno uso de sus facultades psicológicas. Otra era su padre, que murió a los 84 años tan alerta al mundo como lo fue durante toda su vida.

La novela de Simone de Beauvoir *Tous les hommes son mortels* (1946) es una impactante presentación de la angustia existencial de un hombre que es realmente inmortal. Los lectores de esta obra concluyen considerando que la muerte es una bendición, y la inmortalidad, una maldición. El subtítulo del libro *Todos los hombres son mortales debería ser: ¡Afortunadamente!*

En el siglo XXI este tema de la posibilidad de ser inmortales biológicamente con seguridad se va a considerar desde la perspectiva científica y muchas personas van a coincidir con la importancia de prolongar la vida –en cantidad y en calidad– mucho más allá de lo que pensaron los hombres y mujeres del siglo XX. ¿Hasta cuándo?... ¿Hasta que se extinga la última de las estrellas cercanas...? □

Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A
COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO
SERVICIO DE CORREO NORMAL
CORREO INTERNACIONAL
CORREO PROMOCIONAL
CORREO CERTIFICADO
RESPUESTA PAGADA
POST EXPRESS
ENCOMIENDAS
CORRA
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS:
243 88 51 - 341 03 04 - 341 55 34
980015503, Fax: 2833345

Nuevo Mazda 626. NUEVO FRENTE, NUEVAS LUCES, NUEVO CAPO, NUEVA PERSIANA, PARTE TRASERA CON NUEVOS ACABADOS Y SISTEMA DE LUCES TIPO DIAMANTE, NUEVA TAPICERIA, NUEVO INTERIOR, NUEVAS PERSPECTIVAS, NUEVOS Y FELICES DUEÑOS.

SANTAGOSTINO



El nuevo Mazda 626 llegó para confirmar que es el mejor carro nacional por donde usted lo mire: nuevo frente con equipo de luces, moderno y sofisticado al mismo tiempo, nuevo diseño de la parrilla con logo Mazda, nuevo capó, protectores laterales de la carrocería, faros de vapor de aluminio, nuevos salpicaderos, nuevos acabados en la parte trasera con sistema de luces tipo diamante, exploradoras, habitáculo interior mucho más silencioso, totalmente equipado, con radio CD, aire acondicionado, nueva tapicería, cinturones de seguridad para todos los pasajeros, vidrios y espejos eléctricos, bloqueo central, motor 2.0, 125 HP consagrado en el mundo entero, carrocería con sistema "Triple H", una estética envidiable y ese algo que ninguna otra marca de carro le puede ofrecer. www.mimazda.com



Aire acondicionado y calefacción, equipo con CD, antena eléctrica y 4 potentes parlantes.



Nuevo diseño de los stops tipo diamante, envolviendo la carrocería.



Motor 2 litros, 125 HP, de 4 cilindros, 16 válvulas y doble árbol de levas.



TEMBLORES

José M. Delgado García

Profesor, Laboratorio Andaluz de Biología,
Universidad Pablo de Olavide,
Sevilla, España
email: jmdelgar@dex.upo.es

Para el poeta Federico García Lorca, Amnón tenía *llenas las ingles de espuma y oscilaciones la barba* en los momentos previos a su beneficio con su hermana Tamar. Los asuntos relacionados con el primer octosílabo se aclaran y debaten con frecuencia suficiente en los medios de divulgación o en las revistas del corazón, pero el verso

temblamos de forma ostensible en situaciones de deseo, tensión o miedo? Ciertamente, también temblamos por frío excesivo o imprevisto, como efecto colateral e indeseado de la administración de determinados fármacos y a consecuencia del abuso en el consumo de algunas drogas de uso habitual, entre ellas el alcohol.

Pero haga una fácil experiencia: sostenga una hoja de papel sobre la palma de la mano, con el brazo extendido a la altura del hombro durante unos segundos. Observará una discreta oscilación de las esquinas del papel. ¿Por qué temblamos incluso en reposo y en situaciones digamos que emocionalmente neutras?

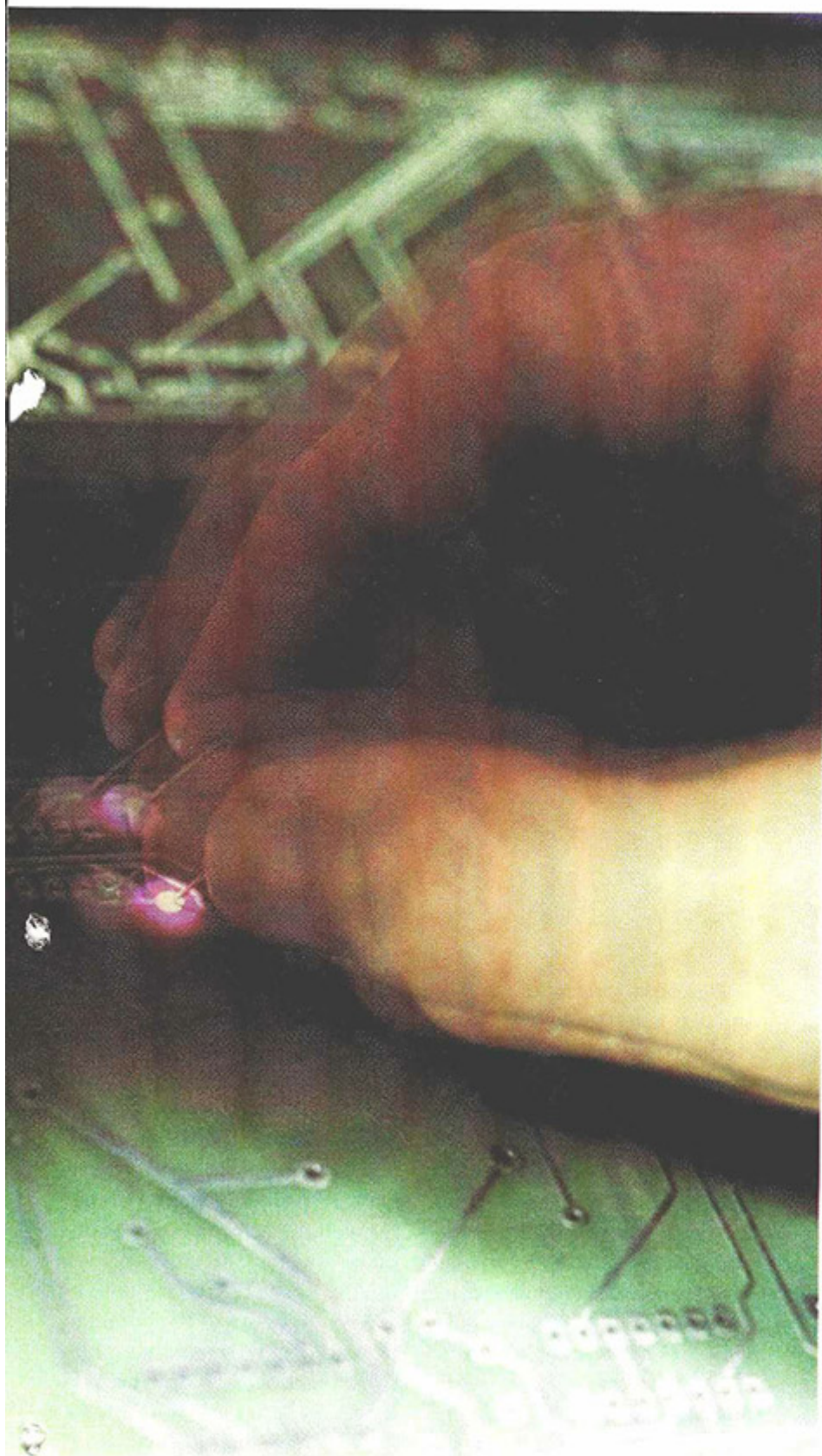
Durante mucho tiempo el temblor de todo el cuerpo o de una parte del mismo ha sido considerado como signo o síntoma de la disfunción de alguna región del cerebro, en particular de alguna de aquellas relacionadas con la actividad motora, es decir, con los movimientos corporales. Sin em-

¿POR QUÉ TEMBLAMOS INCLUSO

EN REPOSO Y EN SITUACIONES

DIGAMOS QUE EMOCIONALMENTE NEUTRAS?

siguiente nos informa de un aspecto de nosotros mismos algo más desconocido. Además, y de acuerdo con Marguerite Yourcenar, el emperador Adriano solía mantener las mandíbulas apretadas hasta el temblor, en un gesto probable de autoridad y decisión. ¿Por qué



bargo, se cumplen ahora cien años de la publicación en una revista científica inglesa de un trabajo experimental en el que se demostró que el movimiento de las extremidades, y de los dedos en particular, ocurre a una frecuencia dominante de hasta diez ciclos por segundo.¹ Esto quiere decir, por una parte, que si alguien trata de golpear rápidamente con un dedo sobre una mesa, la frecuencia de repetición de dicho movimiento nunca podrá ser superior a diez veces por segundo. Se puede comprobar si se dispone de algún sistema de registro óptico (cámara de vídeo, máquina fotográfica) de suficiente velocidad de filmación. En el mismo sentido, algún avisado investigador (Sir Charles S. Sherrington) ya había observado hace muchos años que la interpretación al piano del Scherzo nº 8 de Schubert requiere movimientos de la mano de hasta ocho veces por segundo; por tanto, casi es el límite de la frecuencia máxima de movimientos que un pianista profesional puede realizar. Pero la segunda consecuencia de lo arriba señalado es que, en realidad, los movimientos de brazos, muñeca, piernas, etc. están organizados sobre un sustrato oscilante, una suerte de temblor natural o fisiológico de una frecuencia variable que puede alcanzar hasta los 10 hercios, o ciclos, por segundo. Es como si nuestros desplazamientos en el espacio fueran movidos por un oleaje subyacente sobre el cual se sincroniza y coordina el movimiento de cada parte, y dieran como resultado la natural suavidad, continuidad y armonía con que

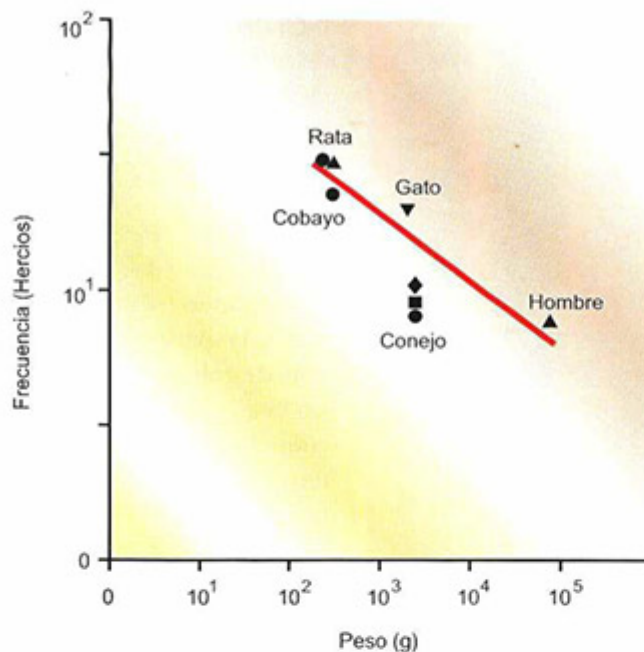


Figura 1. Relaciones entre el peso medio del cuerpo (en gramos) y la frecuencia de oscilación dominante del párpado en especies distintas (en hercios). Los datos se han recolectado de diversos autores. La regresión lineal que se muestra representa el mejor ajuste a los datos individuales.⁴

transcurre el trote de un caballo o la carrera de un guepardo.

Recuerde las cuerdas de una guitarra: cada una da un sonido ligeramente distinto en frecuencia, de más grave a más agudo, que depende de su elasticidad y de su peso. A su vez, la elasticidad y el peso de cada cuerda dependen del material con el que está fabricada y de su grosor. Así que cada una vibra a una frecuencia preferente, también llamada de resonancia. Con nuestro cuerpo ocurre igual: en función de su elasticidad y masa, cada parte tiene una frecuencia natural de oscilación, más baja cuanto mayor es la masa que hay que mover y mayor su elasticidad. En consecuencia, con los dedos se puede alcanzar la frecuencia de movimientos necesaria para tocar el scherzo mencionado, pero no sería posible hacerlo con los pies.

EL TREMOR NATURAL O FISIOLÓGICO DEPENDE PRINCIPALMENTE DE LAS ÓRDENES MOTORAS QUE NUESTRO SISTEMA NERVIOSO DA A LOS MÚSCULOS.

De todas formas, el temblor natural o fisiológico que hemos descrito como sustrato del comportamiento motor no se debe en exclusiva a las características de resonancia de cada parte móvil del cuerpo, sino que depende, principalmente, de las órdenes motoras que nuestro sistema nervioso da a los músculos. Determinadas estructuras cerebrales, entre ellas una que se denomina oliva inferior, poseen la capacidad de oscilar en su actividad, es decir, de generar potenciales eléctricos a una frecuencia constante y repe-

tida.² En concreto, las neuronas de la oliva inferior se activan y desactivan de modo rítmico, alrededor de diez veces por segundo. Por lo que se sabe en el momento actual, esta actividad rítmica de las neuronas de la oliva inferior sirve de marcapaso o sincronizador del conjunto de órdenes nerviosas que permite la realización de movimientos coordinados y repetitivos como andar o bailar.

Pero, al igual que no todas las partes móviles del cuerpo vibran u oscilan a la misma frecuencia, tampoco los movimientos repetidos (saltar a la comba, nadar, respirar) se suceden el mismo número de veces por segundo o por minuto. No tenemos, pues, un único marcapaso o reloj neuronal, sino muchos. En este sentido, nuestro cerebro es como una relo-

jería, con una importante salvedad: nuestros osciladores neuronales van a ritmos muy distintos; unos son muy rápidos, por ejemplo, el de la oliva inferior, que da diez campanadas por segundo; otros son más lentos, como los que controlan nuestro ritmo respiratorio (varias veces por minuto), o el parpadeo espontáneo (una vez cada pocos segundos).³

En la **figura 1** se ilustra un fenómeno muy importante y que había pasado inadvertido hasta la fecha. Para un mismo sistema motor (en el ejemplo ilustrado, el



sistema motor palpebral), la frecuencia de oscilación aumenta en razón inversa al tamaño de la especie. Así, el párpado oscila a unos 35 hercios en la rata y a unos 10 en el hombre. Esto es evidente porque el párpado, a mayor tamaño, debe tener una menor frecuencia de resonancia óptima.⁴

Un aspecto muy importante de este hecho es que, como hemos publicado recientemente,⁵ la actividad oscilatoria óptima de las neuronas encargadas de este sistema motor están sintonizadas a la frecuencia óptima necesaria para cada especie. Por el contrario, los ritmos en la actividad eléctrica cerebral relacionados con los procesos de tipo perceptivo y cognitivo, como el conocido ritmo *theta* del hipocampo o la oscilación de las neuronas de la corteza cerebral (visual, acústica, etc.) a 40 hercios durante el proceso de la percepción sensorial, parecen estables de una especie a otra.⁶ Así pues, es plausible pensar que la actividad oscilatoria cerebral

varía de una especie a otra cuando controla sistemas motores, porque evidentemente no es lo mismo desde una perspectiva biomecánica mover la pata de un elefante que la de un ratón. Pero la percepción sensorial de nuestro entorno es una tarea similar para, al menos, todos los mamíferos y por eso la frecuencia básica que coordina el proceso es igual para especies de tamaño y peso muy distintos.

Las situaciones estresantes o complicadas desde el punto de vista emocional (un toro sin la protección de la barrera) pueden aumentar la amplitud del temblor fisiológico, por lo que éste se hace más ostensible. Es característico de algunos procesos patológicos que afectan al cerebelo que se produzca el denominado *temblor intencional*. Este temblor se hace más evidente cuando el sujeto realiza un movimiento intencional como, por ejemplo, coger un objeto. En algunos casos, como en la enfermedad de Parkinson,

puede aparecer un temblor en reposo, es decir, en ausencia de movimiento, a una frecuencia dominante de 3-6 hercios. Éste es un aspecto que debe destacarse. El temblor *parkinsoniano* es imperceptible en sujetos normales, pero la lesión de un grupo de neuronas localizadas en la denominada sustancia negra hace que este movimiento oscilante se manifieste. Ese oscilador neuronal está dentro de todos nosotros, pero bajo control. Sólo la afectación de algunas estructuras nerviosas es capaz de ponerlo de manifiesto.

El temblor es, entonces, el cimiento sobre el que el sistema nervioso construye la actividad motora. Es el resultado de la naturaleza pulsátil de las órdenes motoras que van del cerebro a los músculos filtrado por las características mecánicas de la estructura que se mueve. Si usted no temblara, no se podría mover. En conclusión: tiemble (tranquilamente) después de haber leído esto.

Referencias:

1. Horsley V. & Schäfer E.A.:

Experiments on the character of the muscular contractions which are evoked by excitation of the various parts of the motor tract. J. Physiol. (Lond.) 7: 96-110, 1886.

2. Llinás R.R.: The noncontinuous nature of movement execution.

En: *Motor control: Concepts and Issues*, editado por D.R. Humbrey y H.-J. Freund, Nueva York, Wiley, págs. 223-242, 1991.

3. Domingo J.A., Gruart, A. & Delgado-García J.M.: Quantal

organization of reflex and conditioned eyelid responses. J. Neurophysiol., 78: 2518-2530, 1997.

4. Gruart A., Screurs B.G., Domínguez del Toro E. & Delgado-García J.M.: Kinetic and frequency-domain properties of reflex and conditioned eyelid responses in the rabbit. J. Neurophysiol., 83: 836-852, 2000.

5. Magariños-Ascone C., Núñez A. & Delgado-García J.M.: Different discharge properties of

dorsolateral facial nucleus motoneurons: intracellular in vitro recordings. Neuroscience 94: 879-886, 1999.

6. Llinás R. & Ribary U.: Coherent 40-Hz oscillation characterizes dream state in humans. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 90: 2078-2081, 1993. □

RESISTENCIA SISTÉMICA

Fabio Ancízar Aristizábal

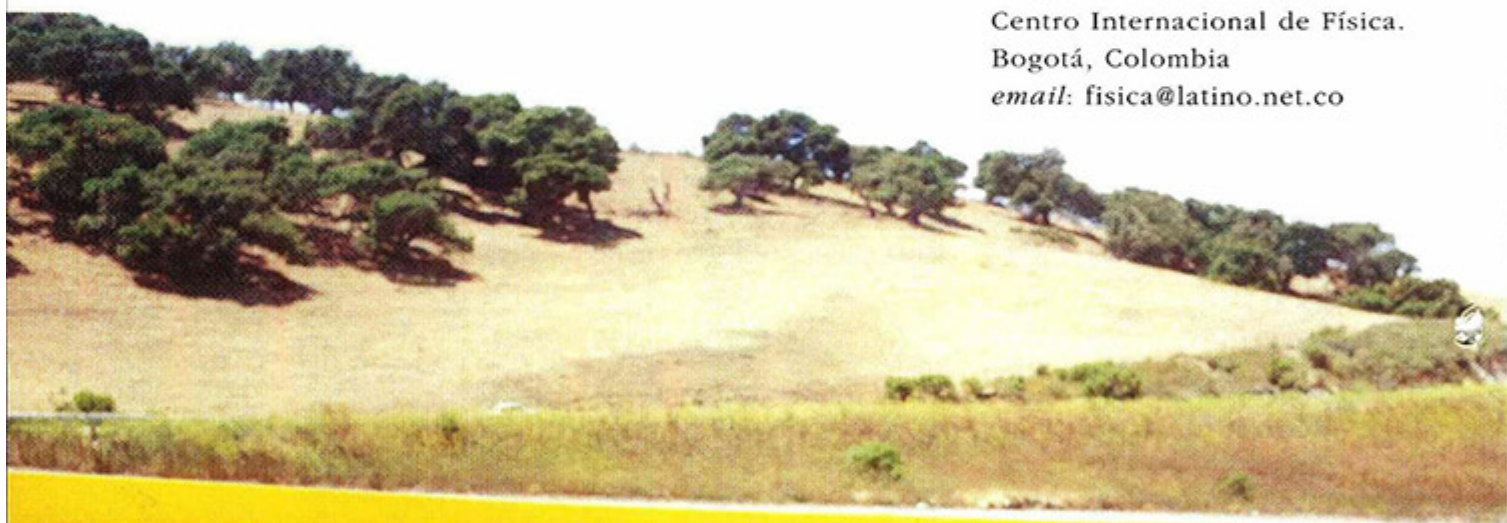
Departamento de Farmacia,
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia.
Grupo de Biotecnología,
Centro Internacional de Física.
Bogotá, Colombia.

email: fisica@latino.net.co

Marta Lucía Guardiola

Grupo de Biotecnología,
Centro Internacional de Física.
Bogotá, Colombia

email: fisica@latino.net.co



O INMUNIDAD VEGETAL

"LA RESISTENCIA
DE LAS PLANTAS
A ENFERMEDADES
ESTÁ DADA POR LA
EXPRESIÓN DE GENES
EN LOS NIVELES
APROPIADOS
Y NO POR LA PRESENCIA
O AUSENCIA DE ÉSTOS;
POR TANTO,
LA REGULACIÓN GÉNICA
ES EL FACTOR
DETERMINANTE
DE LA RESISTENCIA".

JOSEPH KUC (1996)

Las primeras evidencias que se conocen de prácticas agrícolas se encontraron en el Medio Oriente 8000 a.C. Sin lugar a dudas, el desarrollo de la agricultura fue un aspecto fundamental para el incremento de las poblaciones mundiales y marcó las pautas del inicio del desarrollo cultural. El ambiente, la biología humana y la cultura forman la base de la historia; estas tres interactuaron durante el surgimiento del hombre e interactúan hoy día por retroalimentación.

El crecimiento de la población mundial ha ido creando una serie de paradigmas agrícolas a causa principalmente, de la necesidad de asegurar la producción de alimentos ante una creciente demanda. A finales del siglo XIX, la masificación de la producción agrícola derivó en la aparición de las plagas y enfermedades que amenazaban la producción en el campo. Entrando el siglo XX, la industrialización de la agricultura y la aparición de los agroquímicos parecían resolver los problemas de baja productividad y del manejo de plagas y enfermedades.⁷ Los monocultivos extensivos, el empleo de semilla seleccionada (en la mayoría de los casos exhibiendo una baja variabilidad genética) y la utilización de agroquímicos, que en su momento se mostraron como la solución más lógica y práctica para una alta productividad, se han venido transformando en prácticas culturales irracionales que causan altas presiones sobre cualquier ecosistema y como consecuencia las enfermedades y plagas se

han transformado en el problema más notable del sector agrícola.

En el mundo se consumen aproximadamente dos millones de toneladas de plaguicidas cada año, lo que equivale en promedio a 0,5 Kg/per capita.¹¹ Sin embargo, su empleo es fuertemente cuestionado, dada su relación con la contaminación ambiental, por influir negativamente en la salud humana y su irrefutable asociación con el desgaste de los suelos. Entre tanto, algunas sociedades, al buscar mejorar la calidad de vida, han redefinido las normas de calidad para los productos agrícolas de consumo humano, entre las cuales se considera, para una amplia gama de alimentos, la no aparición de trazas de agroquímicos, y han establecido fechas límite para la sustitución de un ciento por ciento de los plaguicidas químicos (tanto de producción propia como importados).

Colombia no está exenta de este problema. Estudios recientes muestran al país como el máximo consumidor de agroquímicos per capita en América Latina (1,25 Kg/persona año).⁸ Algunos autores consideran que hay claras evidencias de que la actual tasa de consumo está por encima del óptimo para fertilización y protección de cultivos, e indican que muchos productores están trabajando bajo premisas de «optimización» de producción y no maximización de ganancias (Daberkow y Reichelderfer, 1988), sin tener en cuenta que se está disminuyendo drásticamente el tiempo de

LOS MECANISMOS

DE DEFENSA ADQUIRIDA

ANIMAL Y VEGETAL

DIFIEREN EN LA FORMA

DE CONTROLAR

LAS ENFERMEDADES.

vida útil de los suelos. Por éstas, entre otras razones, el Ministerio del Medio Ambiente, conjuntamente con el Ministerio de Salud, el Ministerio de Agricultura y el ICA, iniciaron en 1997 un programa para diseñar una política de regulación del uso de agroquímicos en el país, dentro del marco de la Política Nacional de Producción Limpia, tendiente a considerar, además de los aspectos ambientales, aquellos relacionados con la salud humana y la calidad de los productos agrícolas.

Existen alternativas ecoeficientes que ofrecen soluciones parciales o totales a este problema, entre las cuales están el control biológico, la inmunidad natural o Resistencia Sistémica Adquirida (RSA), la agricultura orgánica, la biodinámica y el desarrollo de plantas transgénicas. Esta última es una tecnología ampliamente cuestionada por muchos medios, pues se desconoce el potencial impacto en humanos y en el ambiente.

Inmunidad vegetal

Las especies vegetales están continuamente en contacto con microorganismos del ambiente, con los cuales han coevolucionado. Esta coevolución ha causado relaciones que pueden considerarse como benéficas, neutrales o dañinas para las plantas, dependiendo del microbio y de las condiciones fisiológicas y ambientales de la planta. Las observaciones sobre la especificidad de las enfermedades de las plantas se re-

montan a Theophrastus (370-286 a.C). El primer estudio reportado sobre los mecanismos que regulan las interacciones hospedero-patógeno datan del año 1886, cuando Bary demostró que los patógenos eran capaces de producir sustancias que podían degradar los tejidos vegetales. Más adelante (1902) los experimentos realizados por Ward dieron un indicativo de la asociación entre la resistencia y modificaciones metabólicas del hospedero.

La coevolución es, por ende, responsable del desarrollo de estrategias de reconocimiento de lo propio y lo ajeno, mecanismos innatos de inmunidad constitutiva y adquirida de todos los seres vivos. El hombre ha aprendido a utilizar estas herramientas para controlar sus enfermedades y proteger a los animales contra enfermedades bacterianas virales y fúngicas; sin embargo, las especies vegetales no han corrido con la misma suerte. Los mecanismos de defensa adquirida animal y



vegetal difieren en la forma de controlar las enfermedades, pero los sistemas de inducción son similares para ambos grupos: para los animales, las vacunas son organismos patógenos (bacteria o virus) atenuados o muertos, o fracciones de éstos, que no causan enfermedad pero que sí inducen a la producción de moléculas (anticuerpos) capaces de reconocer rápidamente a los patógenos que lleguen en el futuro y exterminarlos. Las plantas también pueden generar y almacenar moléculas de defensa activas contra enfermedades (en este caso fortaleciendo las paredes de hojas, tallos y raíces y acumulando compuestos fungicidas y bactericidas) si son tratadas con ciertos compuestos (elicitors), los cuales, al igual que en el caso anterior, son patógenos (hongos, bacterias o virus) atenuados o fracciones de éstos. Las razones por las cuales este conocimiento no había sido utilizado anteriormente para el control de las enfermedades de las plantas pueden estar en que el hombre desconocía el ambiente y se consideraba un ente aislado, no perteneciente a aquel ni dependiente de los cambios que pudiera ejercer sobre el mismo.

Resistencia Sistémica Adquirida (RSA)

Las plantas poseen un conjunto de barreras constitutivas e inducibles que les confieren protección natural contra patógenos e insectos trozadores. Adicionalmente, las plantas pueden activar otros mecanismos de protección durante el contacto con el invasor por medio del establecimiento de una comunicación, posiblemente

bioquímica, proceso definido como resistencia inducida o adquirida.¹⁴ El tipo de resistencia adquirida que no es localizada sino que es de carácter sistémico (expresada a escala de todos los tejidos de la planta), se denomina "Resistencia Sistémica Adquirida" o RSA.

La RSA es un complejo mecanismo natural de defensa vegetal que funciona de manera similar en muchos aspectos a lo que sucede en el sistema inmune animal, ya que conduce a la inmunidad fisiológica mediante la exposición de las plantas a compuestos de origen e índole variada o a microorganismos atenuados o no patógenos.^{6,14} En contraste con los sistemas animales, se ha demostrado que la Resistencia Sistémica Adquirida es de amplio espectro ya que induce a una protección contra múltiples agentes causantes de enfermedades, incluyendo los virus.^{3,4,5,13} Las características más sobresalientes de la RSA, conocidas hasta el momento, son:

- Es inducida por elicitors de origen múltiple tales como extractos de plantas, hongos, bacterias, virus o compuestos de síntesis química.
- Se caracteriza por una gran variedad de respuestas moleculares y bioquímicas y, por ende, por importantes cambios fisiológicos en la planta.
- Se acumulan moléculas conocidas como señales intra e inter celulares, entre las cuales están el ácido salicílico, el jasmonato y el etileno.

- La resistencia desarrollada es efectiva contra un amplio espectro de patógenos.

- La durabilidad de la protección es prolongada, depen-

LA INDUCCIÓN DE RESISTENCIA

SISTÉMICA ADQUIRIDA ES UN

MECANISMO PREVENTIVO

Y NO CURATIVO.

diendo del tipo de elicitor y de la planta, pudiendo ir de semanas a meses.

- Al igual que en las vacunas animales, la inducción de RSA es un mecanismo preventivo y NO curativo; por tanto, no es efectiva en los casos en que las plagas y enfermedades estén establecidas.

Por todas estas razones, ésta es una tecnología preventiva, alternativa, que indudablemente conducirá a una disminución importante en el consumo de plaguicidas.

Las perspectivas

Ante los argumentos mostrados, la pregunta que todos nos hacemos es: ¿por qué un sistema de manejo de cultivos que muestra tantas ventajas, al menos en su etapa experimental, no ha tenido un fuerte empuje para que sus aplicaciones industriales y sociales estén en la práctica lo más pronto posible? Debemos reconocer que hace falta recorrer un camino importante en la investigación y desarrollo de los mejores siste-

mas para que la técnica de inducción de RSA sea aplicable extensivamente en campo. Sin embargo, tanto los datos de los grupos internacionales como de los nacionales indican que en dos a tres años ésta debería ser la estrategia ideal para el manejo de los cultivos.^{9,1,2} En contraposición, sólo podemos citar las ideas del profesor Kuc: "Aún teniendo en cuenta que la RSA está en etapa de desarrollo, es una tecnología que ha de cambiar la agricultura del próximo siglo. Sin embargo, su aplicación afectaría a varias de las industrias más poderosas a nivel

del mundo, (fabricantes y comercializadores de agroquímicos, productoras de semillas resistentes a los mismos, plantas transgénicas en general), las cuales podrían no estar muy interesadas en perder sus dividendos en un negocio que en el mundo representa miles de millones de dólares".⁵ Sin embargo, hay que recordar que las tecnologías encaminadas a la producción sostenible deben ser prioridad en los planes de futuro de países como Colombia, cuyos principales recursos están en la biodiversidad y en la producción agroindustrial.

En los últimos treinta años, la investigación sobre los elicitores ha tomado diferentes rumbos. Diversos grupos de investigación de Escocia, Bélgica, USA y Colombia, prevén su utilización como alternativas ecológicas del uso de pesticidas químicos. Algunas multinacionales productoras de insumos agroindustriales han enfocado parte de sus desarrollos en esta tecnología, como una estrategia para el uso racional de agroquímicos, ante la demanda mundial por productos "verdes".

Bibliografía

1. Amaya M.F. y Guardiola

M.L.: The Activity of 1,3 β -Glucanases Induced by a Fungal Elicitor as a Dynamic Compound of Systemic Acquired Resistance. IX International Congress On Plant Tissue And Culture, "Plant Biotechnology and In Vitro Biology in the 21st Century, Jerusalén (Israel) 14 - 19 de Junio, 1998.

2. Amaya M.F., Guardiola M.L., & Mikan J.F.: Is Systemic Acquired Resistance Dependent on a Multiple Receptors System? Memorias: III Iberoamerican Congress of the Society of Biophysics. Buenos Aires. Argentina. 1997.

3. Chester K.S.: The problem of acquired physiological immunity in plants. *Q. Rev. Biol.* 8:275-324, 1993.

4. Kuc J.: Induced Immunity to plant disease. *BioScience* 32:854-860, 1982.

5. Kuc J.: Induced Systemic Resistance - a non pesticide

technology for disease control in plants. *New directions in pesticides research, development, management, and policy. Proceeding of the fourth national conference on pesticides.* 1992.

6. Kuc J.: Systemic Induced Resistance as part of integrated plant disease control. En "Environmental biotic factors in integrated plant disease control." (M. Manka, Ed.). *The Polish Phytopathological Society, Poznan.* 129-136. 1995.

7. Mayer J.: La Agricultura del Próximo Milenio. *Rev. Col. Biotecnología.* 1(1): 7-10, 1998.

8. Ministerio del Medio Ambiente: 1998. Los Lineamientos de Política Ambiental para la Regulación de los Plaguicidas en Colombia", Dirección Ambiental Sectorial.

9. Newton AC, Reglinski T, Lyon GD.: Resistance elicitors from fungi as crop protectants. M. Manka (ed), *Environmental biotic factors in*

integrated plant disease control. 419-422, 1995. *Proceedings 3rd Conference of the European Foundation for Plant Pathology, Poznan, Poland.*

10. Pan S., Ye X., y Kuc J.: Induction of chitinases in tobacco plants systemically protected against blue mold by *Peronospora tabacina* or tobacco mosaic virus. *Phytopathology* 82: 119-123, 1992.

11. Peinado J. E.: Memorias del Seminario "Uso Técnico de Plaguicidas Químicos". SENA-CIF. Febrero 8-10, 1999.

12. Ross A. F.: Systemic Acquired Resistance induced by localized virus infections in plant. *Virology* 14: 340-385, 1961.

13. Ryals J.; Uknes, S. Ward E.: Systemic Acquired Resistance. *Plant Physiology* 104:1109-1112, 1994.

14. Sticher L., Mauch-Mani B., Metraux J.P.: Systemic Acquired Resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.* 35: 235-70, 1997. □

¡DE TODO SU INTERÉS!

EL ICFES HOY

Hoy somos ante todo una entidad de servicio social que promueve, fomenta, vigila y evalúa la educación superior que se imparte en todas las regiones del país. Hacemos parte del Ministerio de Educación Nacional; razón por la cual, nuestras estrategias y actividad programática responden a las políticas contenidas en el Plan de Desarrollo "Cambio para Construir la Paz" y a las trazadas por el Ministerio de Educación Nacional a través del Consejo Nacional de Educación Superior y el Consejo Directivo.

El año anterior completamos treinta años de servicio compartido a la comunidad. Decimos compartido pues trabajamos en coordinación permanente con las instituciones de educación superior, con las asociaciones y gremios del sector y con la sociedad civil, esta última, receptora final de nuestros servicios.

Consecuencia del análisis y crítica sobre nuestros objetivos y metas, es la reestructuración institucional que hoy nos distingue y que se encuentra en plena marcha. La imagen que estamos proyectando como institución moderna articulada a las necesidades del sector externo económico y social, nos permite afirmar que estamos en condiciones de prestar un servicio ágil y oportuno a quienes lo demanden. La Oficina de Atención Integral al Ciudadano, de muy reciente creación, así lo demuestra.

La misión que nos ha sido encomendada –consolidación de un sistema de educación superior abierto y democrático dirigido a la formación integral de los ciudadanos– es el reto que hoy estamos afrontando para impulsar la construcción de una "sociedad del conocimiento", donde la educación superior y sus funciones: investigación, docencia y ex-

tensión, se articulen al progreso armónico de nuestra Nación, en el contexto de una cultura de la paz y de la justicia social.

En tal sentido, trabajamos con las Instituciones de Educación Superior porque son el escenario óptimo para el debate público, lugar donde todos los actores pueden analizar y cuestionar el entorno social y plantear opciones de política y estrategia para la educación superior. De ahí, que el ejercicio "Movilización Social por la Educación Superior" se constituye en la puerta de entrada de miles y miles de colombianos quienes libremente han opinado sobre el qué, cómo, cuándo y para qué de una educación superior que nos interesa a todos por igual. Como resultado de la movilización hoy estamos ejecutando una serie de programas y proyectos que nos permiten asegurar un futuro promisorio para la educación superior.

Nos hemos comprometido primordialmente con un programa nacional de acompañamiento sistemático y permanente a las instituciones de educación superior bajo la perspectiva de construir con ellas el cambio que requiere la oferta y demanda de sus servicios. Por esto la "calidad y pertinencia" de programas e instituciones se ha convertido en el núcleo sobre el cual gira todo nuestro interés, sin importar la modalidad educativa a que pertenezcan. Para ello hemos comprometido importantes recursos humanos y financieros que desde la Subdirección de Monitoreo y Vigilancia trabajan en coordinación permanente con el Consejo Nacional de Acreditación, la Comisión Nacional de Maestrías y Doctorados y la Comisión Consultiva de Instituciones de Educación Superior.

Obviamente en la búsqueda de la calidad y pertinencia concurren

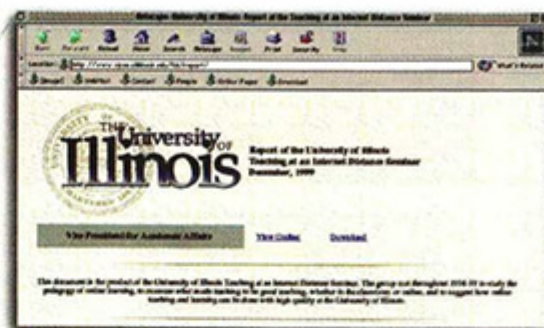
otras instancias institucionales (la Subdirección de Fomento y Desarrollo y los Comités Regionales de Educación Superior), y extrainstitucionales (las asociaciones y gremios del sector: ASCUN, ACIUP, ACIET, ACICAPI y la empresa privada) con quienes desarrollamos proyectos de cobertura nacional: formación y actualización del docente; modernización curricular; relaciones con la educación básica y media; desarrollo de nuevas tecnologías e información en las instituciones de educación superior; formación de directivos, administradores y docentes en investigación, pedagogía, gestión universitaria y en el uso de nuevas tecnologías de información y comunicación aplicadas a la educación superior; descentralización y regionalización; financiamiento; internacionalización de la educación superior, entre otros.

De otra parte, hoy es posible constatar el mejoramiento del sistema de evaluación del Servicio Nacional de Pruebas, consecuencia de la reconceptualización del examen de Estado, logro fundamental, por cuanto enriquece el conocimiento respecto de la evaluación educativa en distintas disciplinas y los parámetros utilizados para la admisión a la educación superior.

Con el ánimo de establecer vínculos certeros y ágiles con el usuario, hemos fortalecido el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior que proporciona información verdadera y oportuna sobre los programas, instituciones y aspectos de interés para quienes desean capacitarse a este nivel. El portal institucional es www.icfes.gov.co. Se recomienda su consulta permanente, pues es una herramienta orientadora sobre los rumbos actuales y futuros de la educación superior en el contexto de la legislación vigente.

WWW

SITIOS DE INTERÉS



¿Qué tan buena es la pedagogía por internet?

www.vpaa.uillinois.edu/tid/report

EDUCACIÓN

Los profesores universitarios, en general, reaccionan fuertemente cuando los centros educativos para los cuales trabajan se obstinan en ofrecer clases por internet. Sostienen que debe primar la educación sobre la tecnología y afirman que para ofrecer educación de calidad es necesario que excelentes profesores preparen estas clases, que exista soporte técnico y que haya interacción de uno a uno entre instructor y alumno.

Este sitio de internet contiene un extenso reporte de la Universidad de Illinois donde se analizan diversos aspectos relacionados con la educación a distancia por internet: tipos de educación por internet, evaluación de este tipo de enseñanza, conclusiones y recomendaciones.



Alfabetización en Ciencias
www.getsmarter.org

¿Quiere usted averiguar cómo se compara su hijo, en cuanto a conocimientos de ciencias, con otros niños de la misma edad? o ¿desea conocer lo que debería saber un joven de octavo grado? Diríjase a este sitio de internet que presenta cuestionarios basados en preguntas formuladas por el Tercer Estudio Internacional de Ciencias y Matemáticas (TIMSS). Este estudio se realizó en respuesta a los resultados mediocres obtenidos por los alumnos de últimos años de bachillerato de los colegios de los Estados Unidos en 1998.

WEB

COMPORTAMIENTO

Behavior School

www.yok.biosis.org/zrdocs/zoolinfo/behav.htm

www.animalbehavior.org

cricket.unl.edu/Internet.html



Una de las áreas más fascinantes de la investigación científica es la del comportamiento animal o **etología**. Se exploran fenómenos como por qué las mariposas *monarch* migran hasta 3.000 kilómetros, por qué los pájaros vuelan en bandadas, por qué las abejas y las hormigas son capaces de construir sociedades tan complejas y muchísimos otros aspectos de gran interés sobre este campo que atrae a los biólogos, a los evolucionistas y a los psicólogos.

Biotecnología y alimentos transgénicos

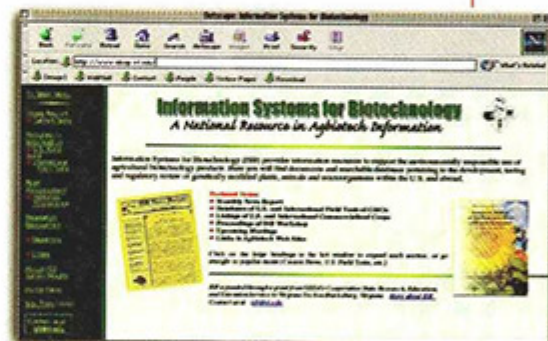
www.nbiap.vt.edu

www.usia.gov/topical/global/

biotech

El tema de los alimentos transgénicos genera reacciones encontradas. A continuación presentamos dos direcciones de internet que se esfuerzan por presentar una visión objetiva sobre este tópico.

El departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Universidad Tecnológica de Virginia* divulgan los riesgos ecológicos de los alimentos modificados genéticamente. Presentan un boletín mensual en el cual se publican artículos cortos con los últimos adelantos y políticas alrededor de este tema. El gobierno de los Estados Unidos ha lanzado a través de este sitio en internet** una campaña cuyo objetivo es aclarar dudas y despejar temores con respecto a los alimentos modificados.



www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops

La Universidad Estatal de Colorado presenta este nuevo sitio en el cual por medio de animación explica cómo se crean las plantas transgénicas. Aparecen las agencias que las regulan, se explica cuáles plantas se han sembrado y cuáles se planea cultivar próximamente. Discute también los riesgos de las plantas transgénicas.

CIENCIA Y SALUD

Malaria Foundation International
<http://www.malaria.org>

Esta página presenta aspectos relacionados con esta enfermedad de gran incidencia en los países tropicales. Allí podemos encontrar casos específicos, con datos incluidos, información científica, fechas y resúmenes de conferencias, bibliografía general y específica sobre algunos tópicos de la enfermedad, redes internacionales, discusiones públicas y privadas y otros aspectos relacionados con la misma.



Alzheimer's Research Forum
<http://www.alzforum.org/members/index.html>

Alzheimer es una enfermedad que cada día afecta a un mayor número de personas en el mundo, y por tanto, es importante tener un conocimiento básico sobre el tema. Esta página describe algunos casos de la enfermedad, presenta información semanal sobre avances en este campo y sobre la biología molecular de la afección. Se presenta información sobre las mutaciones reportadas, los posibles tratamientos, diagnóstico, drogas, utilización de anticuerpos, discusiones y una sección especial de preguntas frecuentes.



Navegando
a través del Genoma
[Compbio.ornl.gov/channel](http://compbio.ornl.gov/channel)

Este lugar, denominado Genome Channel, presenta como un tipo de atlas que permite encontrar desde cromosomas completos hasta secuencias específicas de ADN. Tiene enlaces que le permiten conectarse con centros secuenciadores de 24 organismos entre los que se encuentran la bacteria *E. coli*, genes de ratones y el genoma humano.

Mendel's Paper in English
<http://www.netscape.org/MendelWeb/Mendel.html>

Los experimentos del famoso monje austriaco sobre la herencia constituyen una de las bases más importantes de la genética moderna. Esta página permite conocer todo el trabajo realizado por este importante científico, expone sus trabajos de cruzamientos en vegetales; define los términos que se presentan en el texto y que son clave para el entendimiento de la teoría Mendeliana.

GANADORES DE LOS PREMIOS ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR 2000



FUNDACION
ALEJANDRO
ANGEL
ESCOBAR

45
AÑOS

CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

Interacción Micobacteria-Macrófago: su papel en la Inmunopatogénesis de la Tuberculosis, por el Grupo de Inmunología Celular e Inmunogenética. Facultad de Medicina. Universidad de Antioquia. Coordinado por Luis Fernando García e integrado por Luis F. Barrera, Sara París, Mauricio Rojas, Gloria Vásquez, Mauricio Arias, Edwin Patiño y Jovanny Zabaleta.

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS

Ordenamiento espacial y control político en las llanuras del Caribe y en los Andes centrales neogranadinos, Siglo XVIII, por Marta Herrera Angel, historiadora, investigadora independiente.

MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Balances Hidrológicos de Colombia, por el Grupo de Investigadores del Programa de Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Facultad de Minas, Universidad Nacional, sede Medellín. Dirigido por Oscar Mesa Sánchez e integrado por Germán Poveda Jaramillo, Jaime Ignacio Vélez y 17 estudiantes.

SOLIDARIDAD

Corporación Cultural Nuestra Gente, de Medellín

Fundación Social Colombiana Cedavida, de Bogotá.

MENCIONES DE HONOR

CIENCIAS

Caracterización de la biodiversidad en áreas prioritarias de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental, por el Grupo de Expedición y Monitoreo Ambiental del Instituto Alexander von Humboldt, bajo la dirección de Fernando Gast, coordinador de Programa de Inventarios de Biodiversidad e integrado por Mauricio Alvarez R., Federico Escobar, Humberto Mendoza C. y Héctor Villarreal.

Al comer se abre el apetito. Una mirada cultural de la alimentación en el Nuevo Reino de Granada, Siglos XVI y XVII, por Gregorio Andrés Saldarriaga Escobar, historiador y antropólogo.

La vida de los maestros colombianos, por Rodrigo Parra Sandoval, Elsa Castañeda Bernal, Patricia Calonje, Rocio Rueda y Juan Carlos Tedesco. Con el auspicio de la Fundación Antonio Restrepo Barco, Colciencias y la Secretaría de Educación de Bogotá, D.C.

Beneficio Ecológico del Café, por el Grupo de Postcosecha de Cenicafé, integrado por Gonzalo Roa, Carlos Oliveros, José Alvarez, César A. Ramirez, Juan R. Sanz, Jairo Alvarez, Marco T. Dávila, Diego A. Zambrano, Gloria Puerta y Nelson Rodríguez.

SOLIDARIDAD

Fundación Humedal La Conejera, de Bogotá

Fundación Las Golondrinas, de Medellín

FUNDACION ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR

Carrera 7 No. 71 - 52 Torre A Of. 406 Teléfonos: 3120150 - 3120151 Fax: 3120152

Δ Δ 250097 E-mail: faee@faee.org.co - Consulta los resúmenes de los trabajos ganadores en www.faae.org.co

VISTAZOS

MEDICINA

Avances en la batalla contra el virus de la parálisis infantil

En la última década, el número de casos de poliomielitis paralítica en el mundo ha disminuido en un ochenta y cinco por ciento. Sin embargo, es fundamental no bajar la guardia: una epidemia podría retroceder en unos diez años los esfuerzos de varias décadas. La Organización Mundial de la Salud estima que para lograr una inmunización completa se necesitará una suma cercana a mil millones de dólares, cifra que no se ha logrado reunir en su totalidad. El polio es una de las pocas enfermedades para las cuales puede pensarse en una erradicación, pues el virus que la causa infecta solamente al hombre, permanece en el cuerpo durante un período corto y la vacunación puede ser oral.

Breve historia retrospectiva de la lucha contra el polio

Año 2000: Recta final de la campaña para la erradicación dirigida por el director general, doctor Gro Harlem Brundtland, y por la directora de UNICEF, Ms. Carol Bellamy. En el año de 1999 se registraron 5.200 casos.

De 1995 a 1999: Se aplicó la vacuna a 1.860 millones de niños en el mundo, incluyendo 134 millones de niños en India en un solo día.

1994: La Comisión Internacional para la Erradicación del Polio declara al continente americano como "libre de poliomielitis".

1988: La Asamblea Mundial de Salud pasa una resolución para erradicar el polio para el año 2000.

1987: La Organización Internacional de Rotarios lanza una campaña para recaudar 120 millones de dólares para luchar contra el polio. Esta suma proporciona el empuje inicial para acabar con este flagelo.

1974: La Asamblea Mundial de Salud crea un extenso programa de inmunización para proporcionar a los niños seis vacunas diferentes.

1961: El doctor Albert Sabin desarrolla una vacuna oral —utilizando virus vivos contra el polio y se inicia la vacunación en Cuba y en Europa Oriental con el fin de comprobar que el virus del polio puede ser erradicado en áreas geográficas extensas.

1955: El doctor Jonas Salk desarrolla la primera vacuna inyectable contra el polio utilizando virus muertos. □

Descubierto un nuevo causante genético de la diabetes tipo 2

Investigadores del Instituto Médico Howard Hughes de los Estados Unidos han encontrado que algunas variaciones sutiles en el gen calpaina-10 aumentan la susceptibilidad a la diabetes tipo 2. Los científicos dicen que su descubrimiento ofrece una mayor comprensión sobre los orígenes de la diabetes tipo 2, un importante problema de salud pública que afecta a más de ciento treinta y cinco millones de personas en todo el mundo. La incidencia de diabetes tipo 2 se encuentra en aumento, y actualmente corresponde a cerca del noventa por ciento de los casos de diabetes. Si la diabetes tipo 2 no se trata, puede causar ceguera, enfermedades cardíacas y renales, apoplejía, pérdida de miembros y reducción en la expectativa de vida. □

Para la hipertensión no basta el tratamiento médico

La hipertensión arterial esencial (cotidianamente reconocida como "tensión alta") es un problema de salud con fuertes repercusiones no sólo en la calidad de vida del enfermo sino también en el nivel económico y social por los gastos constantes en fármacos, disminución de la productividad laboral y exigencia de dedicación a la familia. Para entender su impacto, basta con el dato que la coloca como una de las tres causas de morbi-mortalidad prematura en Colombia y en el resto del Mundo.

Si bien la hipertensión está clasificada como una enfermedad coronaria, no es exclusivamente un problema de tipo fisiológico. Muchas investigaciones realizadas desde la década de los setenta han demostrado la incidencia de factores psicosociales en el desarrollo de la

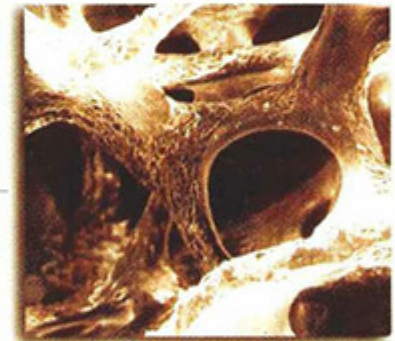
enfermedad: desventaja socioeconómica, trastornos emocionales prolongados y sobrecarga laboral, entre otros. El resultado, además de la estricta hipertensión arterial, es un estado de estrés que facilita, por ejemplo, las reacciones de ira.

Con este panorama, la intervención para paliar el problema ha dejado de ser una exclusividad médica para convertirse en una responsabilidad compartida con otros profesionales como los psicólogos clínicos y de la salud. La necesidad del tratamiento psicológico en el manejo de la hipertensión arterial fue demostrada en una investigación que comparó un programa con énfasis fisiológico y otro con énfasis psicológico, llevada a cabo en la Clínica Fray Bartolomé de las Casas en Bogotá.

La investigación, que fue desarrollada por Paula Samper Herrera (de la Pontificia Universidad Javeriana) y Blanca Patricia Ballesteros de Valderrama (de la Fundación Universitaria Konrad Lorenz), se publicó en la revista *Suma Psicológica*, Vol. 6, No. 2 de septiembre de

1999. Los programas comparados incluyeron información general sobre la hipertensión y sus cuidados básicos, pero un primer grupo recibió mayor énfasis en el ejercicio físico y la nutrición, mientras que el segundo grupo recibió entrenamiento en el manejo del estrés y de la ira.

En ambos grupos, los niveles de hipertensión se redujeron. Sin embargo, el segundo grupo pudo mantener los niveles reducidos durante más tiempo (un mes). Además, los niveles de ira se redujeron significativamente sólo en el grupo dos. Estos resultados demuestran que para modificar la hipertensión arterial esencial en el tiempo no basta con el manejo médico-fisiológico. Se requiere, también, la modificación de los hábitos cotidianos que dan paso al estrés y estrategias para el manejo de la ira. □



Drogas para el colesterol y... para la osteoporosis!

Para millones de personas en el mundo, una caída o un abrazo muy fuerte puede ocasionar la ruptura de la cadera o de las costillas. El hueso humano está continuamente en remodelación. Se calcula que en un adulto, el 25% del hueso trabecular y el 3% del cortical es reemplazado cada año. La osteoporosis ocurre cuando la capacidad de restauración del hueso es menor que la capacidad de resorción de éste. Desde el punto de vista etiológico, se reconocen como causas primarias de la osteoporosis las relacionadas con el envejecimiento, factores genéticos, factores nutricionales y la falta de actividad física.

Existen en el mercado, desde hace un tiempo, unas drogas denominadas fosfonatos, que ayudan a prevenir fracturas al evitar que el cuerpo debilite los huesos. Recientemente, las drogas denominadas *estatinas*, usadas ampliamente para el tratamiento de las enfermedades coronarias, han demostrado ser muy eficientes para la regeneración del hueso. Otro tratamiento investigado recientemente y que parece tener gran potencial es un fragmento recombinante de la hormona paratiroide humana (rhPTH). La ventaja de las estatinas sobre las drogas convencionales para combatir la osteoporosis es que las primeras trabajan en la *regeneración* del hueso y no simplemente en prevenir la *resorción* de éste. □

El ambiente familiar es indicador de varios desórdenes de conducta

Un hecho quizá ya del dominio público es que el desarrollo del ser humano depende mucho del ambiente en el cual crece. No obstante, los psicólogos evolutivos investigan más exactamente acerca de las variables que inciden en el desarrollo psicológico (normal y anormal) no sólo del niño sino también del adolescente, del adulto y del anciano.

Una de las variables más estudiadas ha sido el ambiente familiar. En la última década los investigadores de este campo se han dedicado especialmente a examinar la incidencia de las relaciones entre padres e hijos y las conductas que los últimos muestran fuera de casa. Un ejemplo al respecto se muestra en el artículo "Ambiente familiar y

dificultades de adaptación de los hijos", firmado por Rosario Cortés y José Cantón, de la Universidad de Granada (España), publicado en la revista *Suma Psicológica*, Vol. 7, No. 1, de marzo de 2000.

Mediante un análisis de regresión múltiple, Cortés y Cantón relacionaron los resultados de la aplicación de dos instrumentos psicométricos: la Escala de Clima Social de la Familia (iniciales en inglés: FES) y la Lista de Verificación de la Conducta Infantil (iniciales en inglés: CBCL). En el estudio participaron 46 niños y adolescentes españoles de estrato socio-económico medio-bajo.

El principal resultado es que las puntuaciones de la FES fueron predictoras de las arrojadas por la CBCL, y demostraron así el papel

que ejerce el contexto familiar en la aparición de desórdenes de conducta de los niños tanto dentro como fuera del hogar. En oposición, los niños que aparecían con menos problemas psicológicos reportaron vivir en familias caracterizadas por menor control, mayor cohesión y orientación al logro.

Curiosamente una variable mediadora encontrada por los investigadores hispanos fue el sexo, significativa para todos los problemas de conducta evaluados. En este caso, la aparición de desórdenes se presentaba sistemáticamente en los varones. Faltarían nuevas investigaciones que aclaren este sesgo y expliquen el origen de los problemas de conductas en las niñas. □

EDUCACIÓN

El Proyecto 2061, ahora en español

La Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS) ha venido trabajando desde hace unos años con el objetivo de que todos los niños americanos sean "alfabetas" en ciencia, matemáticas y tecnología. El proyecto se ha ampliado en los últimos meses para incluir a todos los niños hispano hablantes, y ha colocado una página web en español: www.project2061.org/español.

El proyecto 2061 toma su nombre del hecho de que se espera que en el año 2061 se logre la meta de educar en ciencias a todos los niños estadounidenses. Este proyecto ha publicado dos libros muy importantes: *Ciencias para todos los americanos* (1989) y *Benchmarks para el alfabetismo científico* (1993). En éstos se definen los objetivos que deben aprender los alumnos de segundo, quinto, octavo y duodécimo grados.

La nueva página en internet describe programas de capacitación para los profesores y tiene enlaces con la página web del Proyecto 2061.

y con otras páginas relevantes al tema. Tiene, además, una sección dedicada a la evaluación de textos de ciencias y de matemáticas. □



GENÉTICA

Avances en terapia génica

Tras la muerte reciente de un joven paciente en los Estados Unidos, ocasionada por una droga genética, la terapia génica experimental había estado muy desprestigiada. Sin embargo, en abril de 2000 se publicó en la revista *Science* el resultado de una interesante investigación en este campo.

Un grupo de científicos franceses logró tratar de manera efectiva a dos niños que padecían una grave enfermedad inmunológica y cuyo único futuro era pasar sus vidas aislados dentro de una cápsula de plástico. Hoy, estos niños están llevando vidas normales a pesar de sufrir del síndrome de inmunodeficiencia combinada XI, enfermedad que no permite el desarrollo del sistema inmunológico y que, en consecuencia, hace que las enfermedades más benignas puedan ser mortales.

El tratamiento realizado por los médicos franceses consistió en aislar las células embrionarias de la médula ósea de los niños e incubarlas con un virus que actuaba como vector del gen defectuoso. Gracias a las sustancias biológicas añadidas por estos científicos, los niveles de inserción del gen fueron superiores a los obtenidos en el pasado.

El objetivo de la terapia génica es combatir las enfermedades insertando un gen que las corrija o que ayude a vencerlas. En principio, la técnica debería funcio-

nar para una gran cantidad de enfermedades de difícil tratamiento; pero durante los últimos diez años no ha sido posible insertar exitosamente los genes requeridos.

La ventaja que ofrece la técnica presentada por estos investigadores es que no requiere que todas las células reciban una copia del gen. Las células que logran incorporarlo presentan un factor de supervivencia mayor y, en consecuencia, se multiplican rápidamente y controlan la enfermedad.

Hasta el momento no hay suficiente evidencia que demuestre que este método va a ser la panacea, pues no se sabe si los genes evidentemente se incorporan

a las células embrionarias que controlan el sistema inmunológico. De no ser así, y si las células tratadas se mueren, sería necesario volver a inyectar los genes repetidamente sin ninguna garantía. Pero la terapia génica, como muchas otras tecnologías nuevas, tomará tiempo en madurar. De todas maneras, la técnica representa un posible tratamiento para enfermedades como la he-

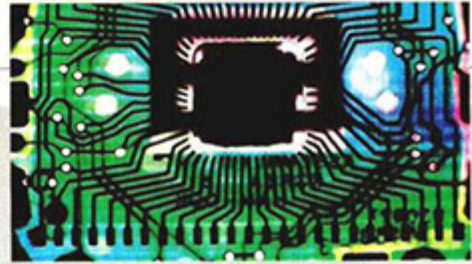
emofilia, para el cultivo de vasos sanguíneos para combatir las enfermedades cardiovasculares y para el desarrollo de vacunas genéticas para el tratamiento de enfermedades infecciosas crónicas y para combatir algunos tipos de cáncer. □



Avances en el diagnóstico de ADN

a compañía Clinical Micro Sensors de California, Estados Unidos, anunció los resultados de su primer estudio utilizando *chips* biológicos desechables llamados *eSensor*. Gracias a ellos es posible analizar el ADN de una forma más rápida y más económica que la empleada en los hospitales en la actualidad. En pruebas recientes, los científicos usaron la tecnología para analizar

las muestras de ADN de 66 pacientes que padecían de hemocromatosis hereditaria, enfermedad que al no tratarse oportunamente puede dar lugar a cirrosis, cáncer del páncreas y diabetes. Los resultados de los 66 casos analizados concuerdan con los obtenidos por otros métodos más costosos y complicados, lo cual conducirá en un futuro al uso masivo de este tipo de análisis. □



Nuevos avances en minicomputadoras

Investigadores han desarrollado interruptores químicos microscópicos que podrían formar la base de computadoras diminutas, rápidas y baratas.

El equipo de investigadores de la Universidad de California, en Los Ángeles, espera haber dado un gran paso hacia la "computadora molecular", que reemplazará a las grandes y pesadas computadoras contemporáneas.

"Con las moléculas estamos trabajando a un nivel tan pequeño como posiblemente podamos", dijo Fraser Stoddart, profesor de Química de la UCLA, que diseñó los interruptores.

Estos aparatos podrían almacenar una gran cantidad de información de forma segura, con menos miedo de colapsos y otras fallas técnicas.

La base del interruptor diminuto es una molécula llamada "catenane". Tal como está descrita en la revista *Science*, esa molécula consta de dos diminutos anillos interconectados compuestos de dos átomos unidos en un círculo. "Imagínese dos anillos interconectados como parte de una cadena, dijo Stoddart. Cada uno tiene dos estructuras, llamadas sitios de reconocimiento, que interactúan electroquímicamente. Un pulso de electricidad lo priva de un electrón, y

causa que uno de los anillos ruede alrededor del otro. Eso hace que el interruptor se encienda, que el electrón baje, y el interruptor se apague. El nuevo interruptor puede abrirse y cerrarse una y otra vez; ésa es la diferencia con el CD-ROM —que puede grabarse una sola vez— y con un disco, que puede borrarse y volverse a grabar todas las veces que uno quiera. Tener los interruptores es un primer paso; ahora, los científicos necesitan el resto del cableado para engancharlos y la arquitectura global para hacer los componentes de una computadora. □

Diseño y fabricación de robots realizados automáticamente a través de computadora

Una computadora programada para seguir las leyes de la evolución humana ha diseñado y fabricado por primera vez robots sencillos sin ayuda significativa por parte de los científicos.

Los robots blancos, de 20 centímetros de altura, no conquistan el mundo ni barren el laboratorio. Pero sí se desplazan por la superficie de una mesa, tal como han sido programados para hacerlo, dijo Jordan Pollack, un científico especializado en computadoras, de la Universidad de Brandeis, en Boston.

Al lograr que una computadora cree diseños utilizando la selección natural, los investigadores han dado un paso más en la solución de dos de los principales obstáculos de la fabricación de robots: su falta de versatilidad y el elevado costo de su desarrollo.

Los robots diseñados por seres humanos sólo funcionan en condiciones específicas, y sus aptitudes para adaptarse a los cambios de situación son limitadas. El desarrollo de un simple robot capaz de pasar la aspiradora, por ejemplo, podría costar millones, y se vendería a 5.000 dólares por unidad, después que los ingenieros se las

arreglen para lograr que no choquen con los muebles ni se caigan por la escalera, dijo Pollack.

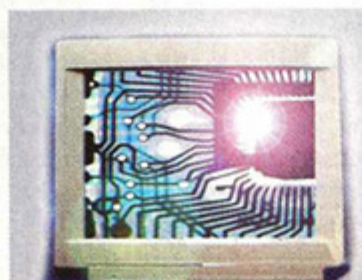
Por último, la aproximación evolutiva de la solución del problema podría revolucionar todo el proceso, desde la fabricación del robot hasta la exploración espacial. "A largo plazo, podríamos tener algo semejante en órbita, en que uno podría enviar los elementos de construcción (al espacio) y dejar que la ésta se desarrolle allí por sí misma. Eso sería fascinante" dijo Yoseph BarCohen, director de una sección de robótica del Laboratorio de Propulsión Nuclear de la NASA.

Pollack y su colega Hod Lipson combinaron técnicas de fabricación automática con otras de computarización evolutiva. Los resultados de esa combinación aparecen en el número del 31 de agosto de la revista *Nature*.

Los mejores diseños iniciales de la computadora fueron conservados y empleados en ulteriores experimentos.

Al final de la cadena, un prototipo fabricó tres robots blancos pequeños constituidos por partes móviles, circuitos y motores, capaces de desplazarse sobre una mesa.

Para conocer más usted puede ingresar a www.brandeis.edu, página de la Universidad Brandeis, donde se desarrollan algunos de los experimentos de robótica. □



Arizona hace historia con votación a través de internet

Los demócratas de Arizona hicieron historia en los Estados Unidos al convertirse en los primeros estadounidenses en utilizar internet para votar en las elecciones legalmen-

te obligatorias, según informó la agencia Reuters.

Funcionarios electorales reportaron pocos problemas en las primeras horas de votación, mientras los demócratas en todo el estado entraban en línea a un sitio especial en la web, oprimían su número de identificación y votaban por el candidato demócrata de su preferencia.

"No ha habido mayores problemas, que yo sepa, hasta ahora", dijo William Taylor,

vicepresidente de ventas de Election.com, la compañía de Garden City, Nueva York, que maneja el proceso electoral en línea. "Todo va bien".

La supervisora del condado de Maricopa, Mary Rose Wilcox, inauguró el plan al depositar el primer voto en una elección que fue seguida muy de cerca localmente y en el exterior por sus implicaciones potenciales. □



PSICOLOGÍA

La psicología política en las elecciones norteamericanas

Además del controvertido Plan Colombia, hay otro asunto de moda, común para nuestro país y para los Estados Unidos: la psicología política. Mientras en Bogotá se celebraron recientemente las Primeras Jornadas Internacionales de Psicología Política (organizadas por la Asociación Colombiana para el Avance de las Ciencias del Comportamiento), en Norteamérica las elecciones presidenciales han permitido resaltar el gran esfuerzo que los investigadores en esta área dedican para tratar de explicar y predecir las razones de los votantes para elegir a uno u otro candidato.

Varias investigaciones recientes en psicología política fueron reseñadas por Kristin Leutwyler en *Scientific American* del pasado 5 de septiembre. Tales estudios han

sido presentados en dos importantes eventos anuales: la Convención de la *American Psychological Association* (APA) y la Reunión de la *American Political Science Association*. En esta última, por ejemplo, la investigadora Kira Sanbonmatsu mostró el criterio poco profundo del electorado del estado de Ohio. El único criterio, o al menos el más importante a la hora de votar en las elecciones locales, fue el género: el 62% de las mujeres y el 68% de los hombres mostraron sesgo hacia candidatos del mismo sexo. Las propuestas, currículum, etc., no parecían estar presentes.

Otro criterio de decisión del electorado que se ha detectado con fuerza es el de votar por "el otro candidato", que no sea aquel que se detesta o se rechaza. Esta "razón" fue hallada por el psicólogo Jon Krosnick en un estudio longitudinal de las encuestas entre 1972 y 1988. Este hallazgo controvierde un postulado tradicional de la ciencia política según el cual el votante elige "el candidato que más le gusta"; pero la psicología política contemporánea muestra otra cosa.

Un estudio diferente, pero igualmente en el marco de la psicología política, fue presentado en la última convención de la APA por Steven Rubenzer, Thomas Faschingbauer y Deniz S. Ones, de la Universidad de Minnesota. Rubenzer y sus colaboradores hicieron un análisis de los rasgos de personalidad más frecuentes de los 41 presidentes que han gobernado los Estados Unidos. Los diez primeros rasgos detectados fueron: "Stubborn" (testarudo), "Disagreeable" (desagradable), "Extroverted" (extrovertido), "Open to Experience" (abierto a la experiencia), "Assertive" (asertivo), "Achievement Striving" (lucha por el logro), "Excitement Seeking" (busca la emoción), "Indirect" (indirecto), "Not Vulnerable" (invulnerable) y "Not Orderly" (desordenado).

Queda la duda de si los resultados de estas investigaciones reseñadas se restringen a los Estados Unidos o se pueden considerar transculturales o transnacionales. Esto es un asunto empírico más que de mera especulación. Nuestros investigadores en psicología política, como los reunidos en las Jornadas Internacionales de Bogotá, tienen la palabra. □

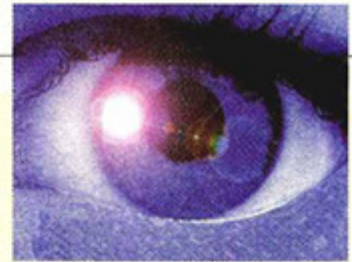
Avances en oftalmología

La retinopatía diabética es una peligrosa complicación derivada de la diabetes y una de las mayores causas de ceguera entre los adultos. Si se detecta a tiempo, los daños ocasionados en los vasos sanguíneos de la retina pueden detenerse mediante el uso de rayos láser.

Los láseres se utilizan también para reparar pequeñas heridas en la retina que puedan ocasionar el desprendimiento de ésta y se utilizan, a su vez, para cirugía de cataratas. En los últimos años se han empezado a usar láseres para esculpir la córnea, procedimiento conocido como queratotomía fotorefractiva o PRK para combatir la miopía. Todos estos procedimientos se realizan en cuestión de minutos y producen poca molestia.

Recientemente se han unido dos líneas de investigación básica: la anatomía y la física, para producir una revolución en oftalmología en cuanto al cultivo de córneas. Esta investigación es de gran importancia, pues es muy difícil conseguir donantes de córnea para la realización de trasplantes. Recientemente, un grupo de científicos de Canadá ha logrado cultivar córneas humanas en el laboratorio y, aunque en la actualidad no sirven para ser trasplantadas, sí pueden ser utilizadas para estudios de toxicidad y eficacia de las drogas.

La córnea consta de tres tipos de células: las epiteliales, que son las células de la capa externa; los queratocitos, de la capa central; y las células de la capa interna o



endoteliales. Los científicos crearon su propia fuente de los tres tipos de tejido individual insertando genes virales que permitieron crecer los cultivos indefinidamente. Posteriormente unieron los tres tejidos, que simulan las capas de la córnea, y observaron que se comportaban, ante el estímulo externo, de forma similar a la córnea humana.

Aunque esta investigación está en una etapa incipiente (es fundamental comprobar que estas células no resulten cancerosas), tiene un potencial muy grande y se puede usar como modelo para contestar preguntas fundamentales en el campo de la oftalmología. □



89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría

Conozca la revista Innovación y Ciencia, publicación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, con la información más actualizada sobre los últimos avances científicos y tecnológicos en Colombia y en el mundo.

Buscamos promover la popularización de la ciencia con el convencimiento de que el desarrollo económico y social de los pueblos depende en gran medida del acceso al conocimiento científico y tecnológico.

Por sólo \$ 21.000.00 podrá recibir anualmente cuatro ejemplares de la revista. Adicionalmente tenemos a su disposición ejemplares anteriores para que tenga la colección completa.



Tratamos los temas más importantes en Biología, Filosofía, Psicología, Antropología, Tecnología, Física, Astronomía y Matemáticas, escritos en forma amena y accesible.

REVISTA
Innovación
y Ciencia

Publicación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia.

Suscripción por 1 año (4 ejemplares), a partir del Vol _____ N° _____

SUSCRIBASE ¡YA!

Suscripción anual \$21.000 Precio ejemplar \$5.500 Asociado ACAC: Gratuita

Fecha de suscripción
D | M | A

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito
Consignación: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia

Colmena **010-4500246931**
Bco. Popular **160-203196**
Credencial Credibanco Diners
Tarjeta N° _____
Vence ____ / ____ / ____ N° cuotas ____
N° Seguridad ____ / ____ / ____
Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta de crédito

Acepto Renovación Automática: Sí No

FIRMA

C.C.

SUSCRIPCIÓN NATURAL O INSTITUCIONAL

Nombre _____
C.C. o NIT _____
Dirección _____
Tel. _____ Fax _____
Correo Electrónico _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____
Especialidad _____

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax 221 6950, o por correo a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. Carrera 50 # 27-70 Bloque C, Módulo 3 - A.A. 92581 Bogotá Tel. 315 0734

**LLÁMENOS AL 315 0734 Y
ADQUIERA LA COLECCIÓN DE
INNOVACIÓN Y CIENCIA.**

NEUTRINOS

Sergio Torres

Centro Internacional de Física,

Bogotá, Colombia

email: verada@earthlink.net

En el universo, el macrocosmos está fuertemente ligado a la Física subnuclear. Problemas cosmológicos fundamentales, tales como la masa oscura y el futuro dinámico del universo, comienzan a ser resueltos gracias a los avances que se han logrado en el campo de la física de partículas elementales. De igual forma laboratorios astronómicos, como el Sol, se usan para probar las teorías fundamentales de las partículas e interacciones. Descubrimientos recientes ponen en clara evidencia el hecho de que el neutrino, una partícula elemental neutra y difícilmente detectable,

es un actor importante en el cosmos. Esta diminuta partícula puede determinar el futuro del universo (si se expande para siempre o si logra frenar la expansión) y es un elemento crucial en el balance de la composición química primordial en el universo, del cual depende nuestra existencia.

**El neutrino:
una partícula que salva la Física nuclear**

El camino que llevó a la aceptación del neutrino como ingrediente definitivo del cos-

mos no fue liso y sin tropiezos. El desarrollo de la teoría del neutrino tomó 42 años, desde la determinación del espectro de la radiación beta, en 1914, hasta el descubrimiento del neutrino, en 1956. Durante estos años los científicos que participaron en esta aventura se vieron enfrentados a formidables obstáculos que los llevaron hasta el extremo de considerar el rechazo del principio de la conservación de energía.

El neutrino fue originalmente una sugerencia teórica propuesta en 1930 por el eminente físico Wolfgang Pauli para aplicarle un remiendo a la venerada ley de conservación de la energía, que por esos días parecía venirse al suelo y socavaba los fundamentos sobre los cuales se había edificado la magnífica obra que hoy llamamos "Física clásica". El problema surgió haciendo observaciones del decaimiento radiactivo beta (emisión de electrones por el núcleo) al momento de medir la energía del electrón emitido. En este tipo de radioactividad, un núcleo atómico decae cuando uno de sus neutrones sufre una reacción espontánea en la cual se convierte en un protón emitiendo un electrón que sale disparado del núcleo como una diminuta bala. El protón queda en el núcleo y cambia así su identidad como elemento químico. Según este modelo, la energía del electrón emitido tendría un valor fijo, ya que la energía disponible (proveniente de la diferen-

ESTA DIMINUTA PARTÍCULA
PUEDE DETERMINAR EL
FUTURO DEL UNIVERSO.

en el cosmos

cia en masa entre el protón y el neutrón) se la reparten en proporción fija los dos objetos producidos en la reacción.

Las primeras mediciones de la energía del electrón proveniente de núcleos radiactivos indicaban un espectro monocromático. Este resultado se obtuvo observando las placas fotográficas producidas por rayos beta desviados por un campo magnético. Si los electrones salen del núcleo con energías de todos los valores posibles se esperaría, a causa de la acción del campo magnético, que éstos golpearan la placa fotográfica en puntos distribuidos en una gran área de ésta. Lo que se

observó, sin embargo, fue un punto preferencial donde los electrones hacían impacto. Algo similar sucede si imaginamos un cañón que dispara balas idénticas siempre con la misma energía (y si ignoramos los efectos del aire): las trayectorias de las balas, desviadas por el campo gravitacional, siempre terminan en el mismo blanco. Por el contrario, si el cañón dispara las balas con diferentes energías en cada disparo, éstas terminarán dispersas en una gran región.

El fenómeno de la radiactividad apenas comenzaba a entenderse durante la primera década del siglo XX, lo cual hacía muy difícil un

estudio sistemático en el cual todas las variables estuvieran bajo control. Para la medición del espectro de energía de la radiación beta, por ejemplo, es necesario tener en cuenta la dependencia de la energía con la velocidad y los efectos producidos por la radiación alfa y la gama provenientes de las fuentes radiactivas

Pauli se dio cuenta de que introduciendo una tercera partícula en la reacción nuclear beta, se salvaba el principio de la conservación de energía y al mismo tiempo se explicaba de forma natural su espectro continuo. En este esquema, la energía disponible en la reacción se distribuye de forma continua entre las tres

EL NEUTRINO ÚNICAMENTE INTERACCIONA POR MEDIO DE LA GRAVEDAD Y LA FUERZA NUCLEAR DÉBIL LO QUE LO HACE MUY DIFÍCILMENTE DETECTABLE.

usadas en los experimentos. Por no tener en cuenta estos factores, los resultados iniciales que indicaban un espectro monocromático de los rayos beta y que daban apoyo a la teoría del momento no eran correctos. La medición definitiva del espectro de la radiación beta la realizó James Chadwick en 1914, quien pudo determinar que, efectivamente, los electrones emitidos por el núcleo salían con un espectro continuo.

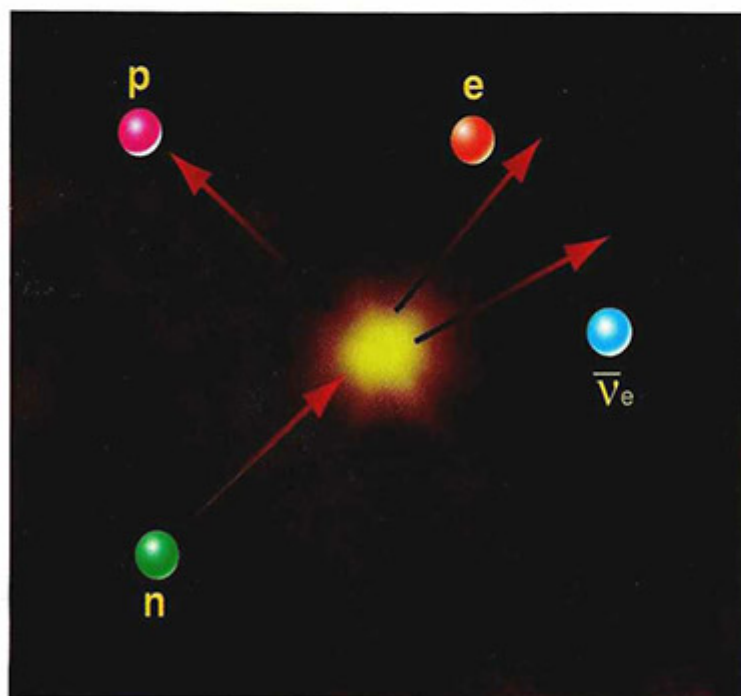
partículas resultantes: el electrón, el neutrino y el protón. El físico italiano Enrico Fermi desarrolló en 1934 la primera teoría exitosa del decaimiento radiactivo beta incorporando la partícula propuesta por Pauli, a la cual bautizó con el nombre de 'neutrino'.

Descubrimiento

Si efectivamente existe el neutrino, ¿por qué no se había observado antes? La respuesta nos lleva a una propiedad fundamental del neutrino: éste no siente la fuerza nuclear fuerte ni la electromagnética; únicamente interacciona por medio de la gravedad y la fuerza nuclear débil lo que lo hace muy difícilmente detectable. Mientras usted lee esta frase, miles de millones de neutrinos han atravesado su cuerpo y han penetrado la Tierra sin sufrir interacción alguna. Esto se debe a que la interacción nuclear débil es apenas una fracción de $1/100.000.000.000$ menos fuerte que la interacción electromagnética y tiene un alcance de sólo $0,0000000000000001$ centímetros.

En 1955 Frederick Reines y Clyde Cowan montaron un experimento para observar neutrinos generados por el reactor nuclear de Savannah River, en los Estados Unidos.¹ A pesar del inmenso flujo de neutrinos disponible ($10.000.000.000.000$ neutrinos por centímetro cuadrado por segundo) y de las grandes proporciones de su detector (un tanque de 200 litros de agua tratada con pocas trazas de cadmio), Reines y Cowan sólo llegaron a

Figura 1. Diagrama de la teoría de Fermi del decaimiento radiactivo. El eje vertical representa la coordenada temporal (n = neutrón; p = protón; e = electrón y $\bar{\nu}_e$ = neutrino).



detectar tres eventos por hora incluyendo ruido en sus detectores producido por rayos cósmicos. La técnica que usaron consistió en detectar los productos de la reacción inversa al decaimiento beta (figura 2). En esta reacción, un neutrino le pega a un protón del blanco, lo convierte en neutrón y emite un positrón (la antipartícula del electrón). El positrón se aniquila rápidamente con un electrón en el medio

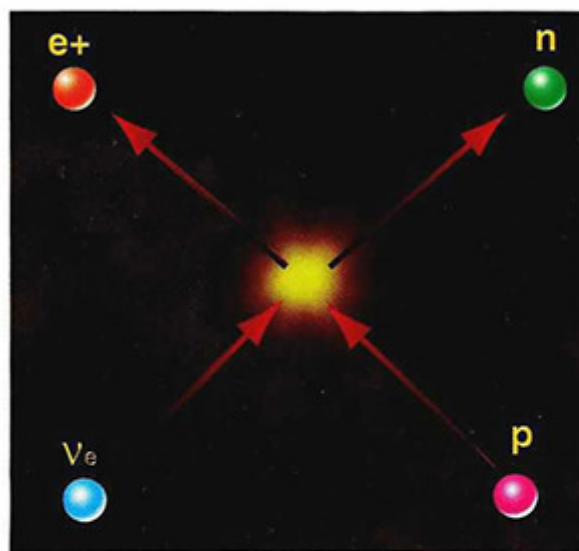


Figura 2. Diagrama de la reacción beta inversa (ν_e = neutrino; p = protón; e^+ = positrón y n = neutrón).

y genera dos partículas gama. Microsegundos más tarde, el neutrón es absorbido por uno de los núcleos de cadmio y emite más partículas gama. La detección en coincidencia de dos partículas gama de igual energía seguida por un pequeño pulso de partículas gama es la señal que identifica la presencia del neutrino.

Modelo estándar de las partículas e interacciones

La gravedad, la fuerza electromagnética y las fuerzas nuclear débil y fuerte son suficientes para explicar sistemas tan pequeños como un átomo o tan complejos como el universo mismo. En el modelo estándar de las partículas e interacciones, las partículas elementales, a partir de las cuales se construye todo lo que observamos en el universo, pertenecen ya sea

a la familia de los quarks o a la de los leptones. Independientemente de la familia a la cual pertenece, una partícula interactúa gravitacionalmente si tiene masa (energía) y electromagnéticamente si tiene carga. Además, los quarks y los leptones sienten la fuerza nuclear débil, y los quarks la fuerza nuclear fuerte. Agrupaciones de tres quarks forman partículas más complejas como el protón o el neutrón (colectivamente llamadas bariones). El protón con dos quarks tipo "up" y uno tipo "down", y el neutrón con dos quarks tipo "down" y uno tipo "up". El neutrino y el electrón son distinguidos miembros de la familia de los leptones (figura 3).

Una manifestación de la dualidad partícula-onda presente en las entrañas de la Física cuántica es que a cada uno de los cuatro campos de interacción se asocian partículas que la transmiten. Estas partículas son los bosones intermedios: el fotón para el electromagnetismo, los gluones para la fuerza nuclear fuerte, los bosones W^+ , W^- y Z^0 para la fuerza nuclear débil y el gravitón para la gravedad.

Para llegar a las propiedades del neutrino se usan los principios de conservación conocidos en la Física. Sabemos que la carga eléctrica del neutrino debe ser cero, ya que la carga final de los productos del decaimiento beta (es decir +1 del protón, -1 del electrón y 0 del neutrino) es igual a la carga inicial (0 del neutrón), lo que se ajusta a la conservación de la carga eléctrica.

Otras propiedades que se usan para "balancear" las reacciones entre partículas fundamentales son más difíciles de tratar, ya que se basan en la naturaleza cuántica de la materia. Las leyes que describen el mundo subnuclear no son las mismas que estamos acostumbrados a experimentar en el mundo macroscópico. La caída de la manzana, el movimiento de la órbita de la Luna, las fuerzas que mantienen un puente en reposo, son fenómenos que se pueden estudiar con una precisión formidable basados únicamente en las leyes de la Física clásica. Sin embargo, para estudiar lo que ocurre dentro de un núcleo atómico, o en una colisión entre partículas elementales, la física

clásica no sirve y es necesario aplicar la mecánica cuántica.

El concepto de carga eléctrica se puede usar para entender ciertas propiedades cuánticas que también se conservan en reacciones entre partículas elementales. Ejemplo de ésta es lo que podríamos llamar "carga de familia", propiedad fundamental que indica a qué familia pertenece una partícula. En el caso del electrón, por ejemplo, a esta propiedad se le llama número leptónico electrónico y se denota con las letras L_e . Para facilitar la contabilidad, vamos a asignarle a L_e un valor de +1 para el electrón. Su antipartícula (el positrón) será -1. Los que no sean miembros de la familia del electrón, como el protón o el neutrón, reciben un valor de cero. Volviendo a la reacción nuclear beta, es fácil darse cuenta de que el neutrino pertenece a la familia del electrón; el número leptónico total antes del decaimiento es cero porque el neutrón no es de la familia del electrón, por tanto, L_e del neutrino debe ser -1 para que sumado con la del electrón (+1) y la del protón (0) resulte el total de cero necesario para balancear la reacción. Con este sencillo ejercicio no solamente vemos que el neutrino producido en el decaimiento beta pertenece a la familia del electrón, también se deduce que éste es una antipartícula. Normalmente se denota al neutrino con la letra griega "nu" ($\bar{\nu}$) y al antineutrino se le coloca una barra encima ($\bar{\nu}$). Más detalle se puede expresar con subíndices; así, por ejemplo, el neutrino asociado con el electrón, el *electrón-neutrino*, sería ν_e .

Observaciones de rayos cósmicos y de partículas producidas en aceleradores de partículas han permitido establecer la existencia de dos pares adicionales de leptones, cada uno con su propio neutrino. El segundo grupo de leptones está compuesto del muon (μ) y su neutrino asociado (ν_μ), y el tercer grupo lo forman la partícula tau (τ) y el *tau-neutrino* (ν_τ). El muón y el leptón tau son partículas idénticas al electrón, excepto por sus masas. El muon, identificado en 1947 por Giulio

Lattes en rayos cósmicos, tiene una masa de 207 veces la del electrón, y el tau, recientemente descubierto por un grupo del laboratorio Fermilab (Estados Unidos), tiene una masa de 3.477 veces la del electrón (casi el doble de la masa de un átomo de hidrógeno!). Sólo hay tres familias de leptones en el universo. De eso están seguros los físicos de partículas desde que un experimento en el colisionador de partículas del CERN en Ginebra midió con alta precisión el tiempo de vida media del bosón intermedio Z^0 , el cual depende del número de familias de neutrinos. Según el modelo estándar, el número leptónico de cada una de estas familias (L_e , L_μ y L_τ) se conserva independientemente. En una reacción pueden intervenir cualquier número de leptones, siempre y cuando los números leptónicos se conserven independientemente. Un caso particular es el del decaimiento del muón en un electrón, un antielectrón-neutrino y un muón-neutrino, en el cual los números leptónicos L_e y L_μ son iguales antes y después de la reacción.

El problema de los neutrinos solares

El Sol es una estupenda fábrica de neutrinos, pues genera un flujo de 60 mil millones de neutrinos (ν_e) por centímetro cuadrado por

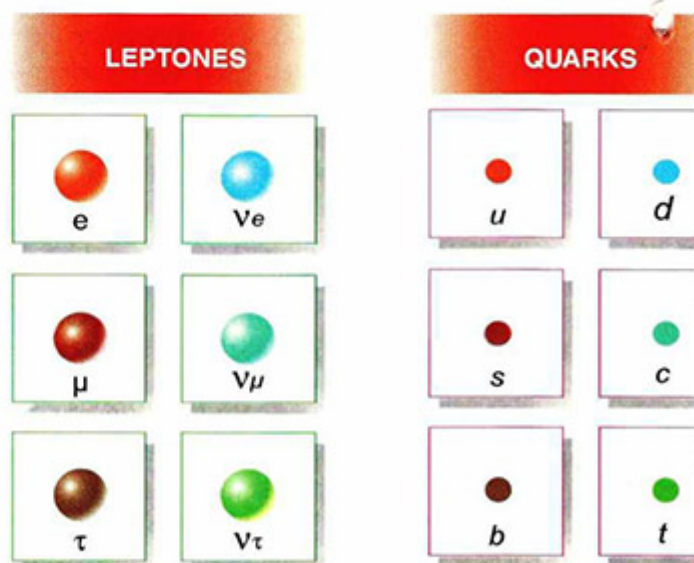


Figura 3. Partículas e interacciones. Foto de familia.

segundo como resultado de la producción de helio en la fusión nuclear entre protones. Por esta razón, es el laboratorio ideal para poner a prueba las teorías de partículas elementales.

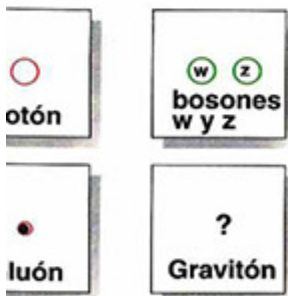
El físico italiano Bruno Pontecorvo, estudiante de Fermi en Roma, reconoció la posibilidad de usar la gran cantidad de neutrinos generados en el Sol para la detección del neutrino. Su propuesta se basaba en monitorear durante un tiempo suficientemente largo la aparición de un radioisótopo producido por la absorción de neutrinos solares en un tanque lleno de una mezcla cuya composición química es precisamente controlada. El método fue exitosamente desarrollado por Ray Davis, del Laboratorio Nacional de Brookhaven en Long Island (Nueva York), midiendo la cantidad de argón (^{37}Ar) que aparece en un gran tanque lleno de cloro (^{37}Cl) líquido. Para aislar el

corroborado por otros cuatro experimentos independientes (SAGE en Rusia, GALLEX y GNO en el túnel del Gran Sasso en Italia, y Kamiokande y Super-Kamiokande en Japón). Una discrepancia de esta magnitud está exponiendo claramente una falla, ya sea en el modelo solar o en la física de los neutrinos. Para quienes trabajamos en el campo de la astrofísica, éste es el famoso "problema de los neutrinos solares".²

La teoría termonuclear estelar desarrollada por Hans Bethe y sustentada por mediciones de luminosidad y de heliosismología gozaba de bases tan fuertes que los astrofísicos no encontraban el ánimo de perturbarla. Entre tanto, la recién nacida física del neutrino estaba lista a acomodar nociones exóticas que ofrecían una solución al problema. De nuevo, fue Pontecorvo quien sugirió el camino correcto.

PARA ESTUDIAR LO QUE OCURRE DENTRO DE UN NÚCLEO ATÓMICO, O EN UNA COLISIÓN ENTRE PARTÍCULAS ELEMENTALES, LA FÍSICA CLÁSICA NO SIRVE Y ES NECESARIO APLICAR LA MECÁNICA CUÁNTICA.

BOSONES INTERMEDIOS



experimento de interacciones con rayos cósmicos, éste se instaló en una cavidad enterrada en las minas de oro de Homestake (Dakota del Sur, Estados Unidos). Por cada neutrino que logra interactuar con el líquido, un núcleo de cloro se convierte en uno de argón. La cantidad total de argón que aparece en la mezcla después de un tiempo suficientemente largo de observación es una medida del flujo de neutrinos solares.

Los primeros resultados del experimento de Homestake, presentados en 1968, indicaban que el flujo medido de neutrinos ν_e solares era apenas 1/3 de lo que se esperaba, según el modelo solar. Este resultado se ha mantenido firme, después de 30 años de mediciones continuas por el grupo de Davis y ha sido

Con su colega ruso Vladimir Gribov, en 1968, justo después de conocerse los resultados del experimento de Homestake, propusieron una elegante solución al problema de los neutrinos solares que consistía en la transmutación del electrón-neutrino ν_e en otro tipo de neutrino más difícil de detectar. Según esta hipótesis, la fracción del flujo de neutrinos no observados es de sabor ν_μ o ν_τ , resultantes de la transmutación, que no son vistos por los detectores.

Inspirados por las ideas de Pontecorvo, Lincoln Wolfenstein (de Carnegie Mellon University) y los rusos Stanislav Mikheyev y Alexei Smirnov desarrollaron una teoría (el efecto MSW) para producir oscilaciones en el sabor del neutrino. La manifestación de este efecto, puramente cuántico, consiste en el cambio oscilatorio de sabor del neutrino a medida que éste se propaga. Por ejemplo: la

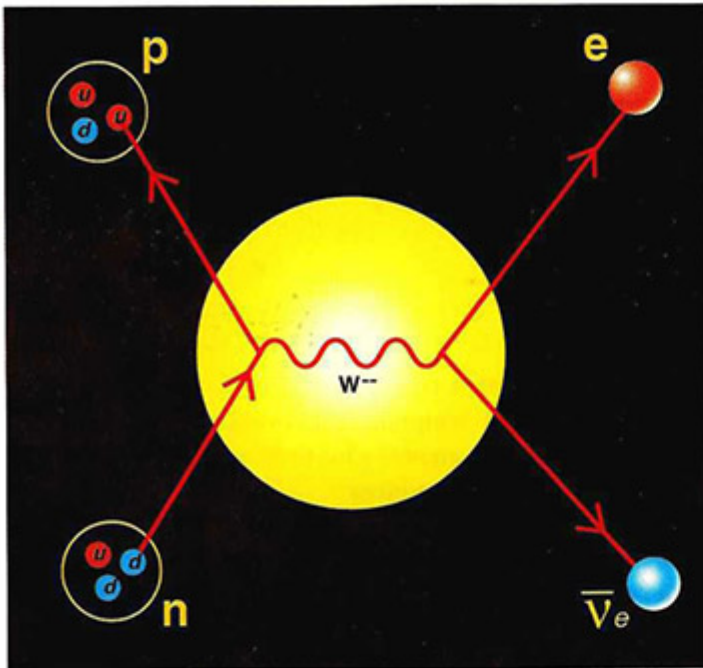


Figura 4. Diagrama del decaimiento radiactivo beta según el modelo estándar.

magnética también tiene rango infinito, pero en promedio la carga eléctrica neta del universo es cero y, por tanto, este tipo de interacción no tiene mucha importancia a escalas galácticas o extragalácticas. La gravedad es la fuerza encargada de amplificar las pequeñas fluctuaciones existentes en la distribución de la materia en el universo temprano. Estas fluctuaciones, descubiertas por el proyecto COBE en 1992,⁴ son muy pequeñas al comienzo, pero con la ayuda de la gravedad crecen y forman grandes nubes primordiales. Visto desde "fuera", este proceso sería muy parecido a lo que percibimos desde un edificio muy alto al mirar hacia abajo, donde hay una plaza con mucha gente en movimiento aleatorio pero que tiende a acumularse en centros de atracción creados por el músico que toca el violín o el malabarista que practica sus actos en público. Mil millones de años después de la gran explosión comenzaron a aparecer las primeras galaxias a partir de esas gigantescas nubes.

Para poder entender el proceso de formación de galaxias es necesario hacer un inventario de todos los componentes de materia y energía en el universo. Por mediciones de la velocidad angular de rotación de las galaxias, sabemos que hay más materia de la que observamos, lo cual constituye el famoso problema de la "materia oscura".⁵ De forma independien-

te, el experimento *Boomerang* (colaboración italiana-americana) ha logrado medir el parámetro de densidad de masa del universo observando el espectro de fluctuaciones de la radiación cósmica de fondo.⁶ Los resultados de este experimento indican que el universo tiene una densidad de 2×10^{-29} g/cm³, lo cual coincide con la densidad crítica, es decir, la necesaria para hacer que la geometría del universo sea plana.⁷ Si contrastamos esta medición con la masa observada en toda la materia visible (incluyendo radiogalaxias y otras fuentes más allá del espectro visible), nos damos cuenta de que existe un 90% de la materia que no hemos observado. ¿Donde está toda esta materia?

Aquí es donde el neutrino puede llegar a jugar un papel importante, ya que la abundancia de neutrinos en el universo es tan inmensa. ¡En cada centímetro cuadrado del universo entero hay en promedio 300 neutrinos! Con tantos neutrinos, basta que éstos tengan un poco de masa para comenzar a ser contribuyentes importantes a la masa del universo. El experimento de Super-Kamiokande nos mostró que definitivamente el neutrino tiene masa, pero no nos dijo exactamente el valor de la masa (ya que lo que miden los experimentos de oscilaciones de neutrinos es la *diferencia* de masas, no las masas absolutas). Para medir la masa directamente, se han intentado varios métodos de los cuales el más promisorio de ellos, basado en el decaimiento beta del tritio, da una cota superior de 4,4 eV. Otra cota se deriva de argumentos cosmológicos: si toda la masa oscura del universo se debe al neutrino, éste debería tener una masa de 40 eV.

En realidad, no toda la materia oscura puede ser sólo neutrinos. Estas partículas son relativistas y durante el tiempo del colapso gravitacional de las grandes nubes de materia para formar galaxias, el neutrino tiene suficiente tiempo para escapar y dejar de contribuir gravitacionalmente a la formación de estructuras. Es decir, también se necesita materia oscura "fría" (no relativista). La materia oscura fría es eficiente en la formación de estructuras a escalas pequeñas y medianas (galaxias y cúmu-

QUE EL NEUTRINO ES UN ELEMENTO IMPORTANTE EN EL MICRO Y EL MACRO
COSMOS QUEDA FIRMEMENTE ESTABLECIDO. SIN EMBARGO,
AÚN QUEDAN MUCHOS DETALLES POR RESOLVER.

los pequeños), mientras que la materia oscura "caliente" (los neutrinos) es más eficiente en la formación de supercúmulos y estructuras mayores. Entre la cantidad de materia oscura fría y caliente existe un equilibrio que da la mezcla perfecta para producir la gama de estructuras observadas. Un análisis reciente que tiene en cuenta observaciones de radiación cósmica de fondo, mapeo de galaxias y mediciones de velocidades de recesión, concluye que la materia oscura del universo es del 20% de la densidad crítica, y de esa materia los neutrinos contribuyen con el 38%.⁸ Este resultado es compatible con las mediciones de *Boomerang*, que implican un universo con densidad crítica, ya que también se encuentra una contribución a la densidad del universo debido a la energía del vacío (la constante cosmológica). Este último resultado es sustentado por las mediciones de aceleración de las supernovas distantes tipo Ia en su movimiento de recesión.

Que el neutrino es un elemento importante en el micro y el macro cosmos queda firmemente establecido. Sin embargo, aún quedan muchos detalles por resolver. Si las oscilaciones de neutrinos son las responsables del problema de los neutrinos solares será sometido a prueba directa por el experimento canadiense SNO⁹ (Sudbury), que será capaz de identificar todos los sabores de neutrinos, no solamente el electrón-neutrino, lo cual es la limitante del experimento de Homestake. ¿Cuál es exactamente la masa del neutrino y ¿cuál su contribución a la masa del universo?, serán problemas muy posiblemente resueltos por los experimentos MAP de la NASA y PLANK de la Agencia Espacial Europea. Estos experimentos se basan en plataformas satelitales dotadas de sensores para la medición de las fluctuaciones en la radicación cósmica de fondo a escalas angulares de pocas fracciones de grado. Los datos arrojados por estos complejos instru-

mentos constituyen una "fotografía" del universo temprano que revela con gran detalle los componentes y los procesos que se cocinaban en ese entonces.

[*] Electronvoltio [eV] es una medida de energía y, por tanto, de masa (ya que $E = mc^2$). La masa del electrón es de 0,511 millones de eV, y la del protón es de 938.272 millones de eV.

Referencias

1. En el internet <http://www.ps.uci.edu/physics/news/nuexpt.html>
2. <http://www.bep.anl.gov/ndk/hypertext/nuindustry.html>
3. **Torres S.**: "Exploremos el universo" en el internet <http://home.earthlink.net/~umuri>
4. **Torres S.**: "Investigando el origen del universo con el Explorador del Fondo Cósmico (COBE)", en el internet: <http://home.earthlink.net/~umuri/fcobe.html>
5. **Torres S.**: "La materia oscura del universo", Innovación y Ciencia, Vol. III, N.3, pp.40-46 (1994), y en el internet: <http://home.earthlink.net/~umuri/fdarkm.html>
6. **De Bernardis P. et al.**: "A flat universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation", Nature, Vol. 404, pp. 955-959 (2000).
7. **Torres S.**: "La edad y el futuro del Universo: Modelos cosmológicos confrontan la realidad", Innovación y Ciencia, Vol. VIII, No. 3, pp.32-37 (1999), y en el internet <http://home.earthlink.net/~umuri/flambda.html>
8. **Tegmark M. et al.**: "Latest cosmological constraints on the densities of hot and cold dark matter", en el internet: <http://arXiv.org/abs/hep-ph/0008145>
9. El sitio web de este experimento es <http://www.sno.phy.queensu.ca/> □

Un paso adelante en ciencia y tecnología

La información más importante sobre los últimos avances en ciencia y tecnología realizados en Colombia y en el mundo



...Lea INNOVACIÓN Y CIENCIA

Suscríbese ya por sólo \$ 21.000 al año

Al afiliarse a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia recibirá la revista **TOTALMENTE GRATIS**

¿POR QUÉ ES MI HIJO HIPERACTIVO?

TEORÍAS SOBRE EL TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN CON HIPERACTIVIDAD

Juan Carlos Arango Lasprilla

Doctorado, Universidad
Autónoma de Madrid.

Grupo de Neurociencias
de Antioquia.

Medellín, Colombia.

email: psperv5@sis.ucm.es

El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos de conducta más frecuentes en la población infantil. La mayoría de los investigadores coinciden en que éste se caracteriza por un patrón persistente de falta de atención, hiperactividad e impulsividad, cuyo inicio debe ser antes de los siete años de edad y su frecuencia y severidad es mayor de lo típicamente observado en individuos con un nivel comparable de desarrollo. Estos niños están en mayor riesgo de presentar problemas de conducta, depresión, dificultades de aprendizaje, deserción escolar y otros problemas psicológicos que otros niños de su edad.

¿Cuál es su prevalencia?

Todavía no existe un acuerdo entre los profesionales que trabajan dentro del campo de la psicopatología infantil con respecto a cuál es la prevalencia e incidencia de este trastorno, pues los datos sobre la presencia de éste varían según el investigador o el sitio donde se lleve a cabo el trabajo, los criterios, los diagnósticos empleados o las fuentes de información consultadas (padres, profesores, profesionales de la salud o el propio niño).

Algunos de los estudios que se han realizado en este sentido en varios países del mundo son: el Reino Unido,²² donde encontraron que la incidencia del trastorno es más baja del 5%; la India² donde un estudio detectó que la prevalencia del DDA (Déficit de Atención) aumentaba con la edad: 5,2% entre los 3 y los 4 años, y 29,2% entre los 11 y 12 años. Entre tanto, en los Estados Unidos y Canadá, Carlson *et al.*⁷ y Szatmari *et al.*²¹ afirmaron que el problema ocupaba un 30% de las consultas de salud infantil. En estudios realizados en países como Alemania⁹ y Puerto Rico,⁵ se ha demostrado que este problema es frecuentemente encontrado en el 5% de la población infantil.





Esto significa que uno de cada 20 niños presenta el trastorno, con un predominio de 3 a 1 respecto a las niñas.

Recientemente en Medellín (Colombia), Pineda y colaboradores¹⁹ realizamos una investigación utilizando el sistema multidimensional para la evaluación de la conducta infantil para padres de niños de 6 a 11 años, con una muestra perteneciente a niños de esta ciudad. Los resultados estimaron una prevalencia de DDA del 19,8% en niños de 6 a 11 años y del 9,4% en las niñas.

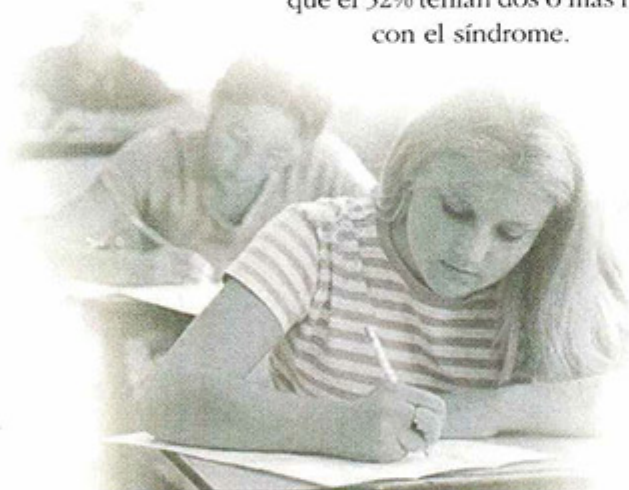
¿Cuál es la causa del TDAH?

Hoy día no se conoce con exactitud la causa del TDAH. Algunos investigadores, con el transcurrir de los años, han pensado que éste puede deberse a factores hereditarios o a la presencia de alteraciones pre, peri y postnatales, al consumo de alimentos aditivos y azúcar refinada, a factores psicosociales y alteraciones neuroanatómicas o neurofisiológicas que pueden estar presentes en estos niños. Pasaremos

a ver la importancia que ha tenido cada uno de estos factores en la explicación del trastorno.

a) *Factores genéticos:*

Muchas han sido las investigaciones que han tratado de establecer un factor genético como responsable de la aparición del trastorno. Biederman *et al.*³ estiman que del 20% al 32% de los padres de niños con TDAH tienen este trastorno. Otros estudios demuestran que los padres y otros familiares biológicamente enlazados con niños con TDAH son significativamente más propensos a tener un historial de juventud o de niñez con TDAH.¹² En otra investigación, Faraone *et al.*¹⁰ encontraron que el 57% de los niños con TDAH tenían padres con el desorden, mientras que existía un 15% de riesgo de TDAH entre los hermanos. Biederman *et al.*⁴ plantearon que el 84% de adultos que tuvieron TDAH durante la niñez tuvieron al menos un hijo con el trastorno, y que el 52% tenían dos o más niños con el síndrome.



Todo lo anterior estaría indicando la presencia de un factor genético como el responsable de muchos de los casos de niños con TDAH que presentan historia familiar del síndrome, ya que las investigaciones demuestran que los hijos de padres con un TDAH tienen hasta un 50% de posibilidades de sufrir el mismo problema y las investigaciones realizadas con gemelos indican que los factores genéticos explican entre un 50 y un 70% de los síntomas del TDAH.¹⁷ Sin

embargo, hasta hoy se sigue investigando con el fin de encontrar un lugar específico dentro del genoma humano que explique la aparición de dicho trastorno.

b) *Factores no genéticos (pre-, peri- y postnatales):*

No todos los casos de TDAH pueden ser explicados por la presencia de algún factor de tipo genético. Muchos investigadores sugieren que la presencia de anomalías durante la gestación y el parto pueden estar directamente correlacionados con la ocurrencia del mismo.

Para algunos expertos, los niños prematuros, con bajo peso al nacer que han sufrido de anoxia (falta de oxígeno en el cerebro) durante el parto o infecciones neonatales, tienen bastantes posibilidades de desarrollar problemas de conducta e hiperactividad.¹⁸ Entre las consecuencias que más comúnmente se encuentran asociadas a problemas durante el desarrollo pre y perinatal están las dificultades del aprendizaje, dispraxias (alteración en el movimiento), disfasias (alteración del lenguaje) y retardo mental, entre otras. Sin embargo, los estudios longitudinales que han valorado el comportamiento de estos niños a través de distintas etapas evolutivas han puesto de manifiesto que las complicaciones pre- y perinatales no afectan por igual a todos los niños prematuros o con bajo peso al nacer, lo cual significaría que dichos problemas no son suficientes para explicar la futura existencia de un TDAH.

c) *Alimentos aditivos y azúcar refinado:*

La relación entre aditivos presentes en las dietas alimenticias de los niños con TDAH fue planteada por el doctor Benjamin Feingold en 1975. Según este pediatra, los niños hiperactivos mejoraban sus comportamientos cuando se les eliminaba de la dieta colorantes artificiales, conservantes y salicilatos naturales. Durante los años setenta, ésta fue una de las teorías que más estuvo en boga como explicación del TDAH. Sin embargo, a causa de su escaso soporte empírico, la hipótesis fue abandonada rápidamente.

HASTA HOY SE SIGUE
 INVESTIGANDO CON EL FIN
 DE ENCONTRAR UN LUGAR
 ESPECÍFICO DENTRO
 DEL GENOMA HUMANO
 QUE EXPLIQUE LA APARICIÓN
 DE DICHO TRASTORNO.

d) Factores psicosociales:

Los factores psicosociales y medioambientales han sido investigados como una de las causas probables que influyen en la aparición del TDAH. Sin embargo, se ha encontrado que existe poca evidencia para considerar los factores psicosociales como causantes del TDAH. Sí en cambio pueden ser responsables del pronóstico que seguro tendrá el mismo, ya que muchos problemas severos de conducta y autoestima se relacionan con tales factores.⁶

Se calcula que alrededor del cuarenta por ciento de estos niños logran superar este problema al llegar a la vida adulta, dejan atrás sus

problemas de comportamiento y no presentan posteriormente trastornos evidentes.

En un seguimiento longitudinal, Holguín, Mejía, Agudelo y Echavarría¹¹ estudiaron a 65 niños con el TDAH (52H - 13M) y 55 controles en un período de 25 años, y encontraron que en la adolescencia un 30% aún presentaban hiperactividad, un 45% tenían atención deficiente, el 70% presentaban bajo rendimiento escolar, el 70% tenían problemas de disciplina, el 60% pobre autoestima, el 40% usaban y abusaban del alcohol, el 15% consumían drogas no prescritas, el 30% tenían conducta antisocial, el 35% tenían problemas con su presentación personal, comportamiento sexual y accidentalidad notoria; y el 15% habían sido arrestados por la policía.

Todo lo anterior está mostrando la morbilidad que puede presentar el TDAH con trastornos emocionales y de conducta. En conclusión: la presencia de factores psicosociales adversos puede influir en el buen pronóstico del trastorno, mas los factores psicosociales por sí solos no son suficientes para explicar la aparición del mismo.

¿Qué factores pueden incidir en el pronóstico?

Según todos los indicios, la evolución de la hiperactividad no se caracteriza por seguir una línea uniforme ni específica. Aunque un mal

pronóstico puede implicar impulsividad, fracaso escolar, consumo de drogas, comportamientos antisociales e incluso delincuencia, parece claro que la evolución negativa del trastorno no se relaciona tanto con la presencia de hiperactividad en los primeros años como con factores personales, familiares y sociales.

Algunos de los aspectos que pueden ser determinantes para el adecuado curso del trastorno o para el mal pronóstico del mismo, entre otros, son: el nivel socioeconómico e intelectual del niño, su grado de agresividad, la aceptación o rechazo que pueda tener en su entorno más inmediato (amigos, colegio y familia) y la evaluación y tratamiento precoces.

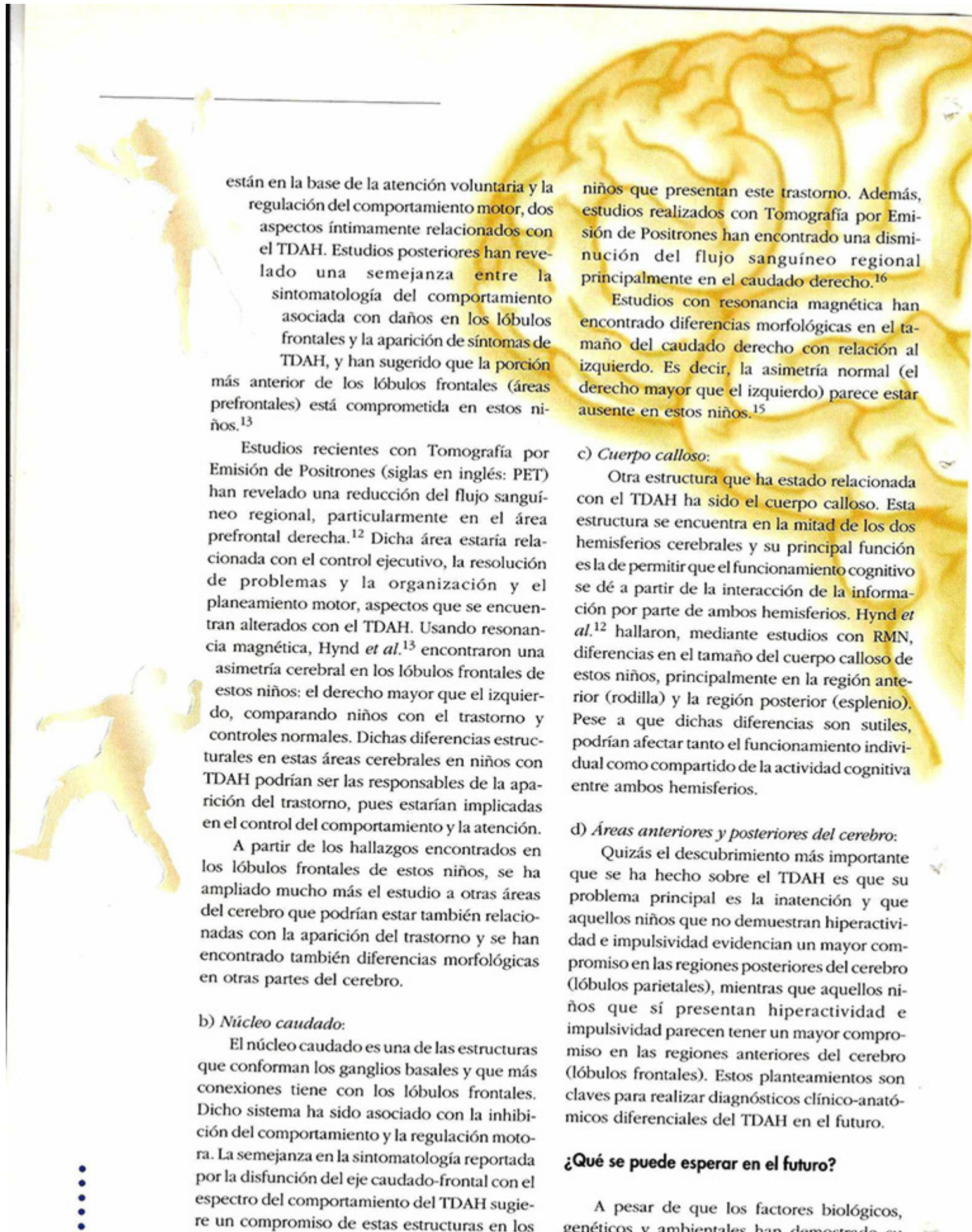
Evidencias neuroanatómicas

Desde hace algunos años, el TDAH se ha venido asociando con una serie de anomalías en algunas estructuras de la corteza cerebral, entre las que se destacan principalmente las partes anteriores del cerebro (lóbulos frontales). Sin embargo, los exámenes neurológicos de rutina con niños que presentan TDAH son generalmente normales y la evaluación clínica con neuroimágenes, Tomografía Axial Computarizada (TAC), Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y estudios de electroencefalograma (EEG) no revelan lesiones específicas o anomalías en el cerebro de estos niños.¹² No obstante, la utilización de técnicas cada vez más sofisticadas ha permitido encontrar diferencias entre el cerebro de estos niños y el de aquellos que no presentan dicho trastorno.

Algunas de las principales diferencias que se han descrito en la literatura involucran a algunas áreas del cerebro que están relacionadas con el control de la atención y la inhibición del comportamiento motor, las cuales podrían ser las responsables de la aparición del trastorno.

a) Lóbulos frontales:

Los lóbulos frontales (estructuras anteriores del cerebro) han empezado a tener un papel muy importante dentro del TDAH, pues diferentes estudios han encontrado que participan en los procesos de activación e inhibición que



están en la base de la atención voluntaria y la regulación del comportamiento motor, dos aspectos íntimamente relacionados con el TDAH. Estudios posteriores han revelado una semejanza entre la sintomatología del comportamiento asociada con daños en los lóbulos frontales y la aparición de síntomas de TDAH, y han sugerido que la porción más anterior de los lóbulos frontales (áreas prefrontales) está comprometida en estos niños.¹³

Estudios recientes con Tomografía por Emisión de Positrones (siglas en inglés: PET) han revelado una reducción del flujo sanguíneo regional, particularmente en el área prefrontal derecha.¹² Dicha área estaría relacionada con el control ejecutivo, la resolución de problemas y la organización y el planeamiento motor, aspectos que se encuentran alterados con el TDAH. Usando resonancia magnética, Hynd *et al.*¹³ encontraron una asimetría cerebral en los lóbulos frontales de estos niños: el derecho mayor que el izquierdo, comparando niños con el trastorno y controles normales. Dichas diferencias estructurales en estas áreas cerebrales en niños con TDAH podrían ser las responsables de la aparición del trastorno, pues estarían implicadas en el control del comportamiento y la atención.

A partir de los hallazgos encontrados en los lóbulos frontales de estos niños, se ha ampliado mucho más el estudio a otras áreas del cerebro que podrían estar también relacionadas con la aparición del trastorno y se han encontrado también diferencias morfológicas en otras partes del cerebro.

b) Núcleo caudado:

El núcleo caudado es una de las estructuras que conforman los ganglios basales y que más conexiones tiene con los lóbulos frontales. Dicho sistema ha sido asociado con la inhibición del comportamiento y la regulación motora. La semejanza en la sintomatología reportada por la disfunción del eje caudado-frontal con el espectro del comportamiento del TDAH sugiere un compromiso de estas estructuras en los

niños que presentan este trastorno. Además, estudios realizados con Tomografía por Emisión de Positrones han encontrado una disminución del flujo sanguíneo regional principalmente en el caudado derecho.¹⁶

Estudios con resonancia magnética han encontrado diferencias morfológicas en el tamaño del caudado derecho con relación al izquierdo. Es decir, la asimetría normal (el derecho mayor que el izquierdo) parece estar ausente en estos niños.¹⁵

c) Cuerpo calloso:

Otra estructura que ha estado relacionada con el TDAH ha sido el cuerpo calloso. Esta estructura se encuentra en la mitad de los dos hemisferios cerebrales y su principal función es la de permitir que el funcionamiento cognitivo se dé a partir de la interacción de la información por parte de ambos hemisferios. Hynd *et al.*¹² hallaron, mediante estudios con RMN, diferencias en el tamaño del cuerpo calloso de estos niños, principalmente en la región anterior (rodilla) y la región posterior (esplenio). Pese a que dichas diferencias son sutiles, podrían afectar tanto el funcionamiento individual como compartido de la actividad cognitiva entre ambos hemisferios.

d) Áreas anteriores y posteriores del cerebro:

Quizás el descubrimiento más importante que se ha hecho sobre el TDAH es que su problema principal es la inatención y que aquellos niños que no demuestran hiperactividad e impulsividad evidencian un mayor compromiso en las regiones posteriores del cerebro (lóbulos parietales), mientras que aquellos niños que sí presentan hiperactividad e impulsividad parecen tener un mayor compromiso en las regiones anteriores del cerebro (lóbulos frontales). Estos planteamientos son claves para realizar diagnósticos clínico-anatómicos diferenciales del TDAH en el futuro.

¿Qué se puede esperar en el futuro?

A pesar de que los factores biológicos, genéticos y ambientales han demostrado su

influencia, no existen pruebas definitivas que confirmen que alguno de estos elementos por separado sea el responsable último de este trastorno. De ahí que la hipótesis comúnmente admitida sea la que sugiere una etiología multifactorial; es decir, al no identificarse un factor causal único, se admite que existen múltiples factores que interactúan conjuntamente a distintos niveles y con diferente inten-

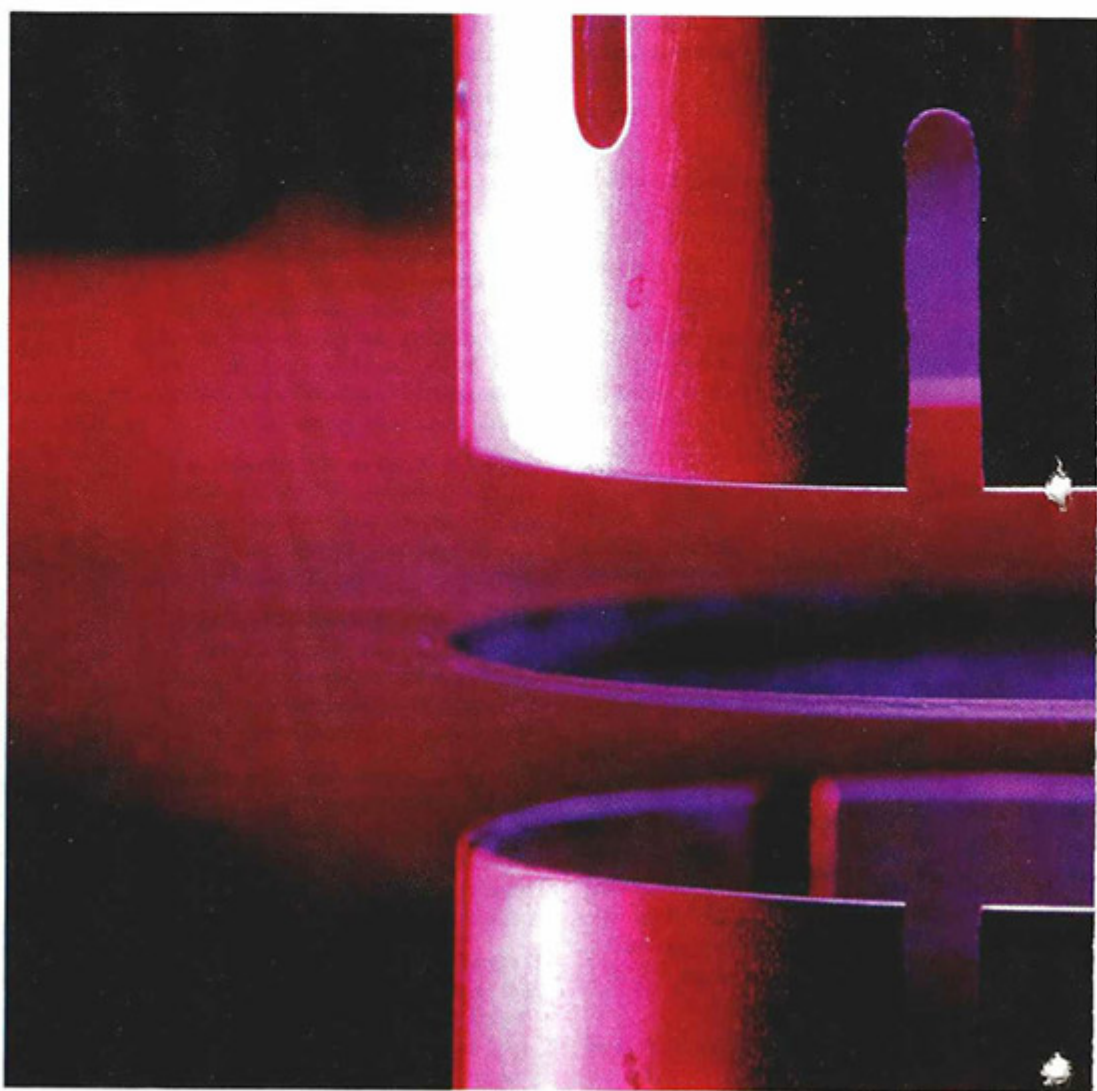
sidad. Sin embargo, cada vez más, los avances en el estudio del genoma humano y la implantación de técnicas de neuroimágenes cada vez más sofisticadas nos llevan a pensar que en un futuro la(s) causa(s) de la aparición de este trastorno se aclararán y con ello se podrá mejorar mucho más el tratamiento de este problema y, por ende, la calidad de vida de estos niños y de sus familias.

Referencias

- American Psychiatric Association:** *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-IV)*. APA: Washington D.C. 1994.
- Bhatia, M.S., Nigam, V.R., Bobra, N. y Malik, S.C.:** Attention deficit disorder with hyperactivity among paediatric outpatients. *J. Child Psychol. Psychiatry* 32: 297-306. 1991.
- Biederman, J., Faraone, S., et al.:** Family-genetic and psychosocial risk factors In DSM III attention deficit disorder. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 29: 526-533. 1990.
- Biederman, J., Faraone, S., et al.:** High risk for attention deficit hyperactivity disorder among children of parents with childhood onset of the disorder. A pilot study. *Am. J. Psychiatry* 152: 3. 1995.
- Bird, H.R., Cannino, G., et al.:** Estimates of the prevalence of childhood maladjustment in a community survey in Puerto Rico. *Arch. Gen. Psychiatry* 45: 1120-1126. 1988.
- Bond, C. y McMabon, R.:** Relationships between maternal distress and child behavior problems / maternal personal adjustment / maternal personality and maternal parenting behavior. *Journal of Abnormal Psychology* 93: 348-351. 1984.
- Carlson, C., Labey, B., et al.:** Sociometric status of clinic-referred children with attention deficit disorders with and without hyperactivity. *Journal of Abnormal Child Psychology* 15: 537-547. 1987.
- Cbelune, G. Ferguson, W. et al.:** Frontal lobe disinhibition in attention disorder. *Child Psychiatry and Human Development* 16: 221-234. 1986.
- Esser, G., Schmind, M.H. et al.:** Epidemiology and course of psychiatric disorders in school-age. *Psychol. psychiatry* 31: 243- 263. 1990.
- Faraone, S., Biederman, J. et al.:** Segregation analysis of attention deficit hyperactivity disorder. Evidence for single gene transmission. *Psychiatr. Genetics* 2: 257-275. 1992.
- Holguín, A.J. Mejía, M.D., Agudelo, B. y Ecbavarría, C.:** Evolucion del trastorno de la atención deficitaria con hiperquinesia, un seguimiento de 25 años. II Congreso de la Academia Iberoamericana de Neurología Pediátrica, San José de Costa Rica. agosto, 1993.
- Hynd, G.W., Hern, K.L., Voeller, K.K. et al.:** Neurobiological basis of Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *School Psychology Review* 20: 174-186. 1991.
- Hynd, G.W., Semrud-Clikeman, M., et al.:** Brain morphology in developmental dyslexia and attention deficit disorder hyperactivity. *Archives of Neurology* 47: 916-919. 1990.
- Hynd, G.W., Semrud-Clikeman, M., Lorys, A.R. et al.:** Corpus callosum morphology in attention-deficit hyperactivity disorder: Morphometric analysis of MRI. *Journal of Learning Disabilities* 24: 141-155. 1991.
- Hynd, G.W., Semrud-Clikeman, M., Lorys, A.R., Novey, E.S. et al.:** Attention Deficit Hiperactivity Disorder (ADHD) and asymetry of the caudate nucleus. *Journal of Child Neurology*. 1993.
- Lou, H.C., Henninsen, L., Bruhn, P., Borner, H. et al.:** Striatal dysfunction in attention deficit and hyperkinetic disorder. *Archives of Neurology* 41: 825-829. 1989.
- Miranda, A., Jarque, S. y Soriano, M.:** "Trastorno de hiperactividad con déficit de atención: Polémicas actuales acerca de su definición, epidemiología, bases etiológicas y aproximaciones a la intervención". *Revista de Neurología* 28 (Supl 2): S182-S188. 1999.
- Moreno, G.I.:** Hiperactividad, prevención, evaluación y tratamiento en la infancia. Ediciones Pirámide: Madrid. 1995.
- Pineda D.A., Kamphaus R., Mora O., Restrepo M.A., Puerta I.C., Palacio L.G., Jiménez, I., Mejía S., García M., Arango J.C. et al.:** "Sistema de evaluación multidimensional de la conducta. Escala para niños de 6 a 11 años, versión colombiana". *Revista de Neurología* 28 (7): 672-681. 1999.
- Semrud-Clikeman, M., y Hynd, G.W.:** Right hemisphere dysfunction in nonverbal learning disabilities: social academic, and adaptive functioning in adults and children. *Psychological Bulletin* 107: 196-290. 1990.
- Szatmari, P., Offord, D.R. et al.:** Ontario Child Health Study: Prevalence of attention deficit disorders with hyperactivity. *J. Child Psychol. Psychiatry* 30: 219-230. 1989.
- Rutter, M.:** Brain damage syndromes in childhood: Concepts and findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 18: 1-21. 1977. ○

El fantasma

DEL ELECTRÓN EN SEMICONDUCTORES



Ferney J. Rodríguez D.

Profesor Asociado,
Dpto. de Física, Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia.
email: frodrigu@uniandes.edu.co

Luis Quiroga P.

Profesor Titular
Dpto. de Física, Universidad de los Andes
Bogotá, Colombia.
email: lquiroga@uniandes.edu.co

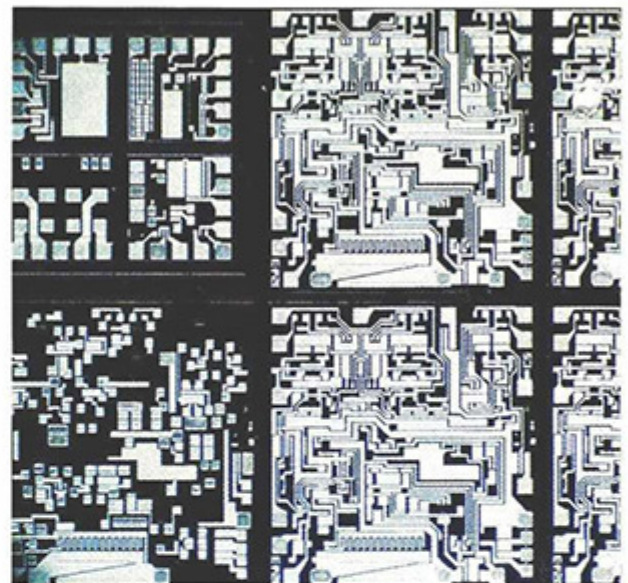
**“ ES IRÓNICO QUE,
EN EL AÑO EN EL CUAL
CELEBRAMOS EL
CENTENARIO DEL
DESCUBRIMIENTO
DEL ELECTRÓN,
LOS DESARROLLOS
MÁS EXCITANTES EN LA
TEORÍA DE ELECTRONES
EN SÓLIDOS TENGAN
QUE VER CON LA
FRACCIONALIZACIÓN
DEL ELECTRÓN... ”**

**P.W.ANDERSON, PHYSICS TODAY,
PAG. 42. (OCTUBRE, 1997).**

Más de 120 años después que Edwin H. Hall descubriera el efecto que hoy lleva su nombre, este fenómeno no ha dejado de sorprender. Con el desarrollo de sofisticadas técnicas de crecimiento cristalino y de medición de corrientes ultradébiles, los físicos han podido observar que el comportamiento colectivo de los electrones en semiconductores bidimensionales, en altos campos magnéticos y a muy bajas temperaturas, está asociado a excitaciones elementales con carga eléctrica fraccionaria. Este ha sido denominado Efecto Hall Cuántico (EHC) Fraccionario. La importancia de este descubrimiento radica en la manifestación de líquidos electrónicos exóticos. Si bien en la teoría de partículas elementales el electrón es una de las partículas fundamentales e indivisible, en nanoestructuras semiconductoras¹ los electrones presentan comportamientos que *aparentan* una posible ruptura. El Efecto Hall Cuántico fraccionario puede ser explicado en términos de unas nuevas cuasipartículas, cuya característica fundamental es poseer una fracción de la carga del electrón. La demostración e interpretación de este fenómeno les significó el Premio Nobel de Física de 1998 a los físicos norteamericanos Robert B. Laughlin, Daniel C. Tsui y al físico alemán Horst L. Stormer.

Hall demostró en 1879 que en un metal por el que circulaba una corriente eléctrica, sometido a un campo magnético débil perpendicular a la corriente, se generaba un voltaje en la tercera dimensión perpendicular a la vez a la corriente y al campo. En el momento del descubrimiento de Hall, el origen del efecto no se comprendía claramente. Incluso el electrón tuvo que esperar más de 10 años antes de hacer su aparición. Un claro entendimiento de este efecto sólo se produjo con el desarrollo de la mecánica cuántica y su aplicación a los sólidos, casi cincuenta años después. El voltaje transversal generado (voltaje Hall, V_H), es el resultado de la fuerza que un campo magnético ejerce sobre toda carga en movimiento, perpendicularmente a su velocidad (Fuerza de Lorentz). La resistencia de Hall (R_H), definida como el cociente entre el voltaje Hall y la

corriente, es directamente proporcional al campo magnético aplicado e inversamente proporcional a la densidad de electrones. Es así como en los laboratorios, este efecto se ha venido utilizando sistemáticamente para caracterizar semiconductores y metales. En 1979, en una conferencia que celebraba su centenario, el efecto Hall parecía bien comprendido. Por esta razón, es fácilmente entendible la enorme



sorpresa experimentada por la comunidad de físicos cuando en 1980 se reportó la presencia de efectos cuánticos extraordinarios en el efecto Hall.

Esta sorpresa fue el resultado de un proceso iniciado con el desarrollo de avanzadas tecnologías que permitieron fabricar nuevas estructuras uniendo diferentes materiales, como los dispositivos tipo transistor, comúnmente denominados MOSFET (transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor). En ellos es posible obligar a los electrones a moverse sólo en una delgada capa paralela a la unión (interface) entre el óxido y el semiconductor. J.R. Schrieffer en 1957 había predicho que deberían aparecer efectos muy interesantes y novedosos en gases electrónicos, donde el movimiento de los portadores de carga perpendicular a la interface estaría «congelado» a niveles discretos de energía y, por tanto, toda la dinámica electrónica sería bi-dimensional,



una muy buena aproximación a la realidad. En efecto, en la mayoría de los sistemas electrónicos bi-dimensionales basados en semiconductores, el ancho real de la capa de semiconductor que contiene el gas de electrones es de cerca de 100 \AA (1 \AA es el diámetro típico de un átomo), lo que sugiere que «bi-dimensional» realmente quiere decir «tridimensional, pero muy delgado»². Esto último fue confirmado de forma experimental por A. Fowler en 1966 al demostrar que un gas electrónico bi-dimensional podía ser creado dentro de un MOSFET de silicio. Además de demostrar su importancia en aplicaciones reales, los MOSFET, resultaron igualmente fascinantes desde el punto de vista de la física pura, al proveer a los científicos con un laboratorio ideal donde se revelarían fenómenos físicos totalmente novedosos e inesperados. Se abría así un amplio espacio para el estudio de sistemas electrónicos de baja dimensionalidad en semiconductores.

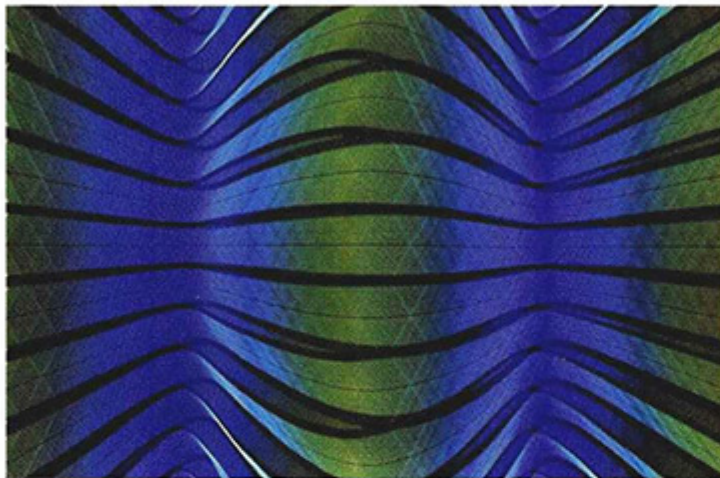
En el camino hacia el descubrimiento del Efecto Hall Cuántico, además de las nanoestructuras bi-dimensionales ya descritas, se aprovechó el desarrollo de nuevas tecnologías para conseguir muy altos campos magnéticos. Las primeras bases para todo este desarrollo fueron colocadas por L. Landau, quien en 1930 demostró que electrones en un campo magnético presentaban una cuantización total de la energía, en lo que respecta al movimiento transversal. Estos niveles cuantizados de energía han sido denominados desde entonces niveles de Landau. Este comportamiento puede haber sido el único relacionado con el Efecto Hall Cuántico predicho por la teoría, en adelante al descubrimiento experimental. En 1975, el científico japonés T. Ando predijo que la resistencia de Hall en tales sistemas bi-dimensionales en altos campos magnéticos tendría valores cuantizados independientes del material. El valor preciso de la cuantización de la resistencia de Hall y su espectacular independencia del tipo concreto de material fue demostrada experimentalmente en febrero de 1980 por Klaus von Klitzing, lo que le significó en 1985 el Premio Nobel de Física. Sus resultados experimentales demos-

traban la presencia de escalones (*plateaus*) de la resistencia de Hall para determinados valores del campo magnético aplicado. Esta resistencia estaba cuantizada, con una precisión de 10 partes en un millón, de acuerdo a la fórmula simple $R_H = h/pe^2$, donde las constantes fundamentales h y e representan la constante de Planck y la carga del electrón, respectivamente, y donde p es un número entero asociado con el número de niveles de Landau por debajo del nivel de Fermi (máximo nivel de energía ocupado por un electrón). Como es evidente de la relación anterior, la resistencia Hall está expresada en términos de constantes fundamentales sin referencia alguna a parámetros del material. Se descubrió así el *Efecto Hall Cuántico Entero* que demostró una total indiferencia al tipo de semiconductor en el cual se confinan los electrones. Muy pronto la precisión en el valor cuántico de R_H se mejoró en varios órdenes de magnitud, haciéndolo competitivo con otras mediciones de relaciones de h y e como por ejemplo, la constante fundamental de la electrodinámica cuántica o constante de estructura fina (e^2/hc). En unidades MKS (metro, kilogramo, segundo) el denominado quantum de resistencia eléctrica, h/e^2 , es aproximadamente 25813 ohms.

En cuanto a la explicación teórica del *Efecto Hall Cuántico Entero*, ella es principalmente obra del físico norteamericano R. B. Laughlin, actualmente en la Universidad de Stanford, quien partió de la convicción de que un fenómeno de tal precisión y generalidad no debe depender de modelos específicos y aproximaciones. Una regularidad tan extraordinariamente perfecta y simple, independiente de los detalles del material semiconductor empleado, es sin duda la clave de algo profundo en la naturaleza. Desde 1981, él propuso una interpretación de los primeros resultados experimentales construida sobre un argumento fundamental de invariancia de las ecuaciones del electromagnetismo.

Pero más sorpresas estarían aún por aparecer. Con el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación (crecimiento epitaxial) fue posible diseñar estructuras cristalinas artificiales depo-

sitando capas atómicas una por una.¹ Controlando cuidadosamente la clase de átomos que se deposita, toda una nueva variedad de estructuras cristalinas artificiales puede ser desarrollada y diseñada a voluntad, y no sólo ser tomadas tal como nos las brinda la naturaleza. Estos cristales artificiales son denominados heteroestructuras, y son la materia prima para los nanocircuitos cuánticos. En heteroestructuras ultrapuras de GaAs-AlGaAs (arsenuro de galio-arsenuro de galio y aluminio), se descubrió en



1982 una nueva clase de cuantización, fundamentalmente diferente, cuando D.C. Tsui, H.L. Stormer y A.C. Gossard de los Laboratorios Bell, extendieron las medidas a campos magnéticos más elevados y más bajas temperaturas (-272,5 grados centígrados). Ellos encontraron que la resistencia de Hall podía igualmente estar cuantizada en términos de h/pe^2 , pero ahora con p igual a un número fraccionario y en particular midieron la que hoy día se conoce como la fracción más estable con $p=1/3$. Se descubría así el *Efecto Hall Cuántico Fraccionario*, que se presenta en heteroestructuras bi-dimensionales con muy poco desorden, donde la correlación por repulsión de coulomb entre electrones domina al desorden y los efectos de localización juegan un papel secundario.

Se creyó inicialmente que el *Efecto Hall Cuántico Fraccionario* no era más que una extensión simple del descubrimiento original del *Efecto Hall Cuántico Entero*, hasta que

Laughlin demostró que estaba basado en fundamentos físicos completamente diferentes, que suponían la existencia de un nuevo estado de la materia, una especie de fluido cuántico incompresible, similar al estado colectivo que se presenta en la superfluidez.

En la naturaleza existen ciertos átomos que contienen un número especial de electrones que los llevan a ser entidades altamente estables. En un gas bi-dimensional de electrones, algo similar ocurre: para ciertas densidades y en presencia de un alto campo magnético, el sistema de electrones encuentra estados muy estables. Más exactamente, la fracción entre el número de electrones y el número de estados accesibles a un electrón (este último depende del flujo de campo magnético aplicado) es un factor importante: éste es el denominado factor de llenado y coincide además con el número fraccionario p que aparece en la expresión de R_H . Para ciertos factores de llenado especiales ($p=1/3, 2/3, 3/5, 3/7 \dots$) el gas de electrones se comporta como un líquido altamente correlacionado. En estos casos, el estado fundamental se encuentra separado de los estados excitados por un salto de energía. Se demostraba de esta forma que para un gas bi-dimensional de electrones en un alto campo magnético, un microcosmos fascinante aparece. Se crea así un líquido cuántico electrónico, diferente de cualquier otro fluido existente. A muy bajas temperaturas este líquido fluye sin disipación y rodea los obstáculos que encuentra en el plano. Un ligero aumento de la temperatura crea partículas extrañas en el líquido que pueden tener una fracción precisa de la carga de un electrón. Estas cuasipartículas a su vez pueden condensarse en otros líquidos cuánticos.³ Muy recientemente el *spin* del electrón ha venido a enriquecer las sorpresas que encierra este nuevo estado de la materia. En el futuro se espera que estos extraños líquidos puedan de alguna manera congelarse en una especie de sólido de electrones con nuevas propiedades aún no imaginadas.

A diferencia del *Efecto Hall Cuántico Entero*, que se puede entender en términos de electrones individuales, el *Efecto Hall Cuántico*

Fraccionario es un efecto que surge del comportamiento colectivo de los electrones. En esta escala de interacciones, el mundo microscópico, las leyes de la física clásica no funcionan y por tanto se hace necesario aplicar las leyes probabilísticas de la mecánica cuántica. Según esta teoría es necesario entender tres puntos fundamentales para comprender el *Efecto Hall Cuántico Fraccionario*: (i) El flujo de un campo magnético no es ya una variable continua sino que, por el contrario, sólo se presenta en múltiplos enteros de quanta de flujos. (ii) El factor de llenado. (iii) La relación entre el factor de llenado y la resistencia de Hall medida en unidades universales de h/e^2 (por ejemplo, si el factor de llenado es $1/3$, la resistencia de Hall es $3h/e^2$).

Laughlin explicó teóricamente estos resultados experimentales en términos de ciertas funciones matemáticas que describen el comportamiento colectivo de los electrones. Demostró que en un fuerte campo magnético, los electrones se mueven en equipo con ciertos remolinos (vórtices) que se presentan entre ellos. Si el campo magnético fuera pequeño, los electrones tendrían trayectorias curvas muy

electrón y tres remolinos. Pero si un remolino extra se acerca a esta unión estable, los electrones se sienten atraídos y una excitación de $1/3$ de la carga puede escapar. Estas excitaciones elementales son denominadas cuasipartículas. Con este modelo teórico, Laughlin interpretó los principales resultados experimentales obtenidos por Stormer, Tsui y Gossard en 1982.

A pesar del éxito de la teoría para explicar los principales aspectos del *Efecto Hall Cuántico Fraccionario*, el acuerdo entre la teoría de Laughlin y los experimentos no estaba exento de críticas que cuestionaban la real fraccionalización de las cuasipartículas. La resistencia de Hall medida es un resultado macroscópico que proviene del promedio colectivo del mundo microscópico. Stormer sugirió usar una técnica más microscópica y precisa denominada efecto perdigón (*shot-noise*). Con esta técnica se puede medir exactamente la cantidad de carga eléctrica que pasa a través de una constricción especialmente diseñada en el interior del gas bi-dimensional. En 1997, dos grupos, uno francés y el otro israelita, pudieron medir este efecto. Para ilustrar la importancia de este experimento, imagínese una gota muy pequeña de agua que cae sobre una pieza de hojalata. Si no hay mucho ruido en el ambiente (ruido de fondo), este sonido será apenas perceptible al oído humano. Si esta gota se divide en tres partes iguales y una de ellas cae sobre el metal, sólo se oirá un tercio del sonido

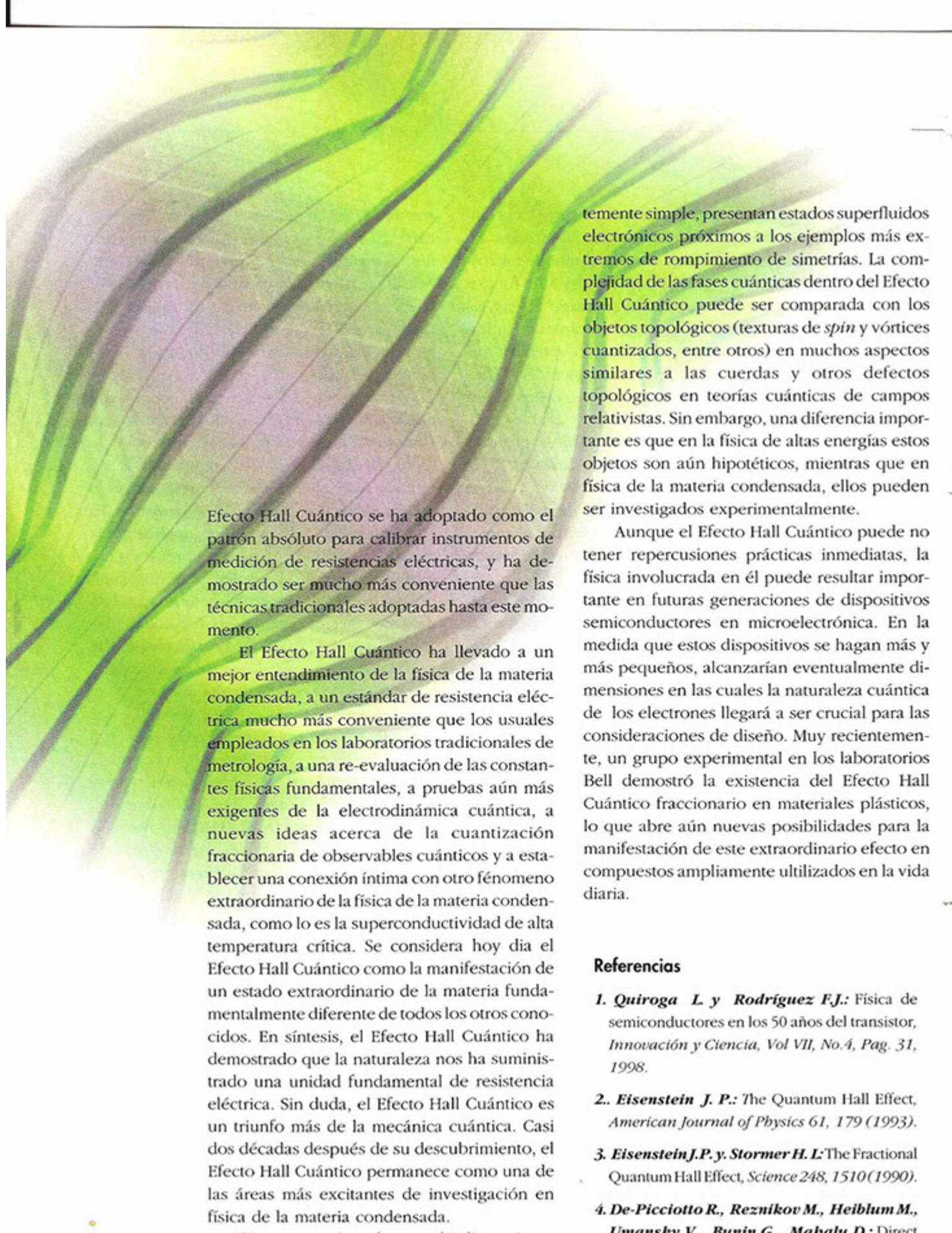
original. El máximo logro de la técnica del efecto perdigón había sido "oir", un sólo electrón. Como resultado de un experimento de muy alta sensibilidad, el equipo israelita reportó recientemente medidas que indicaban $1/3$ del «sonido» original de un electrón, y confirmó así la existencia real de estas cuasipartículas.⁴ Este resultado experimental eliminó definitivamente las dudas sobre la validez de la explicación teórica de Laughlin.

Hasta ahora no se ha registrado desviación alguna entre las resistencias de Hall medidas y los valores cuantizados teóricos. El acuerdo es excelente hasta una parte en diez millones (siete cifras decimales). Dada esta exactitud el

SIN DUDA, EL EFECTO HALL CUÁNTICO ES UN

TRIUNFO MÁS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA.

amplias. En campos magnéticos muy altos, los electrones girarán tan rápido que arrastrarán consigo estos remolinos. A cada remolino de Laughlin le corresponde un quantum de flujo. Por tanto, cuando el factor de llenado es 1, es decir un electrón por quantum de flujo, se tiene el *Efecto Hall Cuántico Entero*. Pero si se incrementa aún más el campo magnético aplicado, el electrón se verá acompañado por 3, 5, ... remolinos. Siguiendo la analogía con el *Efecto Hall Cuántico Entero*, cada electrón ahora "dividirá" su carga eléctrica para que cada una de sus partes acompañe exactamente un remolino. Por ejemplo, para el llenado $1/3$, éste sería un matrimonio estable entre un



Efecto Hall Cuántico se ha adoptado como el patrón absoluto para calibrar instrumentos de medición de resistencias eléctricas, y ha demostrado ser mucho más conveniente que las técnicas tradicionales adoptadas hasta este momento.

El Efecto Hall Cuántico ha llevado a un mejor entendimiento de la física de la materia condensada, a un estándar de resistencia eléctrica mucho más conveniente que los usuales empleados en los laboratorios tradicionales de metrología, a una re-evaluación de las constantes físicas fundamentales, a pruebas aún más exigentes de la electrodinámica cuántica, a nuevas ideas acerca de la cuantización fraccionaria de observables cuánticos y a establecer una conexión íntima con otro fenómeno extraordinario de la física de la materia condensada, como lo es la superconductividad de alta temperatura crítica. Se considera hoy día el Efecto Hall Cuántico como la manifestación de un estado extraordinario de la materia fundamentalmente diferente de todos los otros conocidos. En síntesis, el Efecto Hall Cuántico ha demostrado que la naturaleza nos ha suministrado una unidad fundamental de resistencia eléctrica. Sin duda, el Efecto Hall Cuántico es un triunfo más de la mecánica cuántica. Casi dos décadas después de su descubrimiento, el Efecto Hall Cuántico permanece como una de las áreas más excitantes de investigación en física de la materia condensada.

Sistemas semiconductores bi-dimensionales, en altos campos magnéticos y a muy bajas temperaturas, a pesar de su estructura aparen-

temente simple, presentan estados superfluidos electrónicos próximos a los ejemplos más extremos de rompimiento de simetrías. La complejidad de las fases cuánticas dentro del Efecto Hall Cuántico puede ser comparada con los objetos topológicos (texturas de *spin* y vórtices cuantizados, entre otros) en muchos aspectos similares a las cuerdas y otros defectos topológicos en teorías cuánticas de campos relativistas. Sin embargo, una diferencia importante es que en la física de altas energías estos objetos son aún hipotéticos, mientras que en física de la materia condensada, ellos pueden ser investigados experimentalmente.

Aunque el Efecto Hall Cuántico puede no tener repercusiones prácticas inmediatas, la física involucrada en él puede resultar importante en futuras generaciones de dispositivos semiconductores en microelectrónica. En la medida que estos dispositivos se hagan más y más pequeños, alcanzarían eventualmente dimensiones en las cuales la naturaleza cuántica de los electrones llegará a ser crucial para las consideraciones de diseño. Muy recientemente, un grupo experimental en los laboratorios Bell demostró la existencia del Efecto Hall Cuántico fraccionario en materiales plásticos, lo que abre aún nuevas posibilidades para la manifestación de este extraordinario efecto en compuestos ampliamente utilizados en la vida diaria.

Referencias

1. **Quiroga L y Rodríguez F.J.:** Física de semiconductores en los 50 años del transistor, *Innovación y Ciencia*, Vol VII, No.4, Pag. 31, 1998.
2. **Eisenstein J. P.:** The Quantum Hall Effect, *American Journal of Physics* 61, 179 (1993).
3. **Eisenstein J.P. y Stormer H. L.:** The Fractional Quantum Hall Effect, *Science* 248, 1510 (1990).
4. **De-Picciotto R., Reznikov M., Heiblum M., Umansky V., Bunin G., Mahalu D.:** Direct observation of a fractional charge, *Nature* 389, 162 (1997). ■

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología y política científica.

■ LENGUAJE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla en paréntesis o entre comas; ejemplo: "...en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)...".
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión ARDS (del inglés: Adult Respiratory Distress Syndrome)".

No deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas sólo si son estrictamente necesarias.

■ EXTENSION

Máximo 10 páginas, tamaño carta (21.5 x 27.5 cm), a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

■ FORMATO

Texto impreso y copia en disquete, indicando el software empleado.

■ MATERIAL GRAFICO

Es importante anexar el mayor número posible de ilustraciones, fotografías y diapositivas, acompañadas de notas explicativas y sugerencias para su ubicación en el texto.

El material será devuelto al autor una vez publicada la revista (favor marcarlo en la parte posterior).

■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

1. Artículo de revista científica:

Lee, M.R.: Ho D.D.; Gurney, M.E. Functional interaction and partial homology between human immunodeficiency virus and neuroleukin. *Science* 237:1047 - 1051: 1987.

2. Artículo de libro:

Day, R.A. *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud: 1990.

■ RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en el índice de la revista.

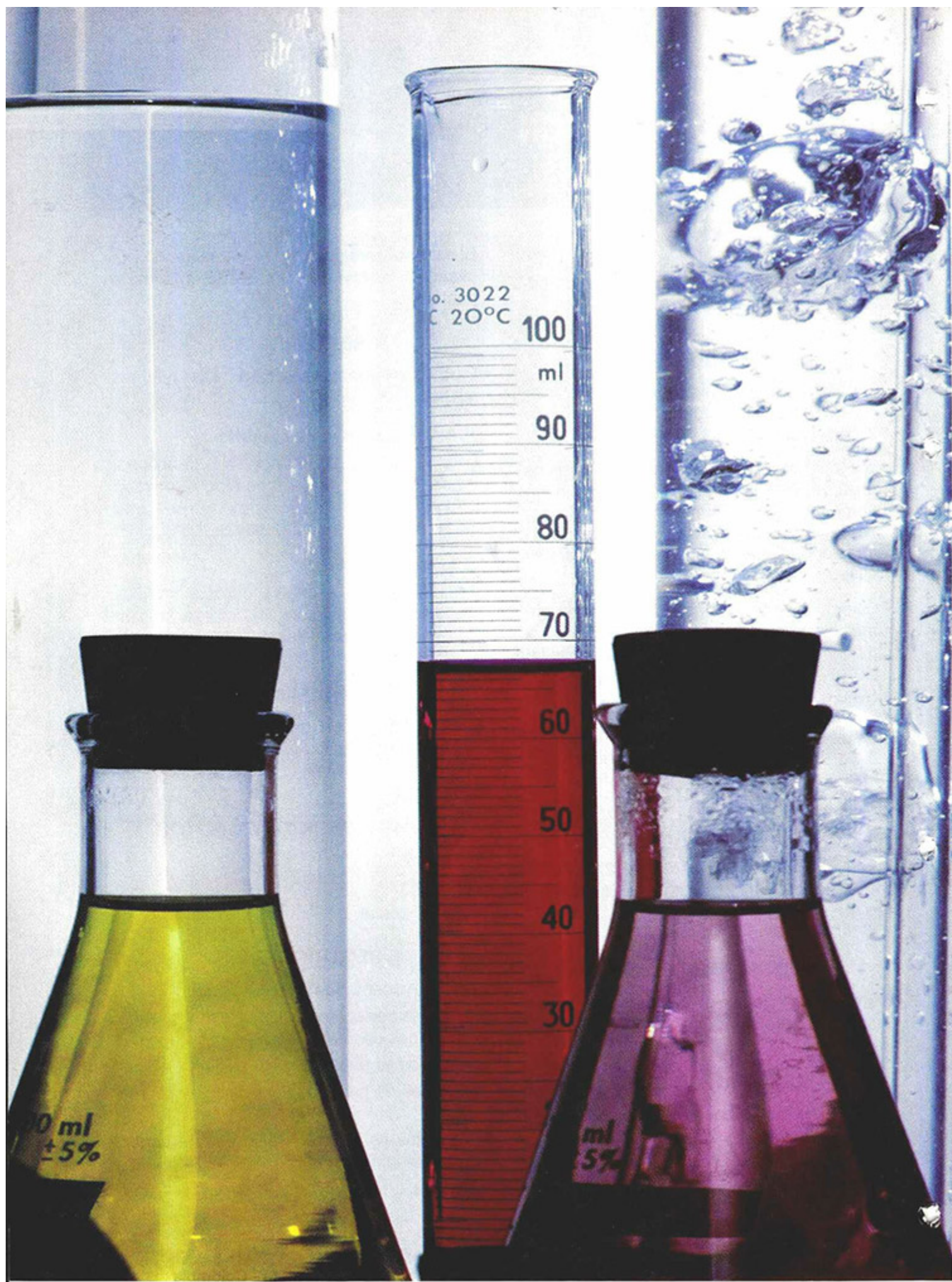
■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

■ RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

- Artículos con un enfoque muy especializado y/o temas de interés exclusivamente local
- Artículos ya publicados
- Informes de progreso de investigaciones en curso
- Artículos escritos con el esquema usado para trabajos científicos
- Material gráfico tomado de libros o revistas.



o. 3022
C 20°C

100

ml

90

80

70

60

50

40

30

0 ml
±5%

ml
5%

LOS ESTUDIOS DE

ciencia, tecnología

José Antonio López CerezoProfesor Titular Lógica y Filosofía de la Ciencia,
Universidad de Oviedo.

Oviedo, España.

email: cerezo@pinon.ccu.uniovi.es

Hace poco más de un año, en julio de 1999 se clausuró en Budapest el Congreso Mundial sobre la Ciencia, convocado por la UNESCO, y el Consejo Internacional de la Ciencia (ICSU). La convocatoria reunió a delegados de más de 140 países, así como a representantes de numerosas asociaciones científicas y organizaciones relacionadas con la ciencia. El congreso se cerró con la aprobación por el plenario de una declaración sobre la ciencia y el uso del conocimiento científico, así como del desarrollo de ese documento en un marco de acción. El tema estrella del congreso y de la propia Declaración era

y sociedad

articular y crear consenso sobre un nuevo contrato social para la ciencia. Podemos ahora apreciar debidamente la importancia de la reunión y la relevancia social de esta línea de reflexión.

El congreso de Budapest ha sido un esfuerzo más para hacer frente a uno de los problemas principales a los que se enfrenta nuestra sociedad de fin de siglo: la renegociación de las relaciones entre ciencia y sociedad. Es un problema complejo con dimensiones académicas, ético-políticas, económicas y educativas; un problema realmente difícil de exagerar, dada la extraordinaria relevancia que han adquirido la ciencia y la tecnología en el mundo actual. Es también un tema que ocupa el centro del interés académico de los recientes estudios de «ciencia, tecnología y sociedad» (CTS), conocidos así mismo como estudios sociales sobre ciencia y tecnología. Los estudios CTS, que estuvieron presentes en la reunión de Budapest, constituyen un nuevo y medrante campo de trabajo centrado en la comprensión de los aspectos sociales de la ciencia y de la tecnología. Antes de ocuparnos en ellos y de comentar el reto que plantean en el contexto iberoamericano, es preciso revisar brevemente el antecedente histórico de «la Declaración de Budapest» y de los propios estudios de ciencia, tecnología y sociedad.

Ciencia y tecnología en sociedad

En 1968, en pleno apogeo del movimiento contracultural, Theodore Roszak expresó sus ideas sobre el papel de la ciencia y de la tecnología en el mundo contemporáneo: «Cualesquiera que sean las aclaraciones y los adelantos benéficos que la explosión universal de la investigación produce en nuestro tiempo, el principal interés de quienes financian pródigamente esa investigación seguirá polarizado hacia el armamento, las técnicas de control social, la objetividad comercial, la manipulación del mercado y la subversión del proceso democrático a través del monopolio de la información y el

consenso prefabricado» (1968: 286). Las palabras de Roszak, tremendas y exageradas como corresponden a un teórico de la contracultura, reflejan no obstante el espíritu de los tiempos: una creciente sensibilidad social y preocupación política por las consecuencias negativas de una ciencia y tecnología fuera de control. Es lo que se ha llamado «síndrome de Frankenstein», que empieza a extenderse en la opinión pública de los años sesenta y setenta.

Desde el optimismo incondicional que sigue a la Segunda Guerra Mundial, donde progreso científico es visto prácticamente como sinónimo de bienestar social, una actitud crecientemente crítica y cautelosa con la ciencia y la tecnología comienza a extenderse en los años sesenta. Es una actitud alimentada por catástrofes relacionadas con la tecnología (accidentes nucleares, envenenamientos farmacéuticos, derramamientos de petróleo, etc.) y por el desarrollo de activos movimientos sociales contraculturales críticos con el industrialismo y el estado tecnocrático. El desarrollo del movimiento ecologista en los años sesenta y las protestas públicas contra el uso civil y militar de la energía nuclear son elementos importantes de esa reacción. La ciencia y la tecnología



LA CIENCIA DEJA DE SER UNA FORMA DE CONOCIMIENTO
 EPISTEMOLÓGICAMENTE PRIVILEGIADA PARA SER CONCEBIDA
 COMO UN PRODUCTO DE PROCESOS SOCIALES DE NEGOCIACIÓN
 Y FORMACIÓN DE CONSENSO.

comienzan a ser objeto de escrutinio público y se transforman en objeto de debate político.

Éste es precisamente el contexto en el que tiene lugar una revisión y corrección institucional del modelo unidireccional de desarrollo (+ ciencia = + tecnología = + riqueza = + bienestar), original de la postguerra, que servía de base a las políticas públicas sobre ciencia y tecnología. La vieja política de *laissez-faire*, que deja la regulación de la ciencia y la innovación tecnológica como un asunto de control corporativo interno, comienza a transformarse en una nueva política más intervencionista donde los poderes públicos desarrollan y aplican una serie de instrumentos técnicos, administrativos y legislativos para el encauzamiento del desarrollo científico-tecnológico y la supervisión de sus efectos sobre la naturaleza y la sociedad. El estímulo de la participación pública será desde entonces una constante en las iniciativas institucionales relacionadas con el estímulo y especialmente la regulación de la ciencia y la tecnología. De aquí surgen, en los años setenta, instrumentos como la evaluación de tecnologías y de impacto ambiental e instituciones evaluadoras y reguladoras adscritas a distintos poderes en diferentes países.¹⁶

Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad

Es no obstante una reacción que no se agota en el ámbito social y político. Originarios de finales de los años sesenta y principios de los setenta, los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) reflejan en el ámbito académico y educativo esa nueva percepción de la ciencia y la tecnología y de sus relaciones con la sociedad. Los estudios CTS definen hoy un

campo de trabajo reciente, aunque bien consolidado, de carácter crítico respecto a la tradicional imagen esencialista de la ciencia y la tecnología, y de carácter interdisciplinario por concurrir en él disciplinas como la Filosofía y la Historia de la Ciencia y la Tecnología, la Sociología del Conocimiento Científico, la Teoría de la Educación y la Economía del

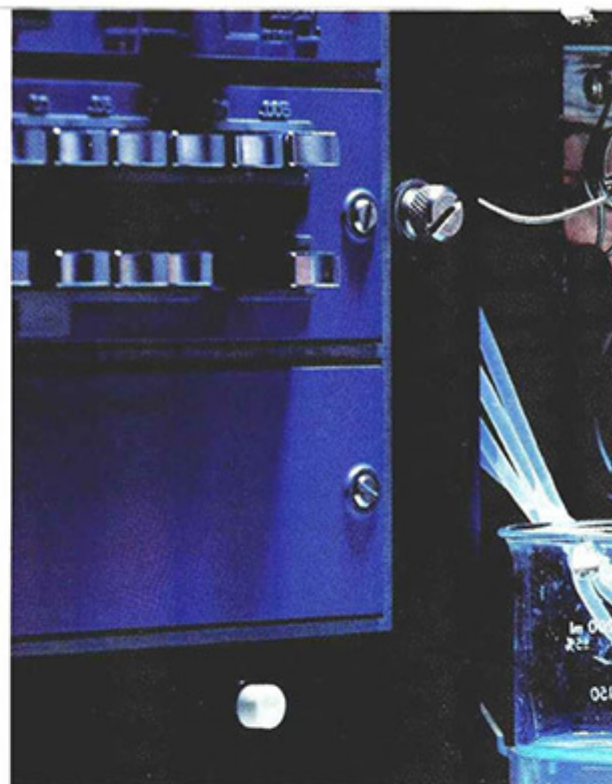
Cambio Técnico. Se trata aquí, en general, de comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes sociales como de sus consecuencias sociales y ambientales; es decir, tanto por lo que atañe a los factores de naturaleza social, política o económica que modulan el cambio científico-tecnológico, como por lo que concierne a las repercusiones éticas, ambientales o culturales de ese cambio. Un lógico corolario de esta línea de trabajo es promover los estudios e iniciativas que hagan posible una apertura de las políticas públicas sobre ciencia y tecnología a la comprensión pública y la participación.

En un plano estrictamente académico, con el trasfondo de esa reacción política y social, la investigación en CTS tiene su origen en universidades británicas y, desde allí, se consolida en la Europa continental y los Estados Unidos. Sus comienzos tienen lugar en el llamado "programa fuerte" de la Sociología del Conocimiento Científico (SCC), que proponen y desarrollan autores como Barry Barnes y David Bloor en la Universidad de Edimburgo durante la década de los años setenta. Entendida como una extensión de la clásica Sociología del Conocimiento, y sobre la base de una lectura radical de la obra de T.S. Kuhn, la SCC presenta una imagen del conocimiento científico radicalmente distinta de la visión tradicional esencialista y triunfalista de la ciencia e incomparable con ella. La ciencia deja de ser una forma de conocimiento epistemológicamente privilegiada para ser concebida de un modo análogo al del resto de las manifestaciones culturales, a saber, como un producto de procesos sociales de negociación y formación de consenso. La

altisonante búsqueda de la verdad de la que hablan los filósofos es entonces interpretada en términos de una pléyade de factores efectivamente causales, como expectativas profesionales o disponibilidad instrumental, que actúan sobre individuos y colectivos en contextos dados de interacción (laboratorios, consejos editoriales, congresos, etc.). La bien intencionada idealización filosófica es sustituida, en suma, por el estudio empírico de la ciencia de carne y hueso.

El elemento clave de las explicaciones y reconstrucciones históricas en SCC será la controversia científica.⁴ La controversia en ciencia refleja la flexibilidad interpretativa de la realidad y los problemas abordados por el conocimiento científico, y devela la importancia de los procesos de interacción social en la constitución misma de esa realidad o la solución de esos problemas. Ya en los años ochenta, la SCC se diversifica en un conglomerado de orientaciones de inspiración sociologista que hacen también de la tecnología el objeto de su comprensión en contexto social.² Las tecnologías dejan de ser concebidas como procesos autónomos y lineales que sólo responden a una lógica interna de incremento de eficiencia, y pasan a considerarse procesos multidireccionales de variación y selección dependientes de una diversidad de agentes sociales.

Actualmente, en este ámbito académico existe una diversidad de enfoques que, aun coincidiendo en resaltar los aspectos sociales de la ciencia y de la tecnología, presentan algunas diferencias en lo que respecta a su alejamiento de la visión más tradicional de aquellas. En general se acepta la concurrencia de una diversidad de factores, epistémicos y no epistémicos, en los procesos de génesis y consolidación de afirmaciones de conocimiento científico y artefactos tecnológicos. Aunque, es necesario también hacer notar que en ningún caso se trata de descalificar la ciencia o la tecnología, sino más bien de desmitificar en el sentido de normalizar una imagen distorsionada de la ciencia-tecnología que había pasado a causar más inconvenientes que ventajas. En particular, el propósito de la



Unidad de Estudios de la Ciencia en la Universidad de Edimburgo de los años setenta no era realizar una crítica radical de la ciencia, sino más bien el de hacer una ciencia de la ciencia, es decir, hacer del conocimiento científico también objeto de estudio de las ciencias sociales.⁵

Educación en ciencia, tecnología y sociedad

En el ámbito de la enseñanza, la educación en ciencia, tecnología y sociedad (CTS) llega al ámbito internacional como una respuesta a las corrientes de activismo social e investigación académica que, desde finales de los sesenta y principios de los setenta, reclamaban una nueva forma de entender la ciencia-tecnología y una renegociación de sus relaciones con la sociedad. Esto produce, ya en los setenta, la aparición de numerosas propuestas para desarrollar un planteamiento más crítico y contextualizado de la enseñanza de las ciencias y de los tópicos relacionados con la ciencia y la tecnología, originalmente en enseñanza superior y después también en la segunda enseñanza (de la mano de la *National Science Teachers Association* norteamericana y la *Association for Science Education* británica).¹²



Todos los niveles y modalidades educativos son apropiados para llevar a cabo esos cambios en contenidos y metodologías, aunque el mayor desarrollo internacional de la educación en CTS se ha producido hasta ahora en la enseñanza universitaria y la segunda enseñanza, con la elaboración de un gran número de programas docentes y un respetable volumen de materiales desde hace casi treinta años. Los Estados Unidos, el Reino Unido y los Países Bajos han sido algunos países pioneros a este respecto; son países donde la mayoría de sus instituciones de educación

superior, por ejemplo, cuentan con programas de CTS que ofrecen estudios específicos o complementos docentes a otras especialidades.¹¹

El objetivo último de este tipo de educación es acercar las célebres dos culturas, la cultura humanística y la científico-tecnológica, dos culturas separadas tradicionalmente por un abismo de incomprensión y desprecio,¹⁰ alfabetizando en ciencia y tecnología a ciudadanos que sean capaces de tomar decisiones informadas, por una parte, y promoviendo el pensamiento crítico y la independencia intelectual en los expertos al servicio de la sociedad, por otra. Otros objetivos habitualmente asumidos para la educación en CTS, y de gran importancia en Iberoamérica, son, en primer lugar, estimular o consolidar en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias y la tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica, y, en segundo lugar, favorecer el desarrollo y consolidación de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia social relacionadas con la innovación tecnológica o la intervención ambiental.⁷

El desafío iberoamericano

Desde sus orígenes en el mundo anglosajón, CTS se expande a finales de la década de los setenta a otros países de la Europa continental, como Francia, Alemania o los países escandinavos, así como a Australia y Canadá. En estos países tiene lugar una rápida consolidación académica y educativa que los convierte desde los años ochenta en productores de programas, materiales y estudios de CTS. En la década de los ochenta tiene lugar su recepción académica e institucional en un ámbito más periférico como el de los países iberoamericanos. Es entonces cuando, por ejemplo, comienza en España o Cuba a oírse hablar de cosas como el programa fuerte o las nuevas tendencias de educación de las ciencias. La consolidación académica e institucional en este ámbito no comienza, sin embargo, hasta los años noventa, y aún entonces de un modo lento y titubeante que se extiende hasta el presente.

En realidad, CTS puede ser contemplado como un artefacto cultural, como un producto de los países más desarrollados (en economía, ciencia y tecnología) que trata de ofrecer una respuesta a ciertas demandas sociales ya mencionadas: un mayor control público de los efectos adversos del cambio científico-tecnológico, la necesidad de un escrutinio social de las políticas científico-tecnológicas, un cambio en la imagen pública de la ciencia, la alfabetización científica de la ciudadanía, etc.⁸ Su transferencia a los países de Iberoamérica, con las grandes diferencias internas existentes, ha presentado hasta ahora ciertos problemas comunes que pueden destacarse.

En primer lugar, un hecho obvio pero importante es que muchas de las demandas sociales y condiciones sociopolíticas de las que surgió CTS hace casi treinta años en el ámbito anglosajón no existían por entonces en prácticamente ningún país de América Latina o la península ibérica. Sin una democracia política consolidada, o sin democracia en absoluto, es impensable reclamar una extensión democrática a la regulación de la ciencia y la tecnología. De un modo análogo, sin escolarización básica

en amplios segmentos sociales de muchos países, es utópico reclamar la alfabetización científica de esas mismas poblaciones.

En segundo lugar, la formación de una masa crítica de investigadores en CTS en cada país requiere una infraestructura investigativa, vinculada normalmente a la educación superior, sólida y flexible, es decir, con indicadores razonables de *input* y *output* en ciencias natu-

una carencia muy seria en nuestros países y tiene consecuencias negativas en campos como el de la educación o la comunicación de la ciencia, donde se dificulta la innovación y se impone la transferencia descontextualizada de experiencias y modelos de otras latitudes. Aunque, si bien no se trata de imitar, tampoco pueden ignorarse los resultados y experiencias valiosas en la vanguardia internacional, como tiende a ocurrir en estos movimientos pendulares.

En segundo lugar, existe una importante laguna en Iberoamérica en el desarrollo de una educación de CTS a causa de los siguientes factores interrelacionados:

a) Carencia de investigación básica y de estudios de casos con

interés nacional o transnacional (en América Latina),

b) Carencia de materiales docentes y de materiales que apoyen a la docencia,

c) Carencia de programas e iniciativas institucionales.

Como es lógico, ambos desafíos, el investigativo y el educativo, están relacionados entre sí. La educación es con frecuencia el más poderoso estímulo para el desarrollo de la investigación. Un ejemplo lo ofrece el caso español, pues, aun tratándose de educación no universitaria, la introducción de la materia CTS en segunda enseñanza desde 1993 ha constituido el mejor acicate para la incentivar la investigación en el ámbito universitario. Y también, como se ha indicado, los resultados de investigación son imprescindibles para dar contenidos a la enseñanza de CTS en cualquier nivel educativo.

La reunión de Budapest puede considerarse un éxito, pues, aunque sin compromisos concretos de carácter legal o económico, consiguió alcanzar un consenso sobre el texto de la Declaración y el diseño de un nuevo contrato social para la ciencia donde las cuestiones éticas y de participación pública adquirieron un lugar prominente. Algunas delegaciones y personas de Iberoamérica tuvieron un papel muy importante en la consecución de ese

LA EDUCACIÓN ES CON FRECUENCIA EL MÁS PODEROSO ESTÍMULO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

rales y sociales, así como con una estructura institucional que haga posible el desarrollo del trabajo interdisciplinario. En ambos aspectos, infortunadamente, han sido los países iberoamericanos deficitarios a causa de problemas endémicos bien conocidos. Entre tanto, la suma de pequeños contingentes nacionales para la formación de una masa crítica regional en investigación en CTS se ha visto tradicionalmente dificultada por limitaciones en iniciativas y financiación para la formación de redes específicas, así como por una excesiva focalización periférica en el centro anglosajón.

Afortunadamente, la situación actual de los países iberoamericanos y de la propia región ha cambiado mucho en treinta años. Sin embargo, a diferencia de lo que ha ocurrido en otros ámbitos, CTS sigue en condiciones de subdesarrollo en el ámbito iberoamericano. No se trata simplemente de imitar las iniciativas de otras regiones o países, sino más bien de adaptar el artefacto cultural de CTS a la diversidad y las realidades actuales de Iberoamérica. A este respecto, se considera que los desafíos más importantes son los siguientes.

Es, en primer lugar, de la mayor importancia estimular el desarrollo de investigación en CTS endógena en el ámbito iberoamericano. Este tipo de investigación, como se refleja en diversos congresos y publicaciones, constituye



éxito. Dos organizaciones intergubernamentales en el ámbito iberoamericano, la UNESCO y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEDI), se han empeñado en un esfuerzo conjunto por realizar un seguimiento y estimular la realización de las propuestas de Budapest. Los estudios de CTS, que también han sido promo-

vidos por esas organizaciones, pueden constituir una valiosa herramienta para ese fin y para mantener en la agenda de los países la temática de Budapest. A los países de la región, depositarios del verdadero protagonismo, les corresponde hacer frente al reto de la participación y la innovación.

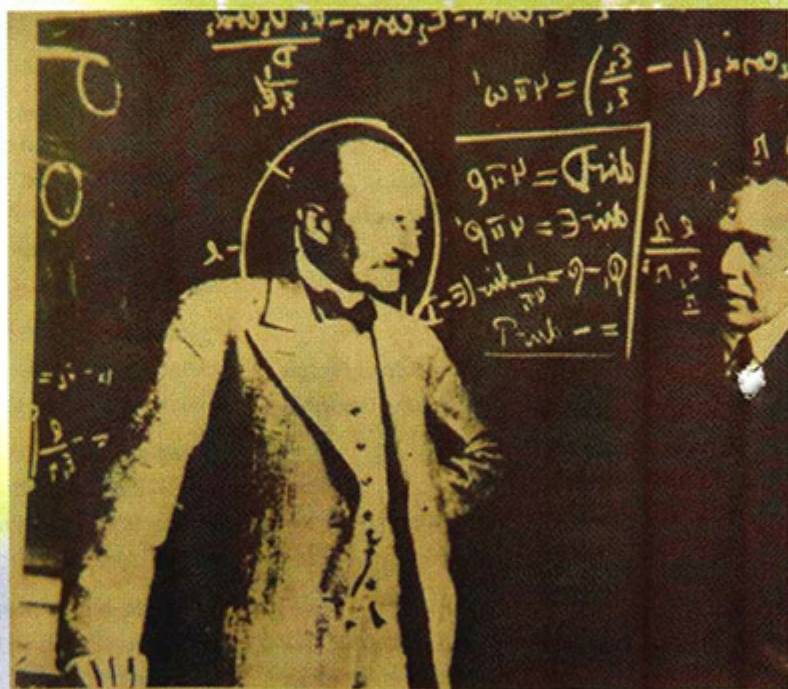
Referencias

1. **Barnes, B.:** *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Londres: Routledge, 1974
2. **Bijker, W.E., T.P. Hughes y T. Pinch (eds.):** *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge (Mass.): MIT Press, 1987.
3. **Bloor, D.:** *Knowledge and Social Imagery*, 2ª ed., Chicago: The Chicago University Press, 1976/1991.
4. **Collins, H.M.:** *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, 2ª ed., Chicago: University of Chicago Press, 1985/1992.
5. **Fuller, S.:** *On the Motives for the New Sociology of Science*, *History of the Human Sciences* 8/2: 117-124, 1995.
6. **Kuhn, T.S.:** (1962/1970), *La estructura de la revoluciones científicas*, 2ª ed., México: FCE, 1971.
7. **López Cerezo, J.A.:** *Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos*, *Revista Iberoamericana de Educación* 18: 41-68, 1998.
8. **Luján, J.L., J.A. López Cerezo y E. Muñoz:** *STS Studies in Spain: A Case Study in STS Transfer*, *Technoscience* 7/2: 14-16, 1994.
9. **Roszak, T.:** (1968), *El nacimiento de una contracultura*, Barcelona: Kairós, 1970.
10. **Snow, C.P.:** (1964), *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madrid: Alianza, 1977.
11. **Solomon, J.:** *Teaching Science, Technology and Society*, Buxingham: Open University Press, 1993.
12. **Yager, R.E. (ed.):** *The Status of Science-Technology-Society. Reforms Around the World*, *International Council of Associations for Science Education/Yearbook*, 1992.
13. **Barnes, B., D. Bloor y J. Henry:** *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*, Londres: Athlone 1996.
14. **Bijker, W.:** *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge (Mass.): MIT Press 1995.
15. **Chalk, R.:** *Science, Technology, and Society: Emerging Relationships*, Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science 1988.
16. **González García, M., J.A. López Cerezo y J.L. Luján:** *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Tecnos, 1996.
17. **Iranzo, J.M. et al. (ed.):** *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid: CSIC., 1995.
18. **Latour, B.:** (1987), *Ciencia en acción*, Barcelona: Labor, 1992.
19. **Jasanoff, S. et al. (eds.):** *Handbook of Science and Technology Studies*, Londres: Sage, 1995.
20. **Latour, B.:** (1987), *Ciencia en acción*, Barcelona: Labor, 1992.
21. **Sanmartín, J.:** *Tecnología y futuro humano*, Barcelona: Anthropos, 1990.
22. **Sarewitz, D.:** *Frontiers of Illusion: Science, Technology, and the Politics of Progress*, Filadelfia: Temple University Press, 1996.
23. **VV.AA.:** (1998a), *"Ciencia, tecnología y sociedad ante la educación"*, número monográfico de la *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, sep.-dic., 1998.
24. **Winner, L.:** (1986), *La ballena y el reactor*, Barcelona: Gedisa, 1987. □

LA MECÁNICA CUÁNTICA CUMPLE

100 AÑOS

**SIN MECÁNICA
CUÁNTICA
NO SE PODRÍAN
EXPLICAR:
EL COLOR DE
LAS ESTRELLAS,
LA ESTRUCTURA Y
FUNCIÓN DEL ADN,
LA ACCIÓN DE
LOS LÁSERES,
EL COMPORTAMIENTO
DE LOS SÓLIDOS
O LAS PROPIEDADES
DE LOS
SUPERCONDUCTORES
Y DE LOS
SUPERFLUÍDOS.**



Niels Bohr y Max Planck (1920).

Angela Stella Camacho B.

Profesora Titular,
Departamento de Física,
Universidad de los Andes.
Bogotá, Colombia
email: acamacho@uniandes.edu.co

Existen dos interpretaciones de nuestro mundo físico: una clásica, que explica todos los procesos físicos macroscópicos y predice su evolución; es una teoría autoconsistente y completa; y otra,

que la gobiernan sin cambiar jamás. Pero cuánticamente, este prejuicio no juega ningún papel: la materia se comporta a la vez como onda y como partícula y se niega a decidirse por alguna de las dos.

de la Electricidad y el Magnetismo al describir la luz como ondulaciones de estos campos que se propagan en el espacio. La energía transportada por una onda electromagnética se llama radiación electromagnética.

UN SIGLO DESPUÉS DE SU POSTULACIÓN, EL DEBATE ACERCA DE LA RELACIÓN ENTRE EL MUNDO FÍSICO FAMILIAR Y LA MECÁNICA CUÁNTICA CONTINÚA.

cuántica, un poco más alejada del mundo cotidiano pero que funciona admirablemente en todas sus aplicaciones, tanto así que hasta ahora no se ha encontrado un sólo ejemplo en el cual sus predicciones entren en conflicto con el experimento. Por el contrario, entre más sofisticadas sean las técnicas que se aplican, más claridad se logra sobre lo que hasta ahora siguen siendo los postulados de la Mecánica Cuántica.

Pero la Mecánica Cuántica muestra una clara inhabilidad para acomodar nuestros prejuicios acerca del funcionamiento del universo. El ejemplo de la dualidad onda-partícula nos da una idea del por qué. En la misma forma en que la filosofía dividió al hombre en cuerpo y alma, nuestros prejuicios dividen el comportamiento de la materia en ondas y partículas y parecería que la materia tendría que decidirse si desea ser una onda o una partícula y una vez tomada la decisión someterse a las leyes clásicas

¿Por qué no se observa que una bola de tenis atraviese una pared con dos orificios por los dos orificios al mismo tiempo como sí hacen un electrón o un rayo de luz?

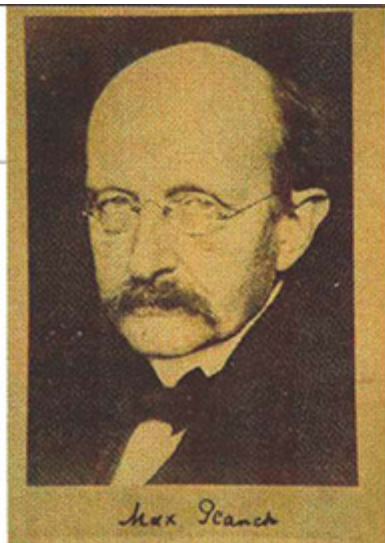
La luz

La luz ocupa un lugar muy especial en la historia del tiempo y del mundo. La biblia comienza con la frase: "Hágase la luz, y la luz fue hecha". Ahí comienza el tiempo. La luz y su interacción con la materia ha sido y sigue siendo el objeto de estudio de la Física. La contribución más importante hasta comienzos del siglo XX la hizo Sir Isaac Newton, quien no sólo descubrió las leyes del movimiento de objetos macroscópicos sino que también propuso una descripción de la luz como partícula. Sin embargo, el desarrollo posterior de la Física se inclinó por una descripción de la luz como una onda a la manera que está propuesto en las leyes de Maxwell, quien obtuvo una bellísima unificación

Un sistema de átomos a una temperatura dada emite radiación electromagnética y a su vez también absorbe la radiación emitida por éstos y por otros átomos. Cuando se alcanza el equilibrio entre estos dos procesos, la radiación electromagnética muestra una distribución de energía bien definida. A este fenómeno se le conoce como el cuerpo negro. Sin embargo, la teoría electromagnética de finales del siglo XIX predecía una dependencia de la energía con la frecuencia de onda que aumentaba indefinidamente.

Debido a que las frecuencias son más altas hacia el ultravioleta, a este aumento sin fin se le conoce como la catástrofe del ultravioleta.

El papel central de la luz en el campo de la Física continuó durante el siglo XX, primero asociado con la radiación del cuerpo negro, posteriormente con el efecto fotoeléctrico y después con sus aplicaciones en la tecnología de los rayos láser.



El efecto fotoeléctrico (1890)

Éste ocurre cuando la radiación electromagnética de una determinada frecuencia es absorbida por un metal y en vez de ella es emitido un electrón.

Ciertamente con este descubrimiento empezó la era de la Mecánica Cuántica. Max Planck (1900) introdujo a comienzos del nuevo siglo el concepto del quantum de acción, h , el cual fue necesario para explicar el espectro de la radiación de cuerpo negro. La extensión de estas ideas llevaron a Einstein a explicar el efecto fotoeléctrico en 1905 y a obtener el premio Nobel por su explicación del concepto de fotón. Esta interpretación fue una de las ideas más importantes de la historia temprana de la teoría cuántica. Fue, sin embargo, Paul Dirac, Premio Nobel en 1933, quien combinó los dos aspectos de la luz, como onda y como partícula. Postuló que el campo de radiación es capaz de explicar todos los fenómenos de interferencia y aún de mostrar la excitación de un átomo específico localizado a lo largo de un frente de onda absorbiendo un fotón de energía.

El primer premio Nobel de Física en el siglo XX fue otorgado a W.C. Roentgen en 1901 por el descubrimiento de los penetrantes rayos X. Unos años después, en 1912, M. von Laue, Premio Nobel en 1914, demostró que estos rayos eran ondas electromag-

néticas cortas que podían interactuar con átomos de un cristal, es decir con la materia. Este descubrimiento dio lugar a una de las grandes aplicaciones en Medicina en los últimos 100 años, para prevención y diagnóstico de enfermedades infecciosas como la tuberculosis.

El efecto Compton (1922)

Según el cual, un electrón colisiona con un fotón y los dos se comportan como partículas.

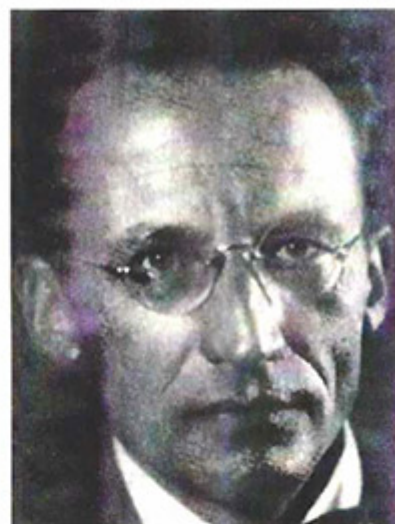
La luz interactúa con la materia como si fuera una partícula (un paquete de energía).

Una vez superado el prejuicio sobre onda o partícula, Erwin Schroedinger, físico austriaco, ganador del Premio Nobel en 1933, propuso su famosa ecuación de onda, que hasta ahora se ha consagrado como la descripción más fiel de los fenómenos cuánticos no relativistas.

La Mecánica Cuántica en la forma de la ecuación de onda de Schroedinger (1926)

Debido al éxito de la ecuación de onda de Schroedinger se implementó su aplicación a sistemas sólidos cristalinos, de donde se desarrolló el transistor y con él, la Electrónica (1948). La función de onda que es la solución de la ecuación no tiene significado físico. El significado lo tiene su valor absoluto al cuadrado: la probabilidad.

La probabilidad se utiliza en Física Clásica para describir el comportamiento de sistemas compuestos por un número muy gran-



Erwin Schrödinger.

de de partículas (10^{23}) debido a que resulta impráctico escribir sus posiciones y sus velocidades. En Física Cuántica se utiliza la probabilidad, no por el elevado número de partículas, sino por la indeterminación de los valores exactos de las variables posición y velocidad.

Leyes de conservación e irreversibilidad

De las propiedades del espacio-tiempo se desprenden las leyes de conservación en la Física. Sin embargo, estas leyes suponen reversibilidad de los procesos físicos. Un proceso físico es reversible cuando no es posible distinguir si se desarrolla hacia adelante o hacia atrás. Es de doble vía. En la vida diaria observamos que la mayoría de los procesos no son reversibles, van en una sola dirección. Son de una sola vía. No se pueden devolver sin invertir energía en ellos.

Estos procesos no están descritos por las leyes de conservación porque ellos aparentemente no conservan la energía. Aparentemente, porque la energía siempre se conserva, sólo que en estos procesos parte de la energía se encuentra en forma de calor y recuperar otra



vez esa energía para convertirla en trabajo implica un gasto adicional de energía.

La única forma conocida para lograr que un sistema físico trabaje es convirtiendo energía en calor.

Este es el principio del motor, de la máquina de vapor. Este calor está relacionado con la llamada entropía, que según la segunda ley de la termodinámica en cualquier proceso físico, aumenta.

La máquina de vapor del siglo XXI es el computador cuántico y para que éste trabaje, es decir transmita información, es necesario convertir energía en calor, fenómeno que en Mecánica Cuántica se llama decoherencia. Así mismo, a los procesos que conservan la energía se les llama coherentes y se describen como una superposición de estados cuánticos, lo que quiere decir, que una partícula puede, a la vez, estar en todos los estados de superposición.

Clásicamente esto es imposible: una partícula puede estar so-

partícula y la lleva del estado de superposición a un estado que es una mezcla estadística, el cual es completamente clásico.

Las superposiciones sólo existen en sistemas cuánticos libres de influencias externas. Pero los sistemas cuánticos reales no pueden aislarse porque una medición requiere interacción con el aparato de medida.

El aparato de medición puede ser clásico o cuántico. Si fuera clásico este aparato estaría en un estado bien definido en posición y velocidad. Este aparato clásico, generalmente consta de muchísimos átomos y su comportamiento estadístico implica pérdida de energía en forma de calor.

Si es cuántico, puede estar en una superposición de estados cuánticos e interactuar con el sistema formando estados que contienen información de los dos: del sistema y del aparato de medida. Estos estados no son superposiciones. Son estados llamados

Las aplicaciones de la mecánica cuántica

La evolución de la Electrónica y de la Microelectrónica no es el tema que nos ocupa, sin embargo, no nos podríamos imaginar nuestra vida cotidiana si no existiera la Microelectrónica.

En 1960 se descubrió el láser y nació la posibilidad de combinar luz con materia en la optoelectrónica

El futuro inmediato muestra que el desarrollo de la Microelectrónica indudablemente apunta hacia el uso de la Optoelectrónica que significa la interacción de electrones con luz.

Las aplicaciones siguen su rapidísimo desarrollo y cada día aparecen nuevas tecnologías basadas en esta maravillosa combinación. Pero, la teoría básica de la Mecánica Cuántica que se fundamenta en postulados sigue siendo considerada una teoría incompleta y las discusiones sobre el significado y la necesidad de postulados se mantienen después de un siglo.

La Mecánica Cuántica predice el resultado de una medición

La teoría cuántica permite predecir el resultado de una medición, es decir, la probabilidad de que este detector y no otro detecte una partícula que ha sido dispersada de alguna manera. El concepto de medición jugó un papel importante en el desarrollo de la Mecánica Cuántica como es evidente en las discusiones entre Einstein y Bohr y llegó a formar parte de la interpretación oficial de la teoría conocida como la Escuela de Copenhague.

Generaciones posteriores de físicos han tratado de hacer del concepto de medición un axioma

CLÁSICAMENTE NO ES POSIBLE QUE UNA PARTÍCULA

ESTÉ EN DOS SITIOS SIMULTÁNEAMENTE,

PERO CUÁNTICAMENTE ESTO SÍ ES POSIBLE.

lamente en un estado bien definido en posición y velocidad. No es posible que una partícula esté en dos sitios simultáneamente.

Pero cuánticamente esto sí es posible. Es posible estar en dos sitios al mismo tiempo. Pero una vez realizada una medición, la partícula solamente se detecta en un solo sitio. La medición hace que la partícula se decida por una de las dos posiciones. El aparato de medición interacciona con la

entrelazados y sólo viven mientras no haya pérdida de energía. Es decir, mientras el sistema no entre en contacto con un sistema muy grande con muchísimos estados, que le permita disiparse.

La información se puede transmitir por medio de estos estados mientras no se presente decoherencia, esto es, que la energía se convierta en calor ya que ésta es irre recuperable y no puede ser convertida en trabajo.

fundamental para la teoría con el resultado de que son más los problemas nuevos que surgen que las soluciones que se obtienen.

Entonces, ¿qué es lo especial del proceso de medición? ¿No es acaso, el universo entero mecánico-cuántico? Existen dos problemas de medición que usualmente no son tratados en los libros de texto: primero, la aparición como resultado del proceso de medición, de estados macroscópicos de superposición cuántica, como el famoso gato de Schroedinger y, segundo, mostrar que los resultados de la medición cuántica están realmente correlacionados con las propiedades del sistema medido pero, antes de la medición

LA DIFICULTAD DE OBSERVAR

ESTADOS CUÁNTICOS EN LA VIDA

DIARIA DEL MUNDO MACROSCÓPICO

ES INMENSA,

¿Existen dos mundos, uno clásico y uno cuántico?

La aparición de un nuevo mundo cuántico a comienzos del siglo XX hizo pensar en esta posibilidad. Las partículas cuánticas saltan de un punto a otro, ocupan varios lugares a la vez, parece que establecen comunicación a una velocidad superior a la de la luz. Todo esto se explica con la dualidad onda-partícula la cual juega el papel de un carnet de identidad cuántica.

Schroedinger propuso entonces la función de onda que indica que la partícula está, al mismo tiempo, en todas las localizacio-

nes posibles como una onda; sin embargo, en una observación sólo se manifiesta en uno de sus estados como una partícula.

Si embargo, el mismo Schroedinger se lamentaba diciendo: "Siento haber tenido que ver con la teoría cuántica". Lo afirmaba por las extrañas consecuencias de la Mecánica Cuántica. Este físico austriaco no tenía idea del destino de su famoso "gato", al que figuradamente encerró en 1935 en una caja con una ampolla de veneno y un átomo radiactivo. El átomo radiactivo inobservado permanecía en un curioso estado: se había desintegrado y no se había desintegrado. A los estados así, se les llama superposiciones y los objetos cuánticos entran en esos estados coherentes con la mayor facilidad. Schroedinger quiso iluminar este problema con su felino.

Los electrones pueden ocupar varios niveles de energía a la vez. Un fotón puede recorrer dos caminos al mismo tiempo al pasar un divisor de haz. Pero qué pasa cuando los objetos cuánticos se acoplan con uno clásico: Schroedinger lo explicó con el ejemplo del "gato": Si se extrapola la lógica de la Mecánica Cuántica, el gato estaría vivo y muerto a la vez. El gato es, entonces, un aparato de medición como un voltímetro, entonces los aparatos de medida deberían entrar en estados coherentes (Superposiciones de varios estados cuánticos).

Entonces, ¿por qué no observamos esto en la vida diaria? ¿Cuándo se pasa de un mundo al otro? ¿Dónde está la frontera entre los dos mundos?

Sistemas físicos que pertenecen a esta región frontera se conocen con el nombre de sistemas

mesoscópicos y actualmente son objeto de intensa investigación tanto por sus interesantes propiedades físicas fundamentales como por sus potenciales aplicaciones. Siguiendo a Niels Bohr, físico danés, quien siempre pensó en un aparato de medida clásico para obtener información sobre un sistema cuántico, la frontera mesoscópica presenta propiedades de ambos mundos.

La inexistencia de superposición cuántica a nivel clásico, continúa siendo un problema sin resolver aún después de un siglo de Mecánica Cuántica.

Einstein consideró como problema fundamental la inexistencia a nivel clásico de la mayoría de los estados permitidos en Mecánica Cuántica, se refería a aquellos que envuelven superposición coherente de dos o más estados localizados pero separados macroscópicamente.

La Mecánica Cuántica no permite que exista información sobre el camino seguido (trayectoria de una partícula) y que al mismo tiempo se presenten interferencias (superposición de ondas).

Recientemente en la Universidad de Viena se hicieron experimentos de interferencia de moléculas particularmente grandes conformadas por 60/70 átomos de carbono dispuestos ordenadamente sobre una esfera que semeja un balón de fútbol (fullereno C-60 y C-70) a través de una rejilla. Las moléculas son emitidas de un horno que se halla a una temperatura de 900 K con una velocidad máxima de 220 m/s, lo que significa que el Fullereno como onda tiene una longitud de onda de $2,5 \times 10^{-12} \text{m}$. La rejilla se coloca a una distancia 1.0 me-

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{x}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(\vec{x}, t) + V(\vec{x}, t) \Psi(\vec{x}, t)$$

tro del horno y se logran espectros de difracción muy bien definidos, que claramente mostraron que las diferentes moléculas interfieren con ellas mismas. Si se hiciera el experimento con bolas de tenis de 80g con velocidad de 50 m/s, la correspondiente longitud de onda es de 10^{-34} m, lo cual está mucho más allá de las posibilidades experimentales actuales.

Inflando átomos (experimentos de los últimos cinco años del milenio)

Experimentos con átomos de Rydberg (inflados) con órbitas electrónicas miles de veces mayores que en átomos naturales. Con un láser se logra que el electrón se ponga en muchas órbitas a la vez (un paquete de ondas).

Al inflar átomos de Potasio observaron los investigadores de la Universidad de Rochester que tras unas cuantas órbitas, el paquete se dispersaba y sólo volvía a la vida de nuevo constituido en dos paquetes menores situados en los extremos opuestos de su órbita. Esto es, los dos paquetes constituyen *un estado de Gato*. Un solo electrón está en dos estados a la vez separados 80 nanómetros (80×10^{-9} m). Esta es una distancia inmensamente grande en dimensiones atómicas (un átomo mide alrededor de 0.3 nanómetros). La separación entre los dos paquetes es un hecho. La partícula está simultáneamente en dos sitios. Luego si el estado de gato es real, ¿por qué entonces no se ve este estado con suficiente frecuencia en la vida diaria?

La principal razón es que en el mundo clásico macroscópico las longitudes de onda de las partículas cuánticas son demasiado pequeñas y los tiempos en los cuales se desarrollan los procesos son extremadamente cortos. Esos tiempos se miden en picosegundos. Un picosegundo es a un segundo como un segundo es a 32 millones de años. Así que la dificultad de observar estados cuánticos en la vida diaria del mundo macroscópico es inmensa.

El control de los paquetes de onda y la ingeniería

También se ha reportado la formación de un paquete de ondas no decayente. Un paquete electrónico de Rydberg se excita en un átomo de calcio y luego se manipula con una excitación interna en el átomo muy fuerte hasta obtener una forma del paquete que permanece, que se mantiene y no pierde su energía.

Con este hecho se relacionan los tópicos centrales de un ancho rango de áreas de investigación. Recientemente se han logrado paquetes de onda localizados radialmente en sistemas de dos electrones. Uno de los electrones de valencia se excita por un pulso corto a un estado de paquete de onda localizado. El electrón restante es impulsado para que oscile entre su estado base y el primer estado excitado. Cuando este último electrón está en el estado base el sistema de dos electrones es ligado y cuando está en el estado excitado el sistema puede ionizarse. Así, la manipulación del paquete de ondas está relaciona-

da con estos dos estados y permite pensar en el control externo de estados atómicos.

Estas mismas ideas se pueden extender a sistemas más complicados que los átomos como los semiconductores. Los semiconductores son la base actual de la industria Microelectrónica, ellos se han diseñado y controlado artificialmente, entonces aplicar las ideas de control de estados parece ser el siguiente paso en la tecnología que apunta hacia el control de dispositivos nanoelectrónicos dentro de la propuesta de la computación cuántica.

Referencias

1. **Wojciech H. Zurek:** *Decoherence and the Transition from Quantum to Classical*, *Physics Today*, 36, October, 1991.
2. **Brune M., Hagley E., Dreyer J., Maître X, Maali A., Wunderlich C., Raymond J.M, y Haroche S:** *Observing the Progressive Decoherence of the "Meter" in a Quantum Measurement*, *Physical Review Letters* 77(24):4887, 1996.
3. **Meekhof D.M., Monroe C, King B.E, Itano W.M y Wineland D.J:** *Generation of Nonclassical Motional States of a Trapped Atom*, *Physical Review Letters* 76,(11),1796, 1996.
4. *Observation of Radially Localized Atomic Electron Wave Packets*, *Physical Review Letters* 61,(18),2099, 1988.
5. **Wienach T.C, Abn J, y Bucksbaum P.H:** *Measurement of the Amplitude and Phase of a Sculpted Rydberg Wave Packet*, *Physical Review Letters* 80,(25),5508, 1998.
6. **Poetz W. y Aschroeder A. (Eds.):** *Coherent control in atoms, molecules and semiconductors*, *Kluwer Academic Pub.* 1999. □

NOVEDADES EDITORIALES

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA COSECHA MANUAL DEL CAFÉ

Juan Carlos Vélez Z.
Esther Cecilia Montoya R.
Carlos E. Oliveros T.
Cenicafé, Chinchiná,
noviembre de 1999



Con excepción del último año, la caficultura colombiana ha estado sometida durante la década de los noventa a los efectos de la revaluación de la moneda, lo cual ha elevado los costos de producción y ha afectado negativamente la economía de la principal agroindustria del país. Ante este panorama y para los próximos años, es necesario formular propuestas tecnológicas para el mejoramiento de la rentabilidad, que vayan dirigidas a conseguir una drástica disminución de los costos de producción y más específicamente, hacia la utilización racional y eficiente de la mano de obra en todo el proceso agroindustrial cafetero.

Ante esta situación, el gremio cafetero colombiano, reunido en su LV Congreso Nacional, recomendó a Cenicafé la realización de investigaciones sobre la mano de obra en las distintas etapas del cultivo del café, con prioridad en cosecha, así como la normalización de la mano de obra en todas las actividades de la producción cafetera.

En este documento se presentan los resultados de la investigación sobre "El estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual del café", con el cual se aportan conocimientos sobre la dinámica operativa del proceso y se define y evalúa en el campo un método mejorado de cosecha.

En este documento se presentan los resultados de la investigación sobre "El estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual del café", con el cual se aportan conocimientos sobre la dinámica operativa del proceso y se define y evalúa en el campo un método mejorado de cosecha.

En este documento se presentan los resultados de la investigación sobre "El estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual del café", con el cual se aportan conocimientos sobre la dinámica operativa del proceso y se define y evalúa en el campo un método mejorado de cosecha.

ASÍ, LA FÍSICA SE VE MEJOR

Jacinto Corujo
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Entre Ríos, 2000
Departamento de Imprenta y Publicaciones, Argentina



Este libro ofrece una importante contribución a la enseñanza y divulgación de la Física. El autor presenta una diversidad de temas en un lenguaje que traduce los temas complejos a conceptos fáciles, tratando de amenizar lo rígido y exacto con lo cotidiano y ameno de la vida con que nos enfrentamos todos los días.

El proyecto consiste en la creación, desarrollo, construcción y experimentación de prototipos de material didáctico sencillo y de bajo costo para la enseñanza de la Física. Comprende, además, guías de trabajo para el profesor y el estudiante y fichas de los instrumentos y de las experiencias sugeridas en ellos. La temática abarca mecánica, estática, cinemática, dinámica y óptica geométrica. Los materiales se han concebido de forma modular, de tal manera que en combinaciones distintas permiten realizar experimentos diferentes utilizando los mismos componentes del conjunto.

LA CIENCIA EN EL TERCER MILENIO. DESAFÍOS, DIRECCIONES Y TENDENCIAS

Manuel Calvo Hernando
Editorial Mc Graw Hill / Interamericana
de España. Madrid, España, 2000



Este libro nos invita a examinar las tendencias que modulan ya el perfil del siglo XXI. Dos rasgos sobresalen: la aceleración del cambio tecnológico y la mundialización de los conflictos.

El autor, dedicado desde hace varios años al periodismo científico, tiene los siguientes objetivos al escribir este libro:

1) Ofrecer textos que puedan orientar de alguna manera a los lectores interesados en salir del siglo XX y entrar al siglo XXI con mejor conocimiento de lo que nos jugamos en esta transición y glosar una cierta información básica que permita afrontar los problemas del presente y del futuro inmediato y dejar a nuestros descendientes una sociedad mejor que la que hemos recibido.

2) Servir de altavoz y de caja de resonancia a las constantes y a veces drásticas llamadas de atención sobre los riesgos de la civilización tecnológica y sobre la necesidad de promover la cordura de las relaciones entre seres humanos y países.

3) Subrayar la presencia de la dimensión humana de la ciencia y la tecnología y su influencia creciente en los planes, los análisis y las decisiones de política científica, en aquellas sociedades donde esta política se practica, "que no son muchas, por cierto", según el autor.

DIFUSIÓN INTERNACIONAL DEL ESPAÑOL POR RADIO, TELEVISIÓN Y PRENSA



Marina Parra.
Colaboradoras:
Carolina Mayorga
y Alonso González
Publicación Series Minor XL,
Imprenta Patriótica del Instituto Caro
y Cuervo.
Santa Fe de Bogotá, 1999

La lengua española es uno de los idiomas más importantes utilizados para la intercomunicación en el mundo actual. Algunos cálculos llevan a suponer que ese idioma, considerado como segunda lengua del mundo, tendrá en el siglo XXI muchos más hablantes y mayor importancia que el inglés.

El español, como todas las lenguas del mundo, presenta variaciones, o *dialectos*, expresión simbólica de los cambios en las sociedades que utilizan esta lengua, que son creadas por ellas y son signo de la riqueza y vitalidad del idioma. Sin embargo, el español presenta un fondo lingüístico común que garantiza su unidad. Es precisamente la preocupación por investigar el fondo lingüístico común y las variaciones que se presentan en la lengua española la que ha dado lugar al proyecto que se presenta en este texto.

El trabajo se ha dividido en cuatro capítulos: en el primero se han presentado los planteamientos teóricos; en el segundo se describieron los métodos y procedimientos; en el tercero se exponen y analizan los resultados, y en último se elaboran las conclusiones.

La Medicina especializada en Colombia: una aproximación diagnóstica

Autores: Diego Rosselli, Andrés Otero, Daniella Heller, Claudia Calderón, Socorro Moreno y Adriana Pérez.

Centro Editorial Javeriano, junio de 2000



¿Cuántos médicos especialistas hay en Colombia?; y más importante aún: ¿cuántos se necesitan? Éstas fueron las preguntas que orientaron el "Proyecto Medea", cuyos resultados acaba de publicar la Unidad de Epidemiología Clínica de la Facultad de Medicina de la Universidad Javeriana. El grupo de investigadores, que encabeza el neurólogo Diego Rosselli, nos presenta en este libro el desarrollo histórico de doce especialidades de la Medicina. En él se resume de manera clara una gran cantidad de bibliografía nacional y extranjera sobre el tema de la planeación de los recursos humanos y la oferta y demanda de servicios médicos. Hay capítulos dedicados a la distribución geográfica de los especialistas y a la participación de la mujer en la Medicina colombiana. Es novedosa y llamativa la metodología empleada por los autores para estimar la población de médicos, ya que utiliza una técnica probada por décadas para calcular la población de animales salvajes. Este libro tiene la debilidad de ignorar muchas de las especialidades de la Medicina, pero este defecto se perdona por el rigor metodológico al abordar las doce escogidas y, sobre todo, por la presentación siempre amena de sus contenidos.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO No. 10

Revista del Centro de Investigaciones en Desarrollo Humano

División de Humanidades y Ciencias Sociales
Ediciones Uninorte
Número 10, diciembre de 1999

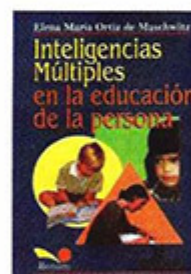
La edición número 10 de esta revista pone énfasis en los efectos del desplazamiento, producto de la violencia política en diferentes poblaciones colombianas, con objeto de enriquecer la discusión internacional sobre este tema y aportar conocimientos objetivos sobre los grandes problemas que suscita el conflicto armado en el mundo.

Los siguientes artículos constituyen este interesante volumen: "Los niños, las guerras y la perversión adulta", "El estrés postraumático y resistencia psicológica en jóvenes desplazados", "El problema de los grupos desplazados por la violencia", "Atribuciones y derechos socio-culturales de género en familias de Caldas", "Observación participante" y "El Pacto Andino (1969-1999): Un balance a tres décadas de su fundación".



INTELIGENCIAS MÚLTIPLES EN LA EDUCACIÓN DE LA PERSONA

Elena María Ortiz de Maschwitz
Editorial Bonum
y Cooperativa Editorial
Magisterio



Este libro nos introduce a la teoría de las inteligencias múltiples del profesor Howard Gardner y su equipo de investigadores de la Universidad de Harvard. Presenta igualmente una amplia serie de sugerencias prácticas para docentes, administradores y padres interesados en potenciar al máximo el intelecto y el estado emocional de niños y jóvenes a su cargo.

En la primera parte se exponen las bases filosóficas de la educación de la persona; en la segunda se explica por qué los nuevos descubrimientos de la neurociencia y de la ciencia cognitiva nos conducen a lograr cambios en los viejos paradigmas de la educación. En la tercera parte se presenta cómo lograr planificar y aplicar un *currículum* en los diferentes niveles educativos; en la cuarta, se explica cómo llevar a cabo una educación basada en las Inteligencias Personales, y en la quinta se da a conocer cómo lograr una evaluación de calidad.

PORTAFOLIO DE INVESTIGACIONES

Universidad Nacional de Colombia
Sede Bogotá
Panamericana Impresión
Bogotá, 2000

La investigación es una de las acciones que definen la razón de ser de la Universidad Nacional de Colombia. Si misión, como lo establece el Decreto 1210 de 1993, concibe que "la Universidad Nacional de Colombia es un ente autónomo del orden nacional cuyo objeto es la educación superior y la investigación, a través del cual el Estado, conforme a la Constitución Política, promoverá el desarrollo de la educación superior hasta sus más altos niveles, fomentará el acceso a ella y desarrollará la investigación, la ciencia y las artes para alcanzar la excelencia".

El objetivo de este *Portafolio de investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*, es presentar los diferentes grupos de investigación, dando a conocer el perfil de sus investigadores, sus publicaciones y realizaciones, sus proyectos y, ante todo, sus formas de interacción con el resto de la sociedad. Con la publicación de este texto se busca, a su vez, conformar una verdadera red de investigadores nacionales.



EDUCACIÓN SUPERIOR Y ACREDITACIÓN EN LOS PAÍSES MIEMBROS DEL CONVENIO ANDRÉS BELLO

Alvaro Campo Cabal y
Henry Yesid Bernal, compiladores
Convenio Andrés Bello, SECAB
Santa Fe de Bogotá, 1999.

La XIX Reunión de Ministros de Educación (REMECAB) de los países del Convenio Andrés Bello, realizada en Cochabamba (Bolivia) en mayo de 1998, abordó de manera central el tema de la educación superior, quizá por primera vez en toda la historia de la organización.

La resolución 007 de la REMECAB señaló acciones específicas y áreas temáticas que el Convenio Andrés Bello debería abordar en educación superior a corto y a mediano plazos. De hecho, dicha resolución dio origen al Encuentro sobre Educación Superior y Acreditación Universitaria que el Convenio Andrés Bello organizó a finales de agosto de 1998 con la participación de la Universidad de Antioquia en Medellín.

Esta obra recoge las principales ponencias, conclusiones y recomendaciones alcanzadas y algunos documentos que circularon con ocasión de dicho evento.

El libro aborda una doble perspectiva: de una parte, presentaciones sobre la situación de la educación superior, y de otra, la experiencia y organización de los sistemas nacionales de acreditación en los países del Convenio Andrés Bello.



La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa



LA BIODIVERSIDAD EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PAPA

Nelson Estrada Ramos
Centro de Información para el Desarrollo- CID
Rosendo Gutiérrez 595 esq.
Ecuador.

El objetivo de este libro es proporcionarles a los profesionales de la agronomía, a profesores, estudiantes y agricultores de América Latina y España una publicación sobre el mejoramiento de la papa.

Este libro, resultado de más de cuarenta años de investigación, ofrece a los lectores de habla castellana un panorama integral sobre las distintas disciplinas relacionadas con el fitomejoramiento: historia, evolución, taxonomía, fitopatología, entomología, citología, fisiología, estadística, genética y recursos genéticos.

La información reunida se complementa con sugerencias respecto a las evaluaciones de campo de los materiales clonales, así como algunos diseños apropiados para conducir experimentos. Algunos de los métodos descritos pueden también aplicarse a otras plantas de propagación asexual como la yuca, la batata y el banano, entre otras.



Pedagogía en valores: Hacia una filosofía moral y política de la educación

Alexander Ruiz Silva
Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Plaza y Janés Editores Colombia S.A.
Bogotá, 2000

La orientación general de este libro se mueve en el terreno de la filosofía de la educación, y el enfoque fundamental a través del cual se emprende el análisis —tanto de los textos como de las acciones metodológicas y las experiencias generales de indagación— se basa en una intencionalidad comprensiva. De este modo, se intenta mostrar las conexiones y articulaciones internas entre las esferas moral, política, comunicativa y pedagógica, así como los obstáculos, dificultades y resistencias más relevantes que se generan en algunos de nuestros contextos educativos frente al establecimiento dichos vínculos. El doctor Guillermo Hoyos Vásquez hace la siguiente apreciación con respecto al libro: "En el momento en que el autor presume, con sus investigaciones sobre la práctica pedagógica y sobre los medios de comunicación, poder intervenir de alguna forma en el cambio de las concepciones y de las costumbres políticas de los futuros ciudadanos, se está haciendo una propuesta de convergencia entre ética y política de consecuencias muy relevantes: se están señalando las posibilidades reales de un proceso educativo crítico y comprometido en la formación de ciudadanos".



FUNDACION FES
FUNDACION ANTONIO RESTREPO BARCO



Explorando el conocimiento y la formación social para el progreso

Libros y revistas con contenidos de alto nivel profesional en las áreas de:

- Educación
- Desarrollo social
- Medio ambiente
- Cultura
- Salud

REVISTA ALEGRÍA DE ENSEÑAR

El material de consulta preferido por maestros e investigadores colombianos



El Largo y Sorprendente Viaje de las Pleyades



Manuales de Autevaluación y Fortalecimiento de Instituciones de Protección



Evaluación de Proyectos Sociales



La Reforma Ambiental en Colombia

Solicite hoy mismo nuestro Catálogo de Publicaciones en las oficinas de FES en todo el país

Informes y ventas: CENTRO DE PUBLICACIONES
Calle 64 Nte. #5B-146, Telefax (92) 6652167, PBX. 6661700, FAX 6654300



Banco de la República

Santafé de Bogotá D. C., Colombia

Patrocinador

Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología

Objetivos

- Fomentar y promocionar estudios e investigaciones científicas que realicen profesionales colombianos o extranjeros residentes.
- Financiar parcialmente la organización de eventos científicos; la participación como ponentes, de científicos colombianos, en congresos y seminarios internacionales de muy reconocido nivel académico; y la traducción al español de tesis e investigaciones científicas, de excelente calidad, sobre Colombia.
- Financiar investigaciones científicas en el área económica, en temas relacionados con política cambiaria, desarrollo financiero, política de control de inflación, evaluación de proyectos de gasto público, déficit fiscal y política de estabilización, federalismo fiscal y descentralización fiscal, desarrollo de indicadores de actividad económica, historia económica, empleo, desempleo, política salarial y competitividad de la economía.

Requisitos

1. Haber cursado estudios superiores y tener título académico (Preferiblemente Master o Doctorado).
2. Demostrar suficiente experiencia como investigador en el tema que se propone trabajar
3. Estar vinculado a un centro docente o de investigación, de reconocida idoneidad.
4. Presentar temas de interés para el país.
5. Estar, preferiblemente, residenciado en Colombia.