

Innovación y Ciencia

VOLUMEN VI, N° 4, 1997

El último eclipse solar del siglo

El virus del milenio

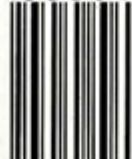
¿Por dónde
pasó el electrón?

QUIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$6.200.00

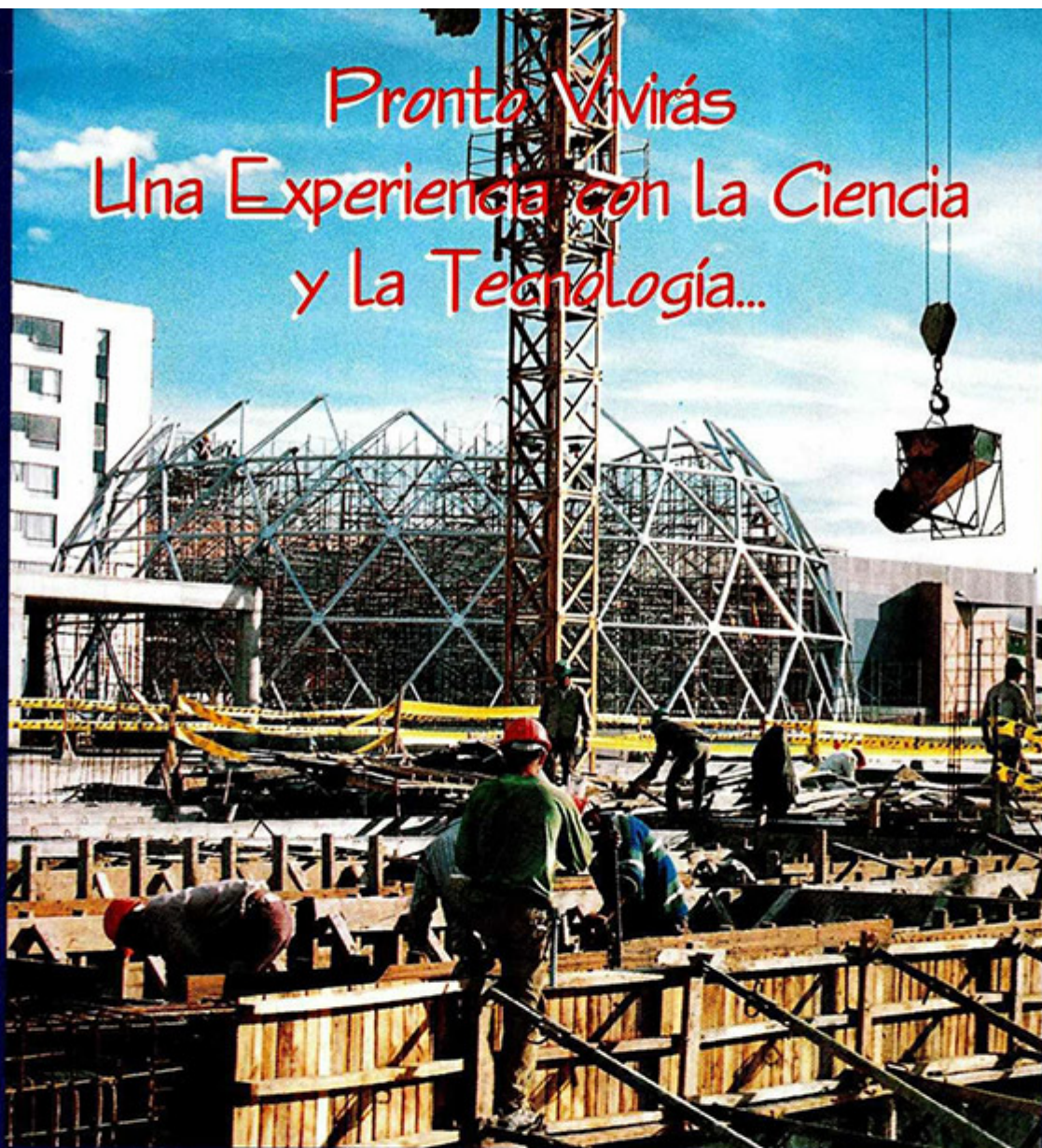
ISSN 0121-5140



00004



Pronto Vivirás
Una Experiencia con La Ciencia
y La Tecnología...



Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología



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

Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología MALOKA
Cra. 68D Calle 43 A Ciudad Salitre, Telefax: (571) 4270227 Tels: 4272468 - 4272469 - 4272470
Santafé de Bogotá - Colombia





*L*a Fundación Alejandro Ángel Escobar

anuncia la apertura de sus concursos de
Ciencias y Solidaridad 1998



Tres premios en Ciencias:

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



Dos premios en Solidaridad:



Las inscripciones estarán abiertas desde
el 15 de enero y se cerrarán el 31 de marzo
de 1998



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 - URL: <http://faae.org.co>



Santafé de Bogotá, D.C., Colombia



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

Presidente
Eduardo Posada

Directora ejecutiva
Nohora Elizabeth Hoyos T.

Innovación y Ciencia es la revista
de divulgación científica y tecnológica de la Asociación
Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC.

Coordinadora editorial
Rosario Martínez

Comité editorial
Nohora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina, Eduardo Posada,
Manuel Cardozo, Rosario Martínez.

Asesoría editorial
Mauricio Pérez Gil.

Consejo editorial internacional
José Fernando Escobar, Leon Lederman,
Isabel Llano, Rodolfo Llinás.

Consejo editorial nacional
Carlos Corredor, Rodrigo Escobar Navia, Rodrigo Gutiérrez,
Guillermo Hoyos, Luis Eduardo Mora-Osejo,
Antonio Ordóñez-Plaja, Efraim Otero, Manuel Elkin Patarroyo,
Jorge Rodríguez Arbeláez, Jorge Eliécer Ruiz

Corresponsales
Juan Carlos Salcedo, Alba Avila, Andrés M. Pérez-Acosta

Publicidad
Clara López, Lilián Torres

Secretaría
Yenny Yuliett Arias

Corrección de estilo
Germán González

Diseño gráfico y Producción
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

Fotografía
Photo Images Ltda., The Image Bank, Super Stock

Preprensa electrónica
Elograf Ltda

Impresión
Printer Colombiana S. A.

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

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 la revista.

Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447
del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140.
Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal.
Venc. dic 98.

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581.
Fax: 2216950. Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.
e-mail: acac1@colciencias.gov.co
Santalé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$8.200.
Suscripción (5 números al año): \$29.000.

CONTENIDO



Los colombianos podrán
apreciar a comienzos de
1998, el último eclipse
solar de este siglo, y que
no será visto nuevamente
sino hasta el año 2005.

NOTA DEL EDITOR

Cmprometidos con el medio ambiente.

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

Nuevo y enigmático género de hormigas.
Sorpresas en los trópicos e incertidumbres en biología.

8

La Maloca: pensamiento simbólico uitoto.

12

El virus del milenio.

16

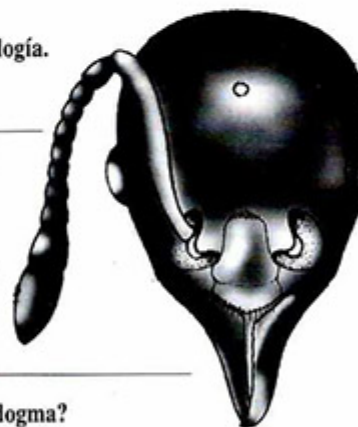
Regeneración de fibras nerviosas. ¿El final de un dogma?

18

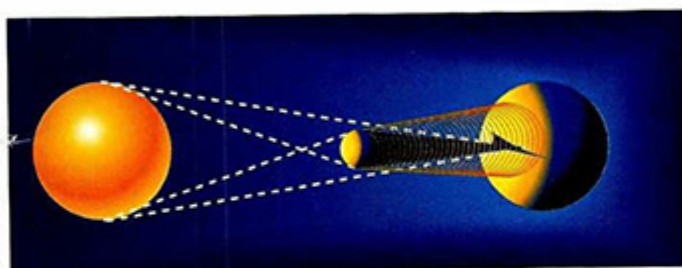
VISTAZOS

Detector de melanomas.
Las hormonas sexuales y las enfermedades cardiovasculares.
Medicamentos inhalados: un gran futuro.
Los hombres tienen más neuronas que las mujeres.
Neuroimagen: la tecnología impulsa el desarrollo de la ciencia.
"Matriarcados" entre hembras chimpance.
Un metal que sí respira.
Nuevo método para ablandar la carne.
Dudas sobre la eficacia de los "medicamentos estrella" contra el SIDA.

20



ARTICULOS



El último eclipse de sol para Colombia en este siglo: 26 de febrero de 1998.

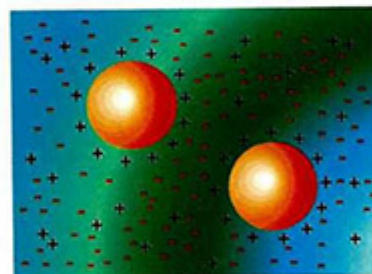
El autor explica por qué tienen lugar los eclipses de luna y de sol. Describe en detalle el último eclipse solar de este siglo que los colombianos podrán apreciar a comienzos de 1998 y que no será visto nuevamente sino hasta el año 2005. Aprenda cómo y qué observar durante un eclipse de sol.

28

Coloides y fuerzas coloidales.

El autor presenta las bases del estado coloidal, a saber, los parámetros físico-químicos de las partículas coloidales y las fuerzas que determinan la estabilidad y el comportamiento de las dispersiones. Los medios coloidales constituyen una disciplina en plena expansión y presentan un enorme potencial en la biotecnología y en la industria en general.

38



¿Por dónde pasó el electrón?

¿Cómo hacen los físicos para "ver" la colisión entre un protón y un antiprotón? ¿Cómo estudian objetos cuyas dimensiones son del orden de 10^{-15} metros? La principal herramienta utilizada para crear y estudiar estos corpúsculos es el acelerador de partículas. El autor describe tres de las técnicas utilizadas en la investigación de física de partículas y explica la importancia de estas tecnologías en la industria y en la medicina.

46

Dragones y otros monstruos matemáticos: fractales.

La autora presenta la curva de Peano, curva paradójica que llena totalmente un cuadrado. Su construcción corresponde a lo que hoy llamamos fractales, que hicieron su aparición hace unos veinte años en los trabajos de Benoit Mandelbrot. Se presenta la construcción de un dragón, figura que tiene la propiedad de "embaldosar" el plano.

58

La psicología como ciencia.

Se analiza el estado de la psicología como disciplina científica, incluyendo sus fundamentos, campos de investigación y relación con otras disciplinas. Al utilizar el método científico -común a todas las ciencias- la psicología se clasifica como tal. Esta disciplina tiene importantes aplicaciones en los problemas humanos en diversos campos (clínico, industrial/organizacional, social, comunitario, ecológico, ambiental, etc.).

68

NOVEDADES EDITORIALES

74



Universidad Nacional de Colombia

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Hora	
0:00	U. N. Satélite					Jazz... La Media Noche	Eros y Boleros	2:00	
3:00	Euterpe					U. N. Satélite		3:00	
6:00	U.N. Noticias Vía Satélite					Desde Holanda	Música de las Religiones	7:00	
7:15	U.N. Análisis							8:00	
8:15	Torre de Babel					Selecciones de U.N.Radio	Perspectivas	9:00	
8:45	Revista de Colcultura					Tesis de Grado	El Derecho y el Revés	9:30	
9:00	Protagonistas de la Música					Perfiles	Análisis Político	10:00	
						Economía y Sociedad	Debates Económicos	10:30	
						Selecciones	Reseña	11:00	
							Diario de Campo	11:30	
						Crónica Urbana	Memoria Reciente	12:00	
						Imaginario del Rock	ΕΡΟΥΕ	12:30	
						Brasil Musical	Selecciones	1:00	
1:00	Jazz... La Hora					Música Latinoamericana	Música Colombiana	2:00	
2:00	Música Antigua					Escuchacme	Tanguedia	3:00	
3:00	Música de Cámara					Rock 98 1/2	Historia del Flamenco	4:00	
4:00	Siglo XX				Sonido Virtual Blues		La Hora del Blues	5:00	
6:00	Cinco Décadas de Rock	La Hora de la Resistencia	Psicosis	Imaginario del Rock	Rockoco	Soul To Soul	Conferencia de la Semana	6:00	
7:00	La U en F.M.		Selecciones de U.N. RADIO				Interacción	7:00	
7:30	U.N. Satélite						De Rumba	En el Corazón del Patio	7:30
8:00	Invitado Musical							Teatro en Música	8:00
9:00	Hipótesis	Número y Razón	Radio de Acción	Tierra de por Medio	Caribeando	Selecciones de U.N. RADIO		11:00	
9:30	U.N. P.M. Noticiero Vía Satélite					Industria Digital			
10:00	Los Discos de León					Tanguedia			
11:00	U.N. Satélite								
12:00	EMISIÓN EN DIRECTO							12:00	

NOTA DEL EDITOR

Comprometidos con el medio ambiente

Desde el punto de vista de la termodinámica, el planeta Tierra es un sistema parcialmente cerrado, es decir que tiene intercambios limitados con el exterior. A causa de ello, no hay duda de que los recursos naturales se van a agotar tarde o temprano y la entropía, medida del desorden del sistema, necesariamente crecerá, lo cual va a la par con el deterioro del medio ambiente. La vida, y especialmente la vida inteligente, con su capacidad de organizar el medio que la rodea, puede, en cierta medida, detener o, por lo menos, retardar esos procesos.

Dentro de ese marco, los problemas que revisten mayor gravedad en lo inmediato, son sin duda el calentamiento global y el aumento de tamaño del agujero de la capa de ozono. En ambos casos la ciencia ha jugado un papel importantísimo en la detección del problema y en su explicación, a través del análisis de datos históricos y del uso de sensores remotos. Las herramientas cada vez más finas de que se dispone en la actualidad, gracias a los avances en instrumentación analítica, en óptica y a la consolidación de las ciencias espaciales, permitirán cada vez con mayor exactitud, evaluar los daños que sufre el medio ambiente y establecer sus causas.

El diagnóstico sólo no basta, ya que nada sacamos con saber que el calentamiento global se debe en buena parte a las emisiones de gas carbónico o de metano por parte de la industria, si ello no conduce rápidamente a implementar las soluciones globales requeridas.

Los problemas del medio ambiente afectan a la totalidad del planeta, aunque la contaminación que los causa sea producida tan sólo por unos pocos países, y sus efectos, si bien generales, tendrán una mayor incidencia en las naciones pobres, con menor preparación para contrarrestarlos.

Las discusiones que tuvieron lugar durante la reunión de Río y que condujeron a la agenda de ese nombre, contemplaron la mayoría de los temas cruciales relacionados con el deterioro del medio ambiente y llevaron a compromisos a varios países, en lo que tiene que ver con la disminución de gases contaminantes. Su cumplimiento se está evaluando actualmente. Aunque la parte relativa a la producción de fluorocarbonados, principales responsables del agujero en la capa de ozono, se ha podido satisfacer con relativa facilidad, otra ha sido la suerte de los compromisos relativos a la reducción de gases asociados al

calentamiento global, dado que los mayores productores, encabezados por Estados Unidos, de lejos el mayor contaminador, y la China, se han mostrado muy reticentes a ello, temiendo, una disminución en su crecimiento económico a corto plazo. Esa actitud, movida por intereses políticos inmediatistas, muestra una ceguera total y un completo desinterés por la suerte de las futuras generaciones.

En ese contexto, la ciencia y la tecnología están llamadas a jugar un papel cada vez más importante, no sólo haciéndonos conocer de manera objetiva y completa los problemas que enfrentamos, sino ayudándonos a valorar esos problemas y buscando resolverlos mediante métodos científicos. Infortunadamente, hasta hace relativamente poco tiempo, un tema tan trascendental ha estado casi completamente en manos de aficionados. Es evidente que, a mediano plazo, la solución en este campo debe tener una base tecnológica, dada la magnitud de los problemas que se deben afrontar.

Otro aspecto fundamental que considerar es el de la educación, tanto educación formal de los jóvenes, como educación informal y no formal dirigida al público en general. Es urgente modificar la actitud de la comunidad hacia el medio ambiente, hacer que se dé cuenta de la gravedad y urgencia de los problemas involucrados y dotarla de las herramientas necesarias para contribuir a su solución.

La toma de conciencia sobre el problema ambiental es probablemente el primero de los campos en que se debe actuar, procurando no sólo informar al público, sino hacer que asuma una actitud activa a la escala del medio que lo rodea, en su familia, su lugar de trabajo y su comunidad. Esa acción debe también extenderse a la formación de opinión en temas tan trascendentales, para que la sociedad entera pueda orientar las decisiones de los gobiernos.

Es urgente buscar que los países más contaminantes tomen medidas urgentes al respecto y aceleren los procesos de cambio profundo que se requieren. Ojalá la reunión de Kioto genere los resultados que se precisan con urgencia.

NOHORA ELIZABETH HOYOS **EDUARDO POSADA**
Directora Ejecutiva Presidente

A. C. A. C. ó Asociación C. P. A. C.

Nuevo y enigmático género de hormigas



Con más de 100 millones de años de historia y unas 10.000 especies conocidas, las hormigas constituyen uno de los grupos de insectos más estudiados en el mundo. En los ecosistemas no sólo son importantes por su número, sino por lo que hacen. Hay depredadoras y omnívoras; algunas sólo se alimentan de hongos que ellas mismas cultivan, otras de huevos de arañas.

Hay especies que utilizan como alimento a otras hormigas, mientras que varias especies viven con plantas en asociaciones mutualistas. Se ha calculado que un tercio de la biomasa de artrópodos en la Amazonía está representado por hormigas.

Entre los insectos, las hormigas son un grupo relativamente bien conocido, con un amplio grupo de sistemáticos clarificando sus nombres y relaciones genealógicas

desde comienzos de la segunda mitad de este siglo. La descripción de especies nuevas es una labor más o menos rutinaria, y las regiones tropicales son fuente continua de novedades taxonómicas en este nivel. Los géneros son una categoría superior a especie (un género comprende varias especies) y son más raramente descubiertos y descritos en la literatura científica.

La familia de las hormigas, Formicidae, comprende 17 subfa-



Sorpresas en los trópicos e incertidumbres en biología

milias vivientes y extintas, según la clasificación más reciente. Algunas son muy raras y de hábitos ocultos, como Leptanilloidinae, con dos géneros y unas seis especies conocidas en Colombia, Ecuador, Bolivia y Brasil. Al parecer son de hábitos legionarios (nómadas). Otras, como Myrmicinae, son muy grandes y con muchas especies comunes como la hormiga arriera (*Atta spp*) o la hormiga del fuego (*Solenopsis spp*).

La región neotropical comprende alrededor de 3.000 especies, y en Colombia se han reconocido hasta el momento más de 900 especies, siendo un país rico en este grupo; Colombia posee más o menos un 25% de la fauna neotropical. Las regiones naturales han sido desigualmente estudiadas, por lo cual pueden hacerse actualmente

balances firmes; sin embargo, la franja entre Chocó y Nariño (llamada "Chocó biogeográfico") parece ser la más rica en términos de variedad taxonómica. Regiones como Santa Cecilia (Risaralda), Medio Calima, Anchicayá, Yotoco (Valle), Nambí (Nariño) y Nuquí (Chocó) poseen, al parecer, faunas ricas en endemismos (es decir, elementos autóctonos).

Fue en La Planada, Nariño, la primera vez que nos encontramos con las raras hormigas que constituirían después un nuevo género para la ciencia. Como parte de la tesis de Catalina Estrada llegaron estas hormigas para su identificación, resultando a primer golpe de vista algo que no se podía ubicar dentro de ninguno de los actuales géneros de Myrmicinae. Se coleccionaron varias obreras y una reina en la corteza de una *Palicourea* (Rubiaceae) en alguna de las trochas cercanas a la estación de la Reserva. Luego apareció material

de otras dos nuevas especies, de Panamá y Ecuador, gentilmente cedidas por el doctor Phillip S. Ward de la Universidad de California, en Davis. Cuando se había avanzado en el manuscrito con las descripciones, apareció una cuarta nueva especie, esta vez del Valle y coleccionada por Rosa Aldana.

Los rasgos morfológicos son tan distintivos, que incluso no se ha podido ubicar este nuevo género dentro de alguna de las actuales tribus aceptadas en Myrmicinae (una tribu es una división inferior a subfamilia y comprende uno o varios géneros). Sus mandíbulas son largas y poseen, cada una, una serie de dienteitos diminutos (sólo visibles con largos aumentos) en sus bordes internos.

En la parte frontal de la cabeza hay dos grandes concavidades dentro de las cuales nacen las antenas. El aparato de aguijón, de acuerdo a Diniz y Brandao (Universidad de Sao Paulo), posee una estructura particular y primitiva, no semejante a la de ningún otro género de

Con más de 100 millones de años de historia y unas 10.000 especies conocidas, las hormigas son uno de los grupos de insectos más estudiados en el mundo.

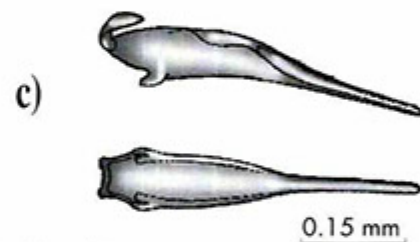
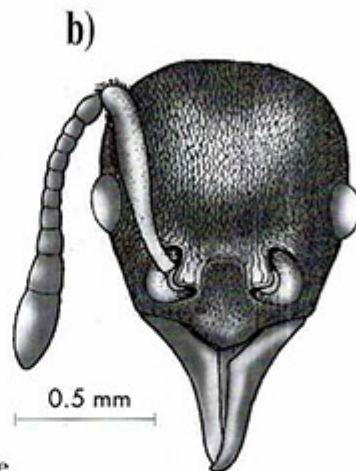
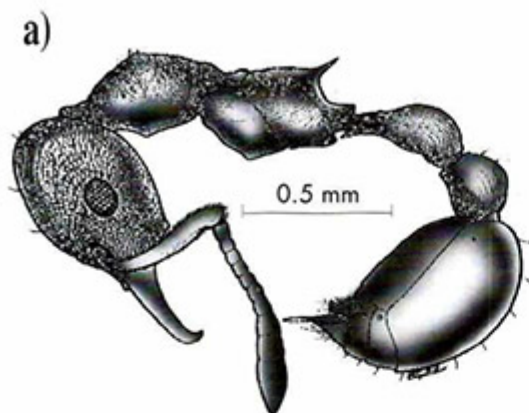


Figura. Género de hormigas descrito (se han eliminado las patas). Obrera: vista lateral (a), cabeza (b), aparato de aguijón (c). Reina: vista lateral (d), cabeza (e). (Dibujos modificados de E. Palacios).

hormigas. Esta combinación de rasgos separa a estas hormigas de las demás myrmecinas. Los dientecitos de las mandíbulas, que nacen del tegumento y no son simples prolongaciones de éste, conforman, al parecer, una sinapomorfia (un carácter exclusivo) para el nuevo género y permite separarlo tajantemente de las otras hormigas (figura).

¿Cómo vive esta hormiga? Este es un interesante problema por resolver. A juzgar por sus mandíbulas y dientecitos, debe tratarse de cazadoras de otros insectos. Parece que viven en la corteza de árboles y al interior de troncos, y patrullan tanto arbolitos como hojarasca para la búsqueda de sus presas. Sobre su organización interna, estructura, castas y tipo de macho nada se sabe.

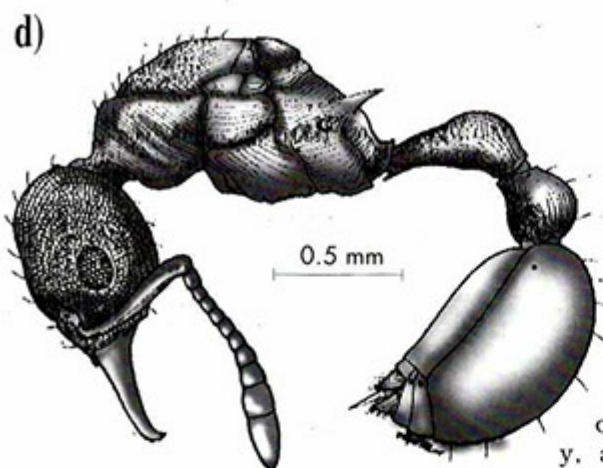
¿Y sus relaciones filogenéticas? Sólo hasta hace poco se han hecho propuestas más o menos estables para la filogenia de las subfamilias de hormigas, gracias principalmente al trabajo de Cesare Baroni (Museo de Zoología, Basel), Barry Bolton (Museo de Historia Natural de Londres) y P.S. Ward. Sin embargo, la filogenia interna de subfamilias como Myrmecinae (la más grande y compleja) permanece en la oscuridad. Algunas tribus están más o menos definidas, como las cortadoras de hojas (Attini), las hormigas del fuego y sus asociadas (Solenopsidini) o las hormigas arbóreas acorazadas (Cephalotini). Muchos otros grupos permanecen en asociacio-

nes, en muchos casos artificiales e inestables. Aún así, el nuevo género, descrito con la coautoría de Edgard Palacio, de la Fundación Nova Hylaea, constituye una novedad que no encaja en ninguna tribu o género de los conocidos en las hormigas.

Este hallazgo tan interesante tiene otras connotaciones. Es interesante que, a pesar de la extensa área de hábitat de estas hormigas (Panamá a Ecuador) sólo se hayan descubierto hasta hace relativamente poco tiempo. Regiones como Panamá, el Valle del Cauca y el norte del Ecuador se han muestreado aceptablemente bien, y estas hormigas habían permanecido "ocultas". Otras hormigas raras o apenas conocidas por escasos ejemplares de museo han aparecido poco a poco y en sitios a veces inusuales. Hace apenas un mes varios colegas de Nova Hylaea coleccionaron varios ejemplares de Leptanilloides, uno de los taxones más raros de hormigas. El poco material de Colombia correspondía a un par de especies de Antioquia y Magdalena coleccionados en los años 30 y 40. Casi 60 años después, aparece material nuevo de un bosque alterado en la región de Pedro Palo, municipio de Tena, Cundinamarca. Las especies "relictuales",

"primitivas" o excepcionales, no necesariamente deben corresponder sólo a bosques vírgenes de remotas selvas o enclaves inaccesibles de alguna montaña perdida en el tiempo. Poco a poco hemos observado que los insectos han aprendido a ajustarse al nuevo paisaje, el de los agrosistemas, rastrojos, bosques secundarios y ambientes rurales y altamente antropomórficos. La nueva fisionomía de la biosfera es de los paisajes en mosaico, con grandes extensiones de pastizales o cultivos salpicados por islas de bosques secundarios, algunas conectadas entre sí por corredores, o simplemente en total aislamiento.

Al parecer, algunas hormigas prosperan en microambientes propicios (como hojarasca en bases de árboles o en epífitas) que les permiten sobrevivir en ambientes nue-



vos con climas de otra forma adversos. Esto puede ocurrir también con otros insectos y artrópodos. Las hormigas del nuevo género parecen pertenecer a un grupo primitivo (por su morfología y aparato de aguijón) y sólo una especie se encontró en sitios relativamente alterados. Por su desconocida biología, no sabemos si sus requerimientos de sustrato de nidificación y tipos de presas las harían susceptibles a cambios en su medio ambiente, o si tendrían la capacidad biológica de prosperar en ambientes alterados.

El descubrimiento de nuevos géneros para la ciencia, en grupos aceptablemente conocidos a este nivel (genérico) en regiones amplias, hace pensar que posiblemente estemos lejos de obtener figuras fiables sobre la diversidad biológica del más grande filum del planeta, el de los artrópodos. Si en los grupos mejor estudiados quedan aún novedades y sorpresas taxonómicas, ¿cuántos taxones esperan ser descubiertos y descritos en la vasta mayoría de grupos de artrópodos de nuestra región tropical?

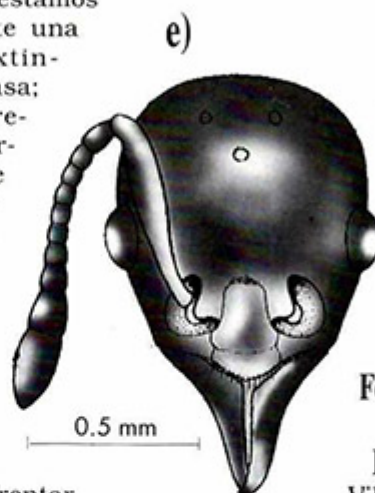
Si la tarea de estimar especies en la biosfera se acerca a un ejercicio de adivinación -y nunca podremos estar seguros de tener un dato firme de cantidad de taxa en nuestros ecosistemas-, las estrategias de estudios en otras disciplinas como biogeografía, ecología y con-

servación se hacen aún más difusas e inestables de lo considerado. No sabemos cuántas especies han existido ni cuántas existen; no hemos podido definir satisfactoriamente la especie (y al parecer jamás podremos hacerlo); no sabemos si estamos o no ante una nueva extinción en masa;

y, además, recientemente se fortalece la idea de que la mayoría de estudios en ecología no son más que elegantes ejercicios de biología y matemática con poca aproximación a la realidad.

Estas incertidumbres obligan a pensar en nuevas estrategias para enfrentar el problema acuciante de la coexistencia de nuestra especie con la biosfera. Probablemente debe-

mos dejar al lado ciertos problemas en biología y ecología, problemas cuya naturaleza los hace inabordables, para dirigir nuestro tiempo y esfuerzo a otros asuntos menos complicados pero más estudiados.



Fernando Fernández C.
Investigador,
Instituto von Humboldt,
Villa de Leyva, Colombia.
e-mail:
humboldt@openway.com.co

Bibliografía

1. Bolton B. A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae) *Journal of Natural History* 29:1037-1056, 1995.

2. Cuezco F. Formicidae en: J. Coscarón & J.J. Morrone (eds) *Biodiversidad en la Argentina Museo de La Plata, Argentina*, 1998

3. Escalante J.A. Especies de hormigas conocidas del Perú (Hymenoptera: Formicidae) *Revista Peruana de Entomología* 34:1-13, 1993.

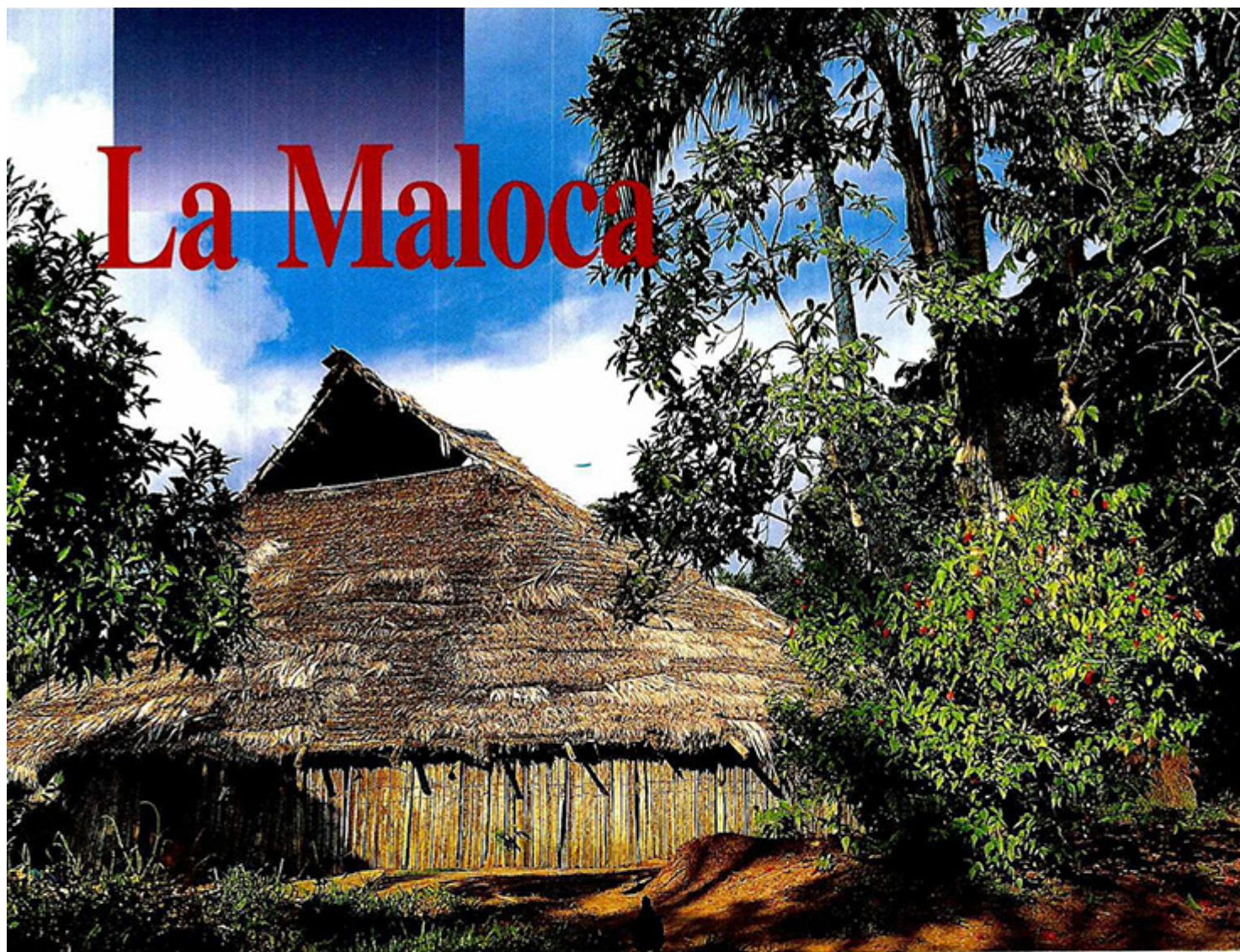
4. Fernández F., Palacio E.E., MacKay, W.P. & E. Introducción a

las Hormigas (Formicidae) de Colombia en G. Andrade, G. Amat & F. Fernández (eds) *Insectos de Colombia: Estudios Escogidos. Acad. Cienc. Nat. Fis. Exac. Col & Cen. De. U. Javeriana, Santafé de Bogotá D.C.*, 1996

5. Longino J.T. & Hanson P.E. The ants (Formicidae) pp. 588-620 en P.H. Hanson & I. Gauld (eds) *Hymenoptera of Costa Rica, Oxford*, 1995

6. Zulesi L.C., de Abenante Y.P. & Philippi M.E. *Catálogo sistemático de las especies de formicidas del Uruguay. Pub. Extr. Mus. Nac. Hist. Nat., Montevideo.*, 1989

La Maloca



Introducción

Pensamiento simbólico Uitoto

Los Uitoto, como otras etnias que desde hace milenios habitan la Selva Amazónica colombiana, se sienten y son parte integral de este entorno e interactúan con él y con sus demás "habitantes" (espíritus y animales) para obtener lo necesario para su subsistencia. En la selva encuentran todos los elementos necesarios para satisfacer sus necesidades de cobijo (construcción de malocas y casas); abrigo (vestidos rituales y otros); plantas y otros elementos fundamentales para la aplicación de su medicina; instrumentos rituales; y alimentación, que se procuran con productos de la agricultura, la caza y la pesca. Este tipo de relación establecida entre la etnia y su entorno se halla fundamentada en el texto mítico ("historia, mito, cuento, otros) que sirve de base para la tradición oral Uitoto.

Los Uitoto, en general, no son partidarios de acumular bienes de prestigio, aunque les agrada lo que les ofrece la sociedad mayor (motores, que les permiten trasladarse con seguridad a sus hogares, grabadoras, relojes y otros artículos); practican una economía de subsistencia y sostienen un comercio de intercambio con otras comunidades afines, en especial de aquellos objetos necesarios para su cotidianidad que no encuentran en su hábitat. Otras necesidades que sólo pueden satisfacerse con dinero, como la adquisición de vestuario y de los elementos esenciales para los estudios de bachillerato y universidad de sus hijos, las financian con la venta del producto de la pesca y de la cacería, o también con la venta de su fuerza de trabajo a las instituciones gubernamentales o a los comerciantes de las localidades de Araracuara, en el departamento del Caquetá y Puerto Santander, en el departamento del Amazonas.

Las comunidades Uitoto de los resguardos del Caquetá Medio conservan en su gran mayoría las costumbres ancestrales, en especial los ancianos –como los abuelos(as) sabedores–, aunque los más jóvenes se inclinan por los artículos alimenticios y objetos que ofrecen los comerciantes en intercambio por sus productos. A diferencia de las comunidades de los resguardos, las que viven en los alrededores de centros de acopio de productos, como Araracuara, en el departamento del Caquetá y Puerto Santander, en el Amazonas, que son núcleos de como la educación de las hijas y de los hijos menores y el manejo cotidiano de la maloca. Lo ritual sagrado, la educación de los hijos, la transmisión de la tradición oral, la caza, la pesca y el manejo del bosque son actividades de los hombres.

La vivienda de los Uitoto es de tipo rectangular, construida sobre pilotes y conformada por uno o dos dormitorios, una amplia sala (espacio libre para recibir a los visitantes que pernoctan) y una cocina construida al lado de la casa y en algunas ocasiones incluida en ella. Se accede a la vivienda por una escalera que con frecuencia consiste en un simple tronco con muescas equidistantes para colocar los pies.

Cada jefe de familia construye su propia casa, aunque para algunos aspectos del trabajo se recurre al sistema comunal de la minga entre hermanos, cuñados y parientes muy cercanos. Esta práctica exige reciprocidad en el trabajo cuando los parientes lo solicitan.

La Maloca

La etnia de los Uitoto, como otras comunidades de la selva colombiana, puede denominarse de población dispersa, por la práctica de agruparse alrededor de la maloca de un abuelo-sabedor, con quien tienen lazos consanguíneos o parentales, y forman así veredas dispersas a lo largo del curso del río y sus afluentes.

En la maloca residen el abuelo-sabedor y su familia clanil. El abuelo, como depositario de

la sabiduría cultural y social, imparte el conocimiento a través de la transmisión de la tradición oral y su materialización en la cotidianidad; narra la "historia" sagrada, (se refiere a creaciones de los dioses) dentro del ritual de la transformación de la coca en mame (que es el conocimiento); chupa el ambil (miel de tabaco, que es la sabiduría); cuenta los mitos (carreras de conocimiento); narra los cuentos (historias de castigo que no se deben seguir); y maneja la medici-

na tradicional, curando espiritualmente al enfermo y erradicando materialmente la enfermedad con plantas y otros elementos del entorno. Los receptores de sus conocimientos, otros hombres y abuelos en diferentes grados de saber, a los que se les denomina aprendices, demuestran su saber en grandes bailes rituales ante todos los invitados.

La maloca es la construcción más importante de la comunidad. Todos los materiales para su construcción se obtienen en la selva y las técnicas de su utilización son netamente indígenas y transmitidas por tradición oral. Cada uno de los pasos y detalles de la construcción de la maloca está impregnado de un gran significado mítico y ritual. En la maloca se constela el pensamiento mítico simbólico Uitoto. Ella es la representación y simbolización de la madre ancestral creadora, del universo, del mundo y del hombre. La maloca simboliza y representa a la mujer joven y fértil.

Para levantar la maloca es necesario que el futuro dueño cumpla varios requisitos: que el ancestro la haya levantado en el tiempo de la creación; que el padre o el sabedor le haya entregado el conocimiento y el poder para levantarla; que tenga varios aprendices y que posea chagras especiales sembradas con las plantas sagradas rituales para la ocasión.

La estructura de su construcción y los diferentes espacios interiores representan un cuerpo humano, el de la mujer. Capitanes, postes y vigas son los huesos; los bejuco de yaré y panseburro con que se amarra, las venas y nervios de la madre maloca. Cada poste, bejuco, amarre, hoja de palma, o tejido tiene su "historia" mítica y su ritual correspondiente. Su piel son hojas de palma de puy tejidas según los ancestros de la creación (a cada uno de ellos le pertenece un tejido en particular, que representa el esqueleto de un animal epónimo).

La maloca tiene una orientación definida: de oriente a occidente y se construye cerca al río, o cerca a la bocana de un tributario,

**La maloca,
por concretar
y constelar
el pensamiento
simbólico Uitoto,
se constituye en el
"microcosmos"
del mundo indígena.**

o de ambos. Esto es importante para el control de quienes se acercan a ella y por la proximidad de los embarcaderos. Para su construcción se busca la parte más alta del terreno escogido, como una medida prudente frente a las inundaciones.

Las diversas medidas utilizadas para levantar la maloca corresponden a las medidas del cuerpo del abuelo. El diámetro entre los cuatro, que concuerda con la altura de la construcción, se determina según los pasos que "dé" el abuelo. Existe una correspondencia entre el diámetro de los grandes postes o capitanes que soportan el armazón interior, y que suben hasta la cabeza de la madre, y los postes más cortos del contorno, que sostienen el armazón exterior.

De la figura de mujer que representa se aprecian verticalmente tres planos: cabeza y rostro, pecho y costillas, y caderas y extremidades. Su rostro tiene ojos, nariz y boca y se muestra en posición acurrucada, en actitud vigilante, de protección de sus hijos. En el plano horizontal la vemos con sus piernas recogidas, en la posición receptiva de ser fertilizada. Sus brazos y cabeza se dirigen hacia el oriente (tiene una pequeña puerta-cloaca), sus costados (costillas) están orientados hacia el norte y el sur; las caderas y piernas recogidas, hacia el occidente.

Entre el centro de la maloca y uno de sus grandes capitanes se encuentra el lugar sagrado por excelencia: el mambadero, matriz de la madre creadora. En él se sienta noche tras noche en posición fetal el abuelo-sabedor, durante el ritual diario de la transformación de la coca en mambe, a narrar la "Historia". En la pierna derecha, saliendo, se encuentra el fogón y el tiesto, o tibe (tostador), transformador de la coca: cerca a este fogón se encuentran el pilón y el palo pilador, que al pilar la coca la convierte en conocimiento, realizando de esta manera la hierogamia fertilizadora cielo tierra.

Entre los cuatro capitanes centrales y los postes del entorno se sitúa el área doméstica cotidiana sin dividir, con los espacios delimitados tan sólo por los fogones y las hamacas. El área central, que encierran los cuatro postes en la cotidianidad, es un área social que en los grandes rituales se convierte en área ceremonial sagrada. La puerta mira hacia el occidente y sobre los dos postes que la forman se encuentra la viga de la cultura. Frente a la puerta queda el patio, que se denomina de la creación.

En la maloca se encuentran instrumentos rituales sagrados como el maguaré, gran tambor que en ocasiones alcanza dos o más metros de longitud, dependiendo de las carreras de conocimiento del abuelo. El tambor se divide en dos: uno grueso representa a la mujer y otro más delgado representando al hombre; ambos de igual longitud. El maguaré se toca con dos mazos de madera con caucho en el extremo y su sonido alcanza a escucharse a varios kilómetros de distancia.

Existen dos formas de maguaré: el Juabiki o Korábiki, de poca elaboración, y el Juárai, realizado con gran trabajo y que tiene dos bocas unidas por un canal. El Yadiko, palo multiplicador, fertilizador, representa a una gran anaconda. En un extremo tiene la talla de la niña Buinaño orientada hacia la puerta principal de la maloca y en el otro extremo, hacia la parte trasera, se encuentra la talla de un





**Cada uno de los pasos y detalles
de la construcción de la Maloca
está impregnado de un
gran significado
mítico y ritual.**

Yakaré, o babilla. A lo largo de su cuerpo, que puede alcanzar 20 o más metros de longitud, se dibuja y pinta la piel de la anaconda. En torno al Yadiko, y sobre él, se realizan varios bailes rituales para la entrega de poderes de conocimiento.

Levantar la maloca equivale a construir un nuevo centro del mundo, un nuevo ombligo del universo. Por su centro pasa el hilo de la "Historia" (asimilado "al hilo del tejido de la araña, que no se ve pero está presente") como el eje de los mundos. La columna vertebral del abuelo-sabedor representa ese eje, ese hilo. La maloca, por concretar y constelar el pensamiento simbólico uitoto, se constituye en el "microcosmos" del mundo indígena. Ella es el centro ceremonial y social por excelencia.



Blanca de Corredor
Antropóloga,
Universidad Nacional
de Colombia,
Santafé de Bogotá,
Colombia.

El virus del milenio

2000
1990
1980



La llegada del año 2000 ha estado mitificada con apocalípticas predicciones de desastre. Nadie podría haberse imaginado que la misma tecnología podría ser una de las plagas del mundo moderno. Al final de este siglo, muchos de nosotros tenemos algo que ver con computadores. Muy a menudo se digita información o más fácil aún, se utilizan lectores con códigos de barras o tarjetas plásticas con cintas magnéticas que se utilizan para transferir información financiera, médica o personal. Todos estos sistemas se verían abocados a una tremenda confusión en los primeros segundos de la madrugada del primero de enero del año 2000, en lo que se conoce como el virus del milenio, o para abreviar, y2K.

La base del problema es bastante simple. En el año 2000, por primera vez en la era de los computadores, los cuatro dígitos del año van a cambiar. Esto no tendría nada de especial, salvo que cuando comenzó la era de los computadores en los años sesenta, el almacenamiento de información en la memoria de los equipos era bastante costosa. En 1963, un megabyte de información en un sistema de red costaba \$US175 al mes (en la actualidad es aproximadamente \$US 0.10), por lo que para almacenar fechas se estableció un sistema simple de seis dígitos. Dos para el día, dos para el mes y los dos restantes para los últimos dos dígitos del año, así es que 97 se asumía automáticamente como

1997. El sistema trabaja perfectamente si, digamos, un banco calcula la edad de una persona nacida en 1962 para efectos de seguros y confiabilidad en el pago de obligaciones. El computador realiza la resta, 97 menos 62, lo que arroja 35. Ahora supongamos que estamos en el año 2000; la resta sería 00 menos 62, lo que equivaldría a menos 62 años, una situación desconocida para el sistema.

Una deficiente interpretación del tiempo podría acarrear muchas complicaciones. En el momento, tarjetas de crédito con fecha de expiración de año 00 no pueden ser procesadas por algunas compañías, y garantías de productos a esas fechas pueden ser malinterpretadas. Pero lo que podría ocurrir es aún peor. El sistema bancario se vería en dificultades para el pago de intereses, calculando deudas y liquidando pagos. Las compañías de servicios públicos se verían en aprietos al incluir el factor tiempo en su facturación. Los sistemas estatales también se verían en aprietos con el pago de impuestos. Las aerolíneas y sus sistemas de expedición de tiquetes serían otras de las víctimas. Aparatos mecánicos, como automóviles y elevadores con computadores que controlan las agendas de mantenimiento, resultarían en que las máquinas no han sido revisadas por cien años.

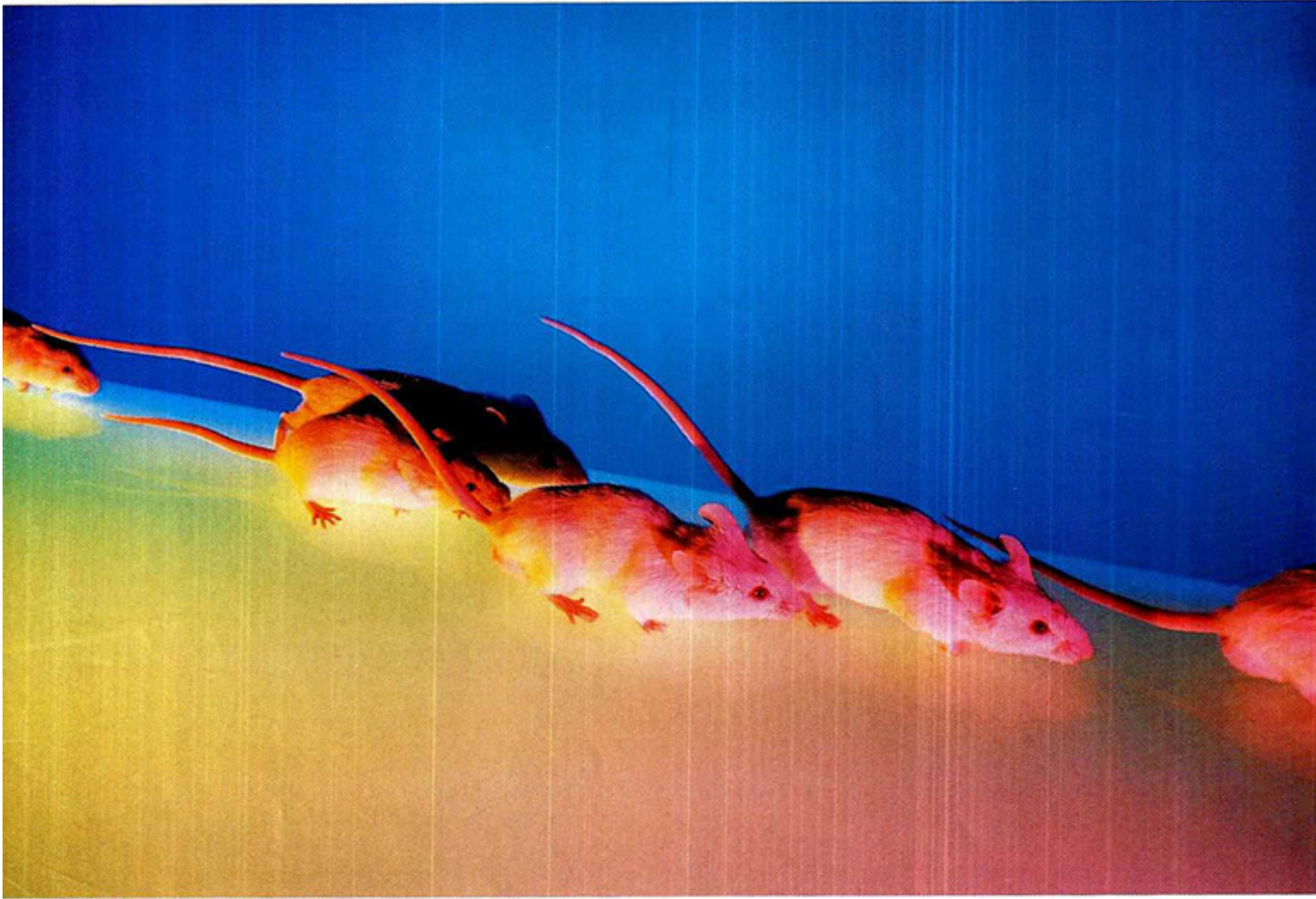
Resolver el problema y2K no es una tarea fácil y el principal inconveniente consiste en poder encontrarlo. Muchos de estos códigos restringidos para el uso de las fechas están en la estructura de los viejos programas que se han asimilado a los sistemas modernos, sin pensarse que algún día sería un problema, haciendo la tarea de búsqueda bastante dispendiosa. Otro aspecto son los procesadores mismos que muy a menudo vienen codificados de fábrica, lo que requiere del uso de programas muy específicos para el manejo del problema. Como la tecnología de fabricación de procesadores va tan rápido, no se creía que esto fuera un problema, ya que se pensaba

que por ejemplo un 8088 o un 286 no estarían en servicio al final del siglo. Pero esto no se puede asegurar, ya que muchos de estos procesadores aún son eficientes y se utilizan en labores de control que no son tan sofisticadas. Como se puede apreciar, la solución no es única.

Lo peor es que no nos queda mucho tiempo para encontrar una salida decorosa. El 31 de diciembre de 1999 se cumple el plazo y no hay manera de pedir una ampliación, el tiempo sigue corriendo con la precisión electrónica de un computador. Los expertos se apresuran a presentar alternativas y muchas compañías ya cuentan con programas especiales, específicamente diseñados para atacar el virus 2000. Es el caso de los tres grandes fabricantes de automóviles americanos, que se asociaron para crear protocolos y planes de contingencia para mantener los inventarios de sus plantas y de sus proveedores de tal manera que las líneas de producción no tengan que pararse.

Ahora cobra sentido ver a algún excéntrico con un cartel que diga: "el fin está cerca". Y no es tiempo para arrepentirse sino para encontrar un antivirus 2000, lo que para muchas compañías se traduce en invertir para evitar las pérdidas que pueda ocasionar la baja en productividad debida a y2K. Esta situación se puede comparar con un comercial muy popular de filtros para autos que solía decir: "usted escoge, pague ahora o pague después".

Ricardo Fierro Medina, Ph.D.
Profesor Asistente,
Departamento de Química,
Universidad Nacional de Colombia,
Santafé de Bogotá, Colombia.
e-mail:
rfierro@ciencias.ciencias.unal.edu.co



Regeneración de fibras nerviosas

¿El final
de un
dogma?

Los neurólogos y neurocirujanos vivimos resignados a trabajar con un tejido cuya recuperación está muy por debajo de la de muchos otros. Por un lado las neuronas no se reproducen en un sistema nervioso maduro. Una neurona que se pierde no ha de ser reemplazada, lo que hace que la recuperación, que sí la hay, tenga que basarse en la plasticidad de aquellas que sobreviven. Pero incluso si la lesión se limita a las fibras nerviosas, preservando la integridad del cuerpo y el núcleo de la neurona, la recupe-

ración suele ser inexistente. Uno de los preceptos dogmáticos de la neurología es que una fibra del sistema nervioso central que haya sido lesionada no se recuperará jamás. Lo dice un papiro egipcio de hace 4500 años: «Si la médula espinal se rompe, ésta es una condición que no puede ser tratada»

Lo paradójico del asunto es que en el sistema nervioso periférico sí existe la posibilidad de regeneración en una fibra que ha sido cercenada. Es por eso que una mano, u otras partes del cuerpo, que han sido amputadas pueden ser reimplanta-

das con recuperación de la motilidad y la sensibilidad. En algunas lesiones de los nervios es posible inclusive transplantar un fragmento de un nervio en reemplazo de otro.

¿Qué hace que en ambiente, el del sistema nervioso central (la médula espinal, por ejemplo) las fibras no se regeneren mientras que en el otro, del sistema nervioso periférico, esto sí ocurra?

Varios grupos de investigadores de la Universidad de Miami, la Universidad de Case Western Reserve y del Instituto Karolinska han coincidido recientemente en la búsqueda del microambiente bioquímico propicio para la regeneración nerviosa en la médula espinal lesionada de animales de laboratorio. La idea es simular el entorno

que se encuentra en las fibras del sistema periférico.

Los experimentos que hasta ahora han mostrado algún grado de éxito incluyen dos componentes indispensables: 1. La utilización de células que sirvan de guía o de andamio a las fibras en vía de regeneración, y 2. La presencia local de factores de crecimiento. Pero incluso en estos casos la recuperación se ha visto en apenas 1 ó 2% de las fibras lesionadas.

Aunque la aplicación clínica en humanos de esta tecnología no se vislumbra aún en los próximos años, los descubrimientos no dejan de ser promisorios. La utilización de un método que permita la recuperación de las fibras nerviosas del sistema nervioso central no

sólo sería de gran impacto social, económico y humano, sino que también echaría por tierra uno de los dogmas más cimentados en la neurología: la resignación dejaría de ser la actitud del equipo de salud hacia estas lesiones que hoy siempre vemos como irreversibles.

Diego Andrés Rosselli C.
Unidad de Epidemiología Clínica,
Universidad Javeriana,
Santafé de Bogotá, Colombia.



89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría



MEDICINA

Detector de melanomas

El índice de mortalidad debido a los melanomas (cáncer en la piel) ha crecido considerablemente en los últimos años, a pesar de que este tipo de cáncer es curable si se le detecta en su etapa inicial. El problema consiste en que cuando se detecta, ya se encuentra muy avanzado. Es difícil distinguir las lesiones de la etapa inicial y el uso de los aparatos que existen en el mercado para tal fin, llamados dermatoscopios, requiere entrenamiento, razón por la cual pocos dermatólogos los emplean.

La compañía Electro-Optical Sciences, del estado de Nueva York, ha venido perfeccionando un dermatoscopio con imágenes digitales que le permite al dermatólogo diferenciar un melanoma benigno de uno maligno, sin mayor entrenamiento. El aparato usa una cámara digital que toma, en segundos, diez fotografías a todo color. Un computador analiza las imágenes y detecta lesiones que el ojo humano no puede discernir. Esta técnica no sólo detecta el cáncer a tiempo, sino que a su vez reduce las biopsias innecesarias.

Las hormonas sexuales y las enfermedades cardiovasculares

En la antigüedad se creía que el balance perfecto de todas las sustancias del cuerpo humano constituía la mejor barrera contra las enfermedades. La evidencia recogida recientemente sugiere que la mezcla correcta de hormonas femeninas y masculinas puede prevenir los problemas cardiovasculares. Recientemente, se ha verificado esta teoría con investigaciones realizadas en Filadelfia, donde se llevó a cabo un estudio en el cual participaron 93 mujeres de raza negra con una edad promedio de 30 años. Se midieron las concentraciones de las hormonas masculinas y femeninas- testosterona y estrógeno- en la sangre de dichas mujeres. En todas ellas la concentración de las hormonas estaba dentro del rango normal, pero las mujeres que presentaban una proporción más alta de testosterona con relación a estrógeno tenían una mayor posibilidad de pre-



sentar tensión alta, resistencia a la insulina y presentaban concentraciones altas de lipoproteína de baja densidad o "colesterol malo", tres factores causantes de enfermedades cardiovasculares.

Este es el primer estudio realizado en mujeres de raza negra; se obtuvieron resultados similares en un estudio de mujeres de origen hispano en los Estados Unidos y las conclusiones fueron similares. Los investigadores se proponen realizar esta investigación en mujeres de diversas razas. Este estudio es importante debido a que la testosterona es ampliamente recetada para combatir la menopausia y puede no ser saludable para el corazón al alterar la proporción entre las diversas hormonas.



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

**SOLICITUD DE ADMISION
PERSONA NATURAL**

TITULAR

ADHERENTE

INFORMACION PERSONAL

APELLIDOS		FECHA DE NACIMIENTO		
NOMBRES		DIAS	MES	AÑO
DIRECCION RESIDENCIA		TI	C.C.	OTROS
TELEFONO		CIUDAD		DEPARTAMENTO
AA		PROFESION		OCUPACION
				PAIS
				EPECIALIZACION
		OTROS		
		OTROS		

INFORMACION LABORAL

ENTIDAD			ENVIO DE CORRESPONDENCIA	
CARGO			RESIDENCIA	<input type="radio"/>
DIRECCION			OFICINA	<input type="radio"/>
TELEFONO			FAX	A.A.
AA			CORREO ELECTRONICO	
CIUDAD			DEPARTAMENTO	PAIS

¿ POR QUE MEDIO CONOCIO LA A.C.A.C. ?

¿ EN QUE ACTIVIDADES DE LA A.C.A.C. LE GUSTARIA PARTICIPAR?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Correo de la Ciencia | <input type="checkbox"/> Boletín Institucional |
| <input type="checkbox"/> Tutor Científico | <input type="checkbox"/> Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología MALOKA |
| <input type="checkbox"/> Encuentro con el futuro | Otra: <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> Actividades académicas | |
| <input type="checkbox"/> Revistas Innovación y Ciencia | |

DOCUMENTOS A ANEXAR

- ℓ* Hoja de Vida
- ℓ* Certificado de Estudios y/o carnet vigente
- ℓ* Fotocopia del Diploma y/o Tarjeta Profesional

A.C.A.C. ESTA EN LIBERTAD DE VERIFICAR LA INFORMACION SUMINISTRADA

NOTA: POR FAVOR NO ENVIAR PAGO ANTES DE RECIBIR CARTA OFICIAL DE ACEPTACION Y CUENTA DE COBRO.

FIRMA

Hágase socio de A.C.A.C.

- Recibir el Boletín de A.C.A.C. y el Boletín del Programa de Interciencia de Recursos Biológicos PIRB.
- Recibir la revista INNOVACION Y CIENCIA.
- Aportar al desarrollo científico y tecnológico nacional y contribuir al fortalecimiento de la comunidad científica colombiana.
- Participar en la formulación de las políticas generales de la Asociación.
- Establecer vínculos con asociaciones y entidades a las cuales pertenece la A.C.A.C. y a través de ellas participar en eventos nacionales e internacionales de carácter científico y tecnológico.
- Obtener descuentos en publicaciones, actividades académicas y eventos realizados por A.C.A.C.

¡Tiene sus
grandes
ventajas!

Para hacerse socio...

Sólo hay que
seguir los siguientes
pasos...

1 Llene la solicitud de admisión y adjunte la documentación respectiva.

2 Para la admisión como miembro titular la solicitud será estudiada por la Junta Directiva Nacional.

3 Una vez recibida la aceptación, haga efectiva su afiliación, cancelando el valor correspondiente de la siguiente forma:

En *efectivo o cheque*, consignando en las siguientes cuentas:

Colmena	010-4500246931
Banco del Estado	01605715-0
Banco Popular	160-20319-6
Granahorrar	0632-10079-5

O con las tarjetas de crédito:
Credibanco, Diners y Credencial.

4 Envíe copia de su pago al fax 221 69 50, al A.A. 92581, o a las oficinas de la Asociación.

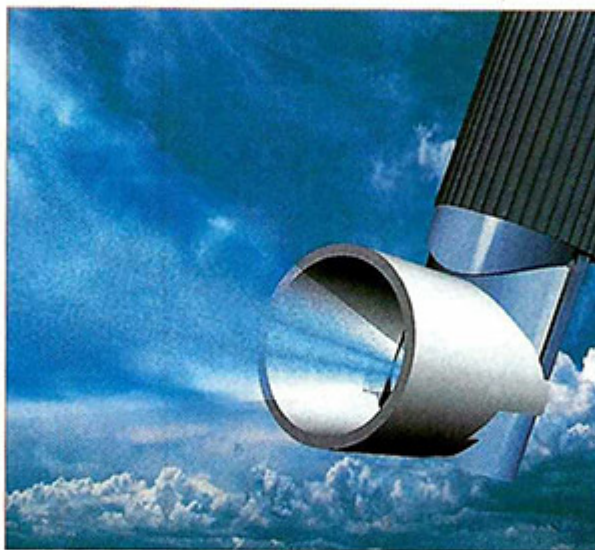
Sólo los miembros titulares podrán elegir y ser elegidos para Junta Directiva y participar con voz y voto en reuniones ordinarias y extraordinarias de la Asamblea general de la Asociación.

**ATENCION Y
SERVICIO AL
SOCIO
221 99 53**

Medicamentos inhalados: un gran futuro

La mayoría de los medicamentos que se están sintetizando gracias a los avances de la biotecnología, están compuestos por péptidos y proteínas que se destruyen muy fácilmente con los jugos gástricos. Si estos medicamentos se tomaran en forma de pastillas, probablemente no llegarían nunca al destino deseado. Debido a que la mayoría de los pacientes le teme a las inyecciones, las empresas farmacéuticas han puesto especial énfasis en estudiar métodos de inhalación de drogas. Luego de atravesar el tejido pulmonar, los medicamentos aspirados llegan al torrente sanguíneo y de ahí a su sitio de acción específico. Ya se están realizando estudios clínicos en Estados Unidos con formulaciones de insulina, morfina y drogas para la osteoporosis. Las drogas inhaladas tienen un enorme futuro, dado que la función de los pulmones es intercambiar sustancias con el torrente sanguíneo. El costo de este tipo de administración es alto: cuesta el doble inhalar una droga que inyectarla, ya que se desperdicia medicamento al quedar éste en la garganta o en el dispensador. Esta técnica no es nueva: la marihuana, la cocaína y el opio se inhalan para que sus componentes activos pasen a la sangre; los asmáticos han usado este sistema desde hace mucho tiempo. Los pulmones tienen un área superficial muy grande y un tejido delgado que permite que las drogas se absorban más fácilmente que al ser inyectadas subcutáneamente. Además, el

tejido pulmonar permite el paso de moléculas grandes de proteínas y no tiene proteasas que las destruyan. El mayor reto en este momento consiste en que los dispositivos de inhalación que existen en el mercado no son eficientes; estos aparatos funcionan con un dispositivo a alta presión que dispara todo el medicamento en la parte posterior de la garganta, en donde se queda atrapado. Sólo entre un 10 y un 15 por ciento de las drogas inhaladas llega al pulmón, y en el caso de medicamentos costosos esto constituye un grave impedimento. Por otro lado, el tamaño de las



partículas tiene que ser exacto: si son menores a un micrón se aglutinan y si son muy grandes no se dispersan con facilidad y quedan atrapadas en el aparato respiratorio.

En los últimos años, varias compañías estadounidenses han perfeccionado los aplicadores tipo nebulizador y están produciendo dispositivos que pueden controlar mejor el tamaño de las partículas y por tanto la eficiencia de la administración del medicamento. Las grandes compañías estadounidenses están ensayando desde morfina para los pacientes con cáncer hasta proteínas

grandes como anticuerpos para prevenir las reacciones alérgicas que preceden a los ataques de asma.

Existe un mercado enorme entre los diabéticos y hay un gran interés por parte de las compañías farmacéuticas tendiente a lograr que la insulina pueda administrarse con inhalador. Muchos diabéticos tienen que inyectarse tres o cuatro veces diarias y muchos regímenes están basados en formulaciones que actúan lentamente y a largo plazo. Estos pacientes deben tomar los alimentos a horas muy exactas y en cantidades específicas, para evitar fluctuaciones peligrosas en el nivel de la glucosa. Las compañías Inhale y Aradigm, de Estados Unidos, están compitiendo activamente para producir partículas del tamaño perfecto para un dispensador. En la primera, combinan la insulina con moléculas de azúcar para producir un polvo ultrafino que funciona muy bien con un dispensador tipo aerosol. Aradigm está perfeccionando unos dispositivos desechables para inhalación. El ser desechables garantiza que cada dosis sea exacta, pues no hay moléculas atrapadas que obstaculicen la administración; para los diabéticos, la dosis debe ser precisa ya que necesitan saber cuánta comida deben ingerir para balancear la dosis de insulina.

La tarea que tienen por delante las compañías farmacéuticas es grande: el margen de ganancia de la insulina no es significativo, y una formulación inhalada tiene que tener un precio competitivo, ya que con los dispositivos bajo experimentación sólo llega al pulmón entre un 20 y un 50 por ciento del medicamento.

NEUROCIENCIAS

Los hombres tienen más neuronas que las mujeres

Proporcionalmente, las mujeres tienen el cerebro más pequeño que los hombres, pero ¿son ellos realmente más inteligentes? En el pasado, los investigadores han especulado que los dos sexos tienen el mismo número de neuronas, pero en las mujeres se organizan en una forma más densa. Recientemente, un grupo de investigadores daneses del Instituto Bartholin de Copenhague utilizaron las últimas técnicas estereológicas para medir las células del

cerebro y confirmaron que los hombres tienen un promedio de 23 billones de neuronas mientras que las mujeres sólo tienen un promedio de 18 billones (una diferencia del 16%). Lo que no se sabe es para qué las utilizan los hombres. Algunos científicos especulan que las neuronas extras pueden ser responsables del razonamiento espacial en el cual los hombres superan a las mujeres. El investigador Albert Galaburda, de la Universidad de Harvard, opina que tener más neuronas no significa mucho, "Lo que es importante es cómo es la arquitectura del circuito".

Neuroimagen: la tecnología impulsa el desarrollo de la ciencia

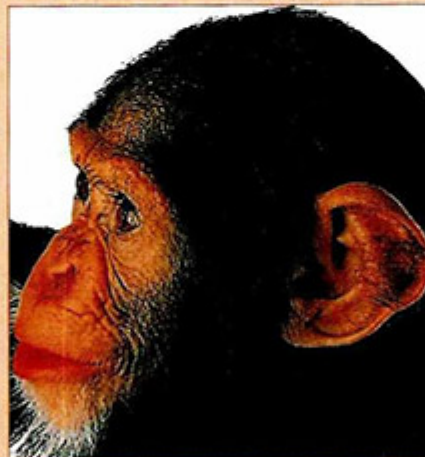
Por definición, la ciencia es la base de la tecnología y, por tanto, su condición *sine qua non*. Pero en muchos casos, es la tecnología la que se vuelve un requisito vital para el mismo avance científico. Esta situación es clara en el relativamente nuevo campo de las neuroimágenes.

ETOLOGÍA

"Matriarcados" entre hembras chimpancé

El concepto más común relacionado con el éxito reproductivo en muchas especies animales es el de la jerarquía de machos. Según su fortaleza y habilidad, un macho tendrá mayor posibilidad de acceso a las hembras, garantizando así una descendencia con mayor capacidad de adaptación. No obstante, por lo menos entre los chimpancés, el asunto no es unilateral.

Las hembras chimpancés mantienen jerarquías que determinan también el éxito reproductivo, como lo demuestra un estudio publicado en la revista *Science*, del 8 de agosto pasado. Las autoras de esta investigación son Anne Pusey, Jennifer Williams y la famosa primatóloga Jane Goodall, quien desde hace varias décadas ha estudiado va-



rias especies de primates en cautiverio y en sus hábitats naturales, especialmente en África.

El equipo de investigadoras, perteneciente al Instituto Jane Goodall para el Estudio de los Primates con sede en Saint Paul, Minnesota, recogió datos desde 1970 hasta 1992 de los chimpancés que sobreviven en el Parque Nacional Gombe, en Tanzania, particularmente de las hembras.

Aunque no es un fenómeno que salte a la vista, pues las hembras se alimentan

y crían solitariamente, Pusey, Williams y Goodall pudieron detectar jerarquías lineales de dominancia entre las hembras, estructuradas como "matriarcados", o sea, como alianzas de varias hembras familiarmente cercanas que compiten contra los otros linajes de hembras familiarmente lejanas. Unos linajes se imponen ganando, inicialmente, el acceso a mejores áreas de alimentación y, posteriormente, una mayor probabilidad de apareamiento.

La doble jerarquía de machos y hembras es particularmente ventajosa para los chimpancés, especie en vía de extinción, como lo resalta el antropólogo Richard Wrangham de la Universidad de Harvard. Wrangham, en un comentario al informe del equipo de Goodall, destaca el hecho de que los machos tienden a matar a las crías de otros linajes; pero si las hembras juegan un papel activo, entonces buscarían machos de otros linajes y reducirían así la probabilidad de asesinatos. Sin embargo, esta hipótesis espera todavía su comprobación.

Desde hace unos 20 años, se han desarrollado diversas técnicas que permiten cada vez más alcanzar un viejo sueño de la ciencia: poder examinar lo que cotidianamente denominamos "mente", es decir, el cerebro en funcionamiento. Hasta hace poco, la única forma de apreciar la fisiología cerebral en conjunto era el electroencefalograma. Actualmente, el panorama es muy diferente.

La corresponsal de la revista Science, Marcia Barinaga, publicó el 27 de junio pasado una nota sobre los avances recientes en los métodos de neuroimagen, a propósito de un simposio sobre el tema celebrado en Irvine, California, del 29 al 31 de mayo de 1997. Barinaga destaca la resonancia magnética funcional (fMRI, en inglés), la cual ha eclipsado a la ya tradicional tomografía de emisión de positrones (siglas en inglés: PET).

La imagen de resonancia magnética funcional es una técnica que destaca los incrementos en la oxigenación de la sangre en las áreas activas del cerebro. Con res-

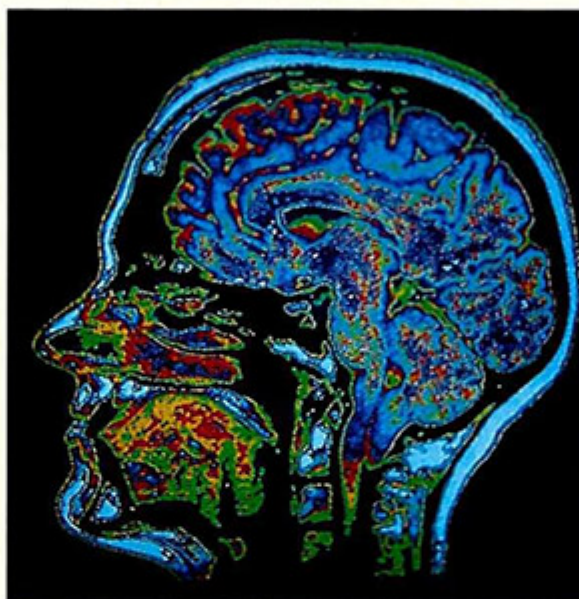
pecto al PET, la fMRI se muestra más veloz y de mayor resolución; por ello, da una mejor idea del funcionamiento cerebral durante la percepción y la acción del sujeto.

Incluso, ya se prevé una ola futura de nuevas técnicas de neuroimagen; entre ellas, Barinaga menciona aquellas que seguirán el flujo de los iones de sodio, por un lado, y otras que medirán la dispersión

de la luz al atravesar el tejido cerebral. Cada vez más, dichos registros se acercan a los tiempos reales en los que se producen las respuestas, es decir, duraciones del nivel de microsegundos.

Si bien es claro que la "mente" se ve cada vez mejor, estos adelantos tecnológicos también están obligando a las "viejas" técnicas a caer en desuso y, como dice el neurocientífico cognitivo George Mangun de la Universidad de California en Davis, se hace necesario pedir dinero cada dos años para renovar equipos y para capacitarse en el manejo de las nuevas tecnologías.

Sin embargo, el panorama de la investigación demuestra que las técnicas no son excluyentes. Por el contrario, los resultados de una técnica pueden respaldar o rechazar los de otra. De hecho, los mejores hallazgos en neuroimagen se han debido a la combinación de técnicas para el estudio de procesos cognitivos como la atención, la percepción y el lenguaje.



MATERIALES

Un metal que sí respira

La compañía Portec AG, de Suiza, ha desarrollado un material de aluminio microporoso que permite el paso de aire, vapor y agua. Este metal, denominado Metapor F100 AL, ha sido experimentado en Europa desde hace año y medio y tiene aplicaciones en procesos industriales -al vacío o bajo presión- que requieren permeabilidad constante.

Metapor F100 AL está compuesto de un 70 a un 90 por ciento de un polvo de aluminio y de una resina epóxica. Luego de un proceso de manufactura, aún no divulgado, se produce un material muy parecido al aluminio pero un 37 por ciento más liviano. El material, comercializado en piezas cuadradas de cincuenta centímetros y de un ancho de un centímetro hasta 30 centímetros de ancho, tiene propiedades parecidas a las de la madera; la aplicación más común de este producto es en la producción de herramientas para termoformado y formado al vacío. Las herramientas para termoformado requie-

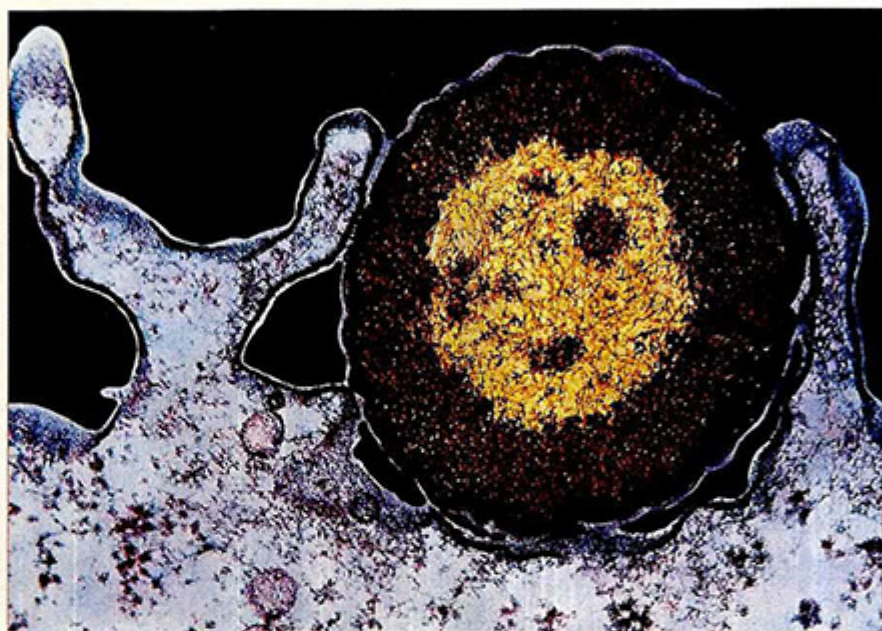
ren numerosos agujeros para generar la presión de aire necesaria para oprimir la lámina de plástico caliente contra los moldes. Como el Metapor es poroso, no es necesario perforar el metal. Otras aplicaciones de este metal incluyen la manufactura de herramientas para fundición en arena, herramientas para extraer agua de cerámicas y para la manufactura de superficies libres de fricción. Metapor tiene aplicación en la industria automotriz, aeroespacial, en juguetería, equipos médicos, electrodomésticos y productos de aseo personal.

Nuevo método para ablandar la carne

Los métodos que se emplean en la actualidad para ablandar las carnes se basan en la adición de enzimas, químicos o pulsos eléctricos. Recientemente, los científicos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos han ideado un método todavía bajo experimentación, que parece tener un gran futuro: se sumerge la carne, sellada al vacío, en un tanque de acero inoxidable lleno de agua y se le somete a una carga explosiva moderada. Esto genera una onda de presión supersónica que viaja a velocidades de 6.000 metros por segundo y que separa las fibras de la carne y las ablanda. Una ventaja adicional de esta técnica es que destruye todos los microbios peligrosos.



Dudas sobre la eficacia de los "medicamentos estrella" contra el SIDA



La eficacia de los medicamentos que hace un tiempo parecían ser la panacea para los enfermos de SIDA, está siendo cuestionada. Según un reporte del doctor Stephen Deeks de la Universidad de California, en San Francisco, el virus del SIDA que se había controlado con una mezcla de drogas consistente de dos medicamentos usados ampliamente contra el virus y de un inhibidor de las proteasas, está haciendo su reaparición en 53% de los pacientes. Deeks ha seguido de cerca el progreso de 136 pacientes desde mayo de 1996, cuando salieron al mercado los dos primeros inhibidores de proteasa, Crixivan y Norvir. En un co-

mienzo, el tratamiento con el coctel de drogas disminuyó los niveles del virus considerablemente y esto dio lugar a una gran expectativa. El doctor David Ho, pionero en el uso de estos medicamentos, considera que hay varias razones por las cuales está fallando este tipo de tratamiento. Es posible que la recurrencia de la enfermedad se deba a que los pacientes no siguen cuidadosamente el estricto régimen que implican estos tratamientos, o que el virus se haya vuelto resistente a los medicamentos.

Fundación Corona

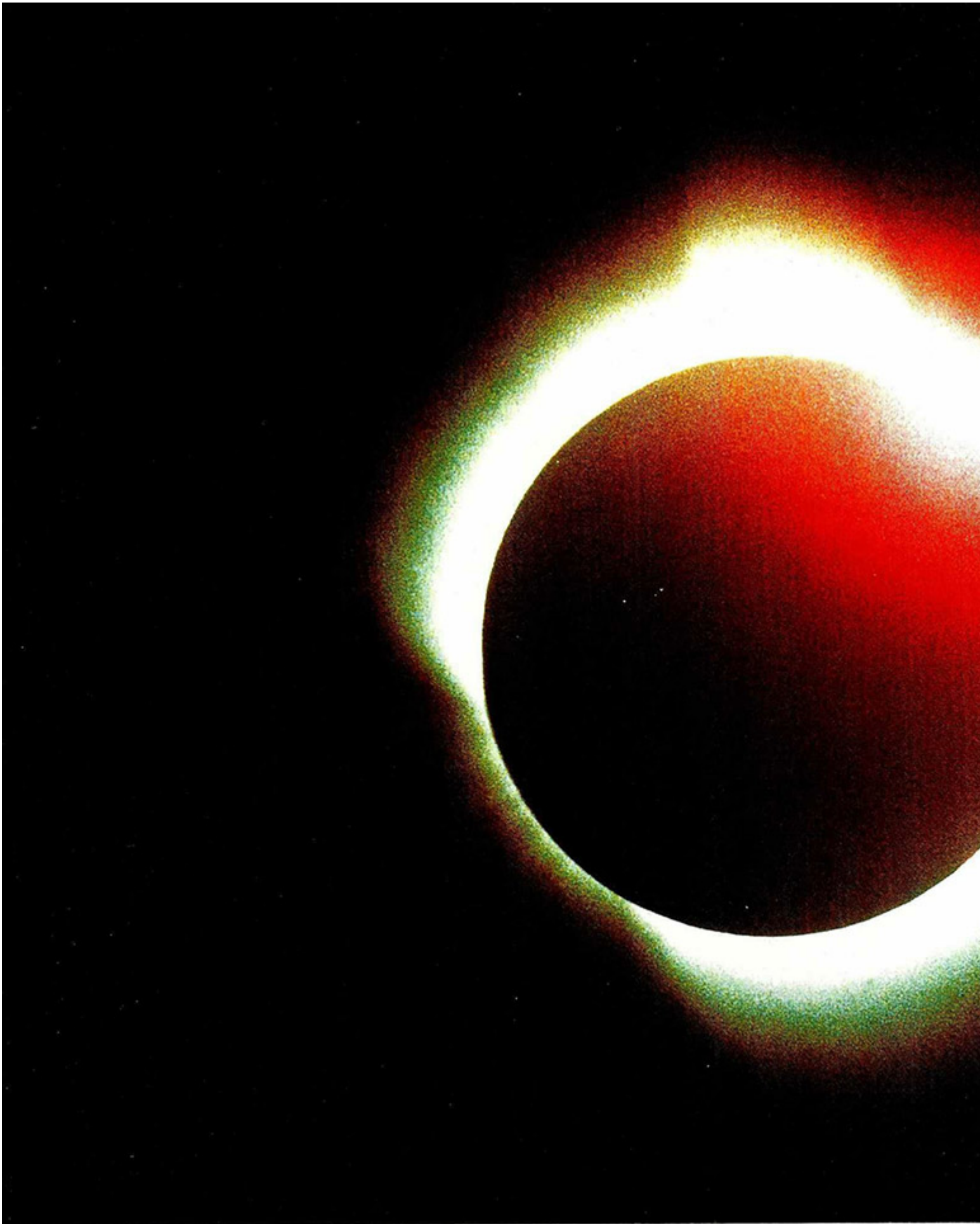


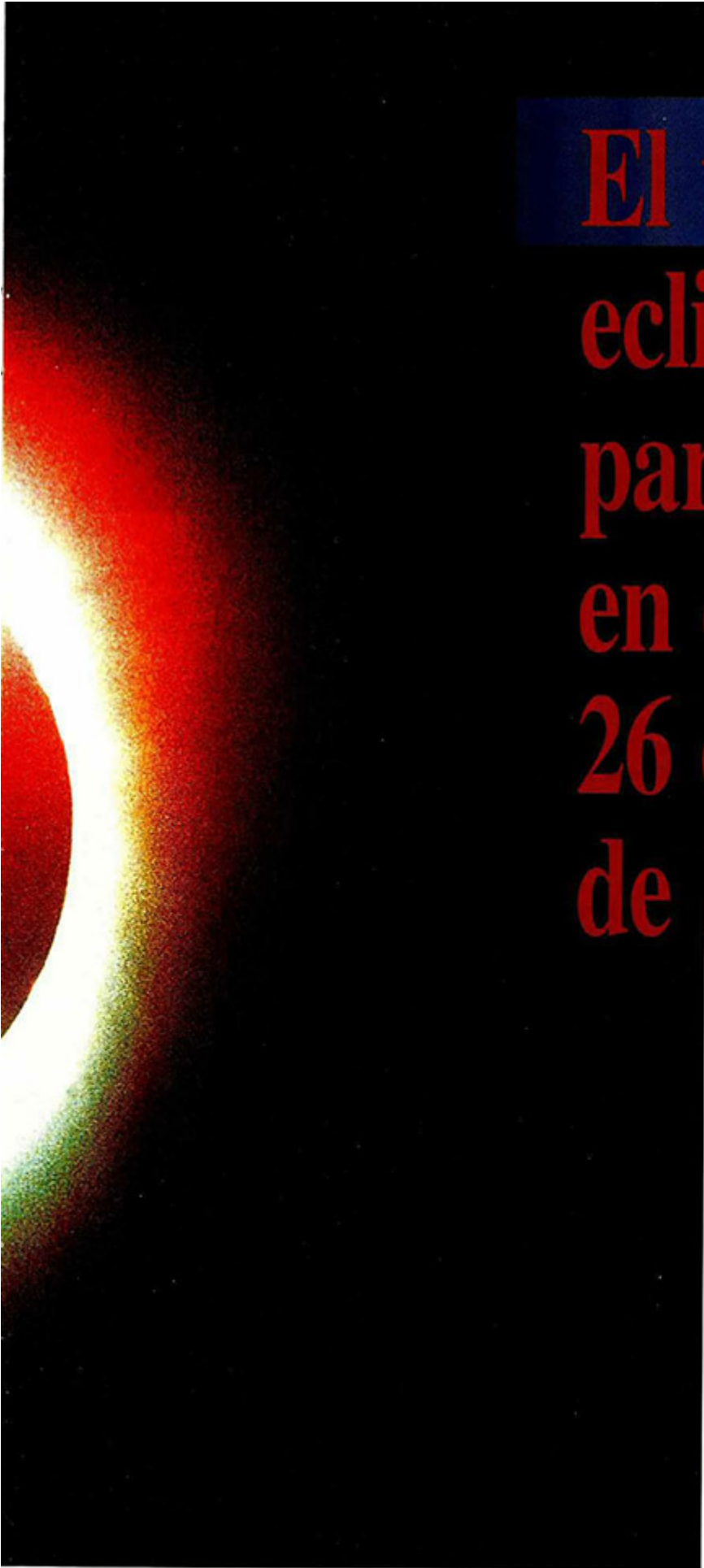
La FUNDACIÓN CORONA contribuye al progreso del país mejorando la calidad de la gestión de los procesos sociales y facilitando el acceso de la población menos favorecida a los beneficios que genera el desarrollo.

Con este propósito trabaja en las siguientes áreas :

- **Desarrollo Empresarial:** Crea y fortalece instituciones y programas de apoyo a la micro y pequeña empresa.
- **Educación:** Contribuye a mejorar la calidad de la educación básica y la pertinencia de la formación para el trabajo.
- **Salud:** Mejora la Gestión Hospitalaria y el acceso de la población menos favorecida a los servicios de salud.
- **Gestión Local y Comunitaria:** Fortalece la capacidad de gestión tanto de las comunidades organizadas como de los gobiernos locales.

FUNDACIÓN CORONA
Calle 100 No. 8A-55 - Torre C - Piso 9
Teléfono: 610 5555 - Fax: 610 7620 - Bogotá
fc005000@inter.net.co





El último eclipse de sol para Colombia en este siglo: 26 de febrero de 1998

Nestor Rueda Pérez

Vicepresidente administrativo,
Asociación Colombiana de Estudios

Astronómicos - ACDA,

Santafé de Bogotá, Colombia

email: acda@inter.net.co

Internet: [http://www2.inter.net.co/~nr005000/
acda.html](http://www2.inter.net.co/~nr005000/acda.html)

El Jueves 26 de Febrero de 1998 ocurrirá un eclipse total de sol, visible en una estrecha franja del hemisferio occidental. El paso de la umbra de la Luna comenzará en el Pacífico y continuará en dirección norte hacia Sur América y el Caribe, para terminar en el atardecer en las costas africanas del Atlántico. Se podrá apreciar también un eclipse parcial a lado y lado de la umbra, cubriendo parte de Estados Unidos, Centro América y el norte de Sur América. Colombia tendrá un lugar impor-

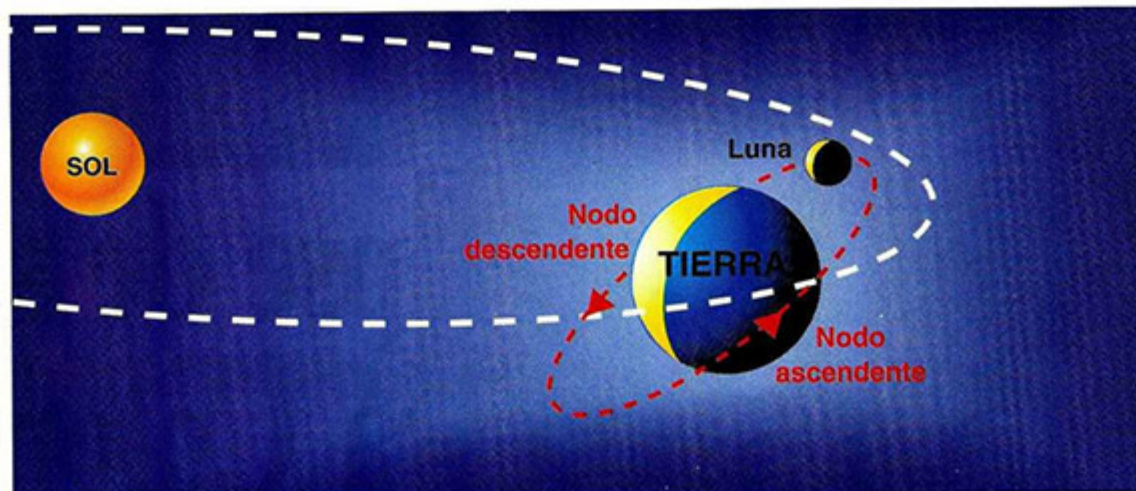


Figura 1.
Ocurrencia
de eclipses
de sol.

tante y privilegiado para observarlo, ya que recorrerá gran parte de su territorio norte. ¡Esta es una oportunidad que nadie podrá perder!

¿Qué son los eclipses?

Un eclipse es el oscurecimiento de un cuerpo celeste producido por la interposición de otro cuerpo celeste. Hay dos clases de eclipses que implican a la Tierra: los de Luna, o eclipses lunares, y los del Sol, o eclipses solares. Un eclipse lunar tiene lugar cuando la Tierra se encuentra entre el Sol y la Luna y su sombra oscurece la Luna. El eclipse solar se produce cuando la Luna se encuentra entre el Sol y la Tierra y su sombra se proyecta sobre la superficie terrestre.

Un eclipse de sol tendrá lugar cuando la Luna sea nueva (novilunio) e igualmente uno de Luna ocurrirá cuando ésta sea llena (plenilunio). Sin embargo, los eclipses lunares y solares, no ocurren en cada lunación, puesto que el plano de la órbita de la Luna se encuentra inclinado en un ángulo promedio de $5^{\circ} 9'$ (diez diámetros lunares aproximadamente) respecto al plano de la eclíptica o plano de la órbita terrestre. Los puntos de corte de la órbita lunar con la eclíptica se denominan nodos; el nodo será ascendente si la Luna pasa del sur al norte de la eclíptica y descendente si hace lo contrario, y sucede cuando la Luna se halla cerca de estos nodos en tiempo de luna llena o nueva cuando ocurren los eclipses. De hecho, el máximo número de ellos en un año puede ser de siete: cuatro de sol y tres de luna o cinco de sol y dos de luna. El número mínimo de eclipses en un año será de dos, en cuyo caso ambos serán de sol.

Tipos de eclipses solares

Los eclipses solares, esencialmente, pueden ser de tres tipos: totales, anulares y parcia-

les. Teniendo en cuenta que la longitud del cono de sombra de la Luna es del orden de los 374.000 km, y que el radio medio de su órbita es de 384.000 km, dicho cono sólo alcanzará a la Tierra en ciertas ocasiones cuando la Luna se halle cerca de su perigeo (363.000 km). En este caso, para los observadores situados dentro del cono de sombra, el eclipse será total, ya que el disco lunar cubrirá completamente al Sol.

Debido a los movimientos del sistema Sol-Tierra-Luna, el cono de totalidad del eclipse va barriendo la superficie terrestre de oeste a este y va trazando lo que se denomina "zona de totalidad", que es característica de cada eclipse. A lo largo de toda esta zona el eclipse será total. La velocidad con que la sombra se desplaza por la zona varía de un sitio a otro, pero puede tomar valores desde 1.800 hasta 8.000 km/hr. El ancho de la zona de totalidad sobre la superficie terrestre, donde el Sol aparece completamente oculto por la Luna, nunca puede superar los 272 km. Desde un mismo ángulo de la Tierra, los eclipses totales de Sol son poco frecuentes. La sombra cruza la misma zona de la Tierra cada 400 años en promedio. De igual forma, la fase de totalidad no puede superar los 7 minutos 31 segundos. A menudo el periodo de totalidad dura sólo uno o dos minutos. El eclipse del pasado 11 de julio de 1991, correspondió a los de larga duración: 6 minutos, 53 segundos, y el próximo total que lo superará en duración no se apreciará en el mundo sino hasta el 13 de junio del 2132 (6 min. 55 seg.).

Existen otras ocasiones cuando la Luna se halla cerca de su apogeo (406.000 km), entonces el cono de sombra no alcanzará a tocar la superficie terrestre y el eclipse será anular. En este caso, para un observador situado en la prolongación del cono de sombra (zona de anularidad), el disco lunar aparecerá menor que el Sol y observará éste último como un anillo que rodea al disco oscuro de la Luna. En el eclipse anular no se presentan los espectacu-

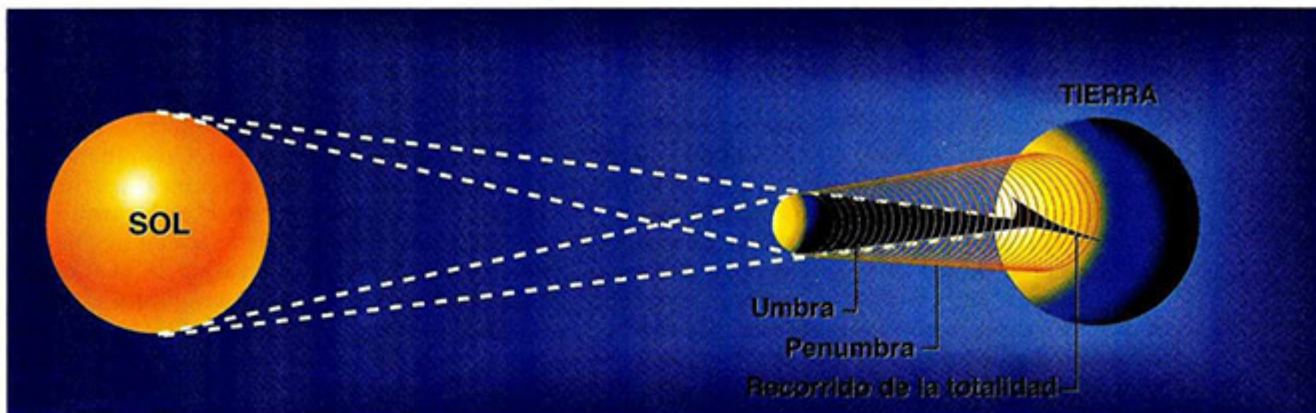


Figura 2. Recorrido de un eclipse de Sol.

lares fenómenos que acompañan a un eclipse total. La fase de anularidad nunca supera los 12.5 minutos. La duración es mayor a la del eclipse total porque, en este caso, al estar la Luna a mayor distancia, su tamaño aparente y su velocidad de traslación son menores.

Rodeando la región de totalidad o anularidad, la penumbra lunar define una zona de parcialidad que puede tener hasta 5.000 km de extensión. Para alguien situado en esta zona, el eclipse será solo parcial, ya que el disco lunar solo cubrirá parte del Sol y los dos cuerpos nunca estarán sobre el mismo eje. En la mayoría de las ocasiones, los eclipses parciales no llegan a ser totales en ningún punto de la Tierra.

Cuando la Luna está situada en ciertos puntos entre el apogeo y el perigeo, puede existir una clase de eclipses poco comunes, en los cuales el diámetro aparente de los discos solar y lunar son iguales o casi iguales. El resultado es un eclipse híbrido anular-total. En este eclipse, la Luna se halla a una distancia tal que el cono de sombra toca la Tierra sólo en una distancia muy corta en la mitad de la zona del eclipse. Este sólo será total donde la sombra realmente intersecta la superficie terrestre. Al comienzo y al final de la zona del eclipse, la Luna aparece muy pequeña para oscurecer totalmente el Sol, y un pequeño anillo de la superficie solar se hará visible.

De todos los eclipses solares, cerca del 35% son parciales, 32% anulares, 28% totales y 5% híbridos anular-total. No obstante, existen otros dos tipos de eclipses mas inusuales que el híbrido, como son: el no central anular y

el no central total. En estos casos especiales, sólo parte del cono de sombra intersecta la superficie terrestre, pero el eje mismo no lo hace. Estos eclipses sólo ocurren en regiones polares, arriba de los 61.5° de latitud. Un eclipse así, no tiene realmente una línea central. Menos del 1% de todos los eclipses de sol son de este tipo. El último tuvo lugar el 2 de noviembre de 1967 y fue total en la Antártida, el próximo ocurrirá allí mismo en abril 29 del 2014 y será anular. Por ultimo, respecto al más raro de todos los eclipses solares, el no central híbrido anular-total, Jean Meeus anota que es teóricamente posible pero extremadamente raro, la frecuencia de tal fenómeno es de uno cada 250 millones de años.

El eclipse del 26 de febrero de 1998

Un eclipse de sol se origina al interponerse la Luna en la trayectoria de los rayos del Sol que llegan a la Tierra; se forma así un cono de sombra que marca una estrecha banda sobre la superficie de la Tierra, llamada zona de totalidad, pero a ambos lados del cinturón de totalidad hay una segunda región desde la que se puede ver el eclipse en forma parcial.

Con un eclipse total de sol se presentan eclipses de luna asociados; esto se debe a que la orientación del plano de la órbita de la Luna corta también el cono de sombra que proyecta la Tierra, y la Luna al cruzar por detrás de la Tierra intercepta el cono de sombra. Al eclipse del 26 de febrero le seguirá un eclipse penumbral de luna el 13 de Marzo a las 4:24 Tiempo Universal. El tiempo de duración de un eclipse aumenta si éste se presenta cuando la Tierra pasa por su afelio (punto más lejano de la órbita Tierra-Sol) combinado con la posición de la Luna, si ésta se encuentra cerca a su perigeo (punto más próximo de la órbita Tierra-Luna); infortunadamente para este eclipse, la Tierra habrá pasado por su perihelio el 3 de Enero de

No será sino
hasta el 8 de abril
del 2005 que
podremos volver
a gozar de un
espectáculo como
éste en Colombia.

1998 y la luna se acercará a su perigeo el 27 de febrero, teniendo así sólo 4 minutos en promedio de totalidad.

El eclipse del 26 de febrero se iniciará en el océano Pacífico, a unos 3.000 kilómetros al sudeste de las islas Hawai a las 15:46:45 horas del Tiempo Universal (10:46 hora oficial colombiana). En esta posición extrema, el eclipse durará cerca de un minuto y medio. Durante los primeros 75 minutos, la umbra recorrerá 5.500 kilómetros de mar abierto. El primer contacto terrestre lo realizará justo después de cruzar el Ecuador terrestre en dirección norte, 11:56 hora

Después de abandonar Galápagos, la umbra continúa en curso noreste. El instante del máximo del eclipse¹ ocurre a las 12:28:23.2 hora colombiana, a unos 600 kilómetros al oeste de la costa pacífica colombiana. En este momento la totalidad alcanza su máxima duración de 4 minutos 08 segundos, con el Sol a una altitud de 76 grados; el ancho de la trayectoria será de 151 kilómetros y la velocidad de la umbra de 0.592 km/s, con un gamma igual a 0.239.

Quince minutos después (12.43 hora colombiana), la sombra de la umbra entra a Sudamérica y sigue por la frontera entre Panamá y Colombia. El recorrido entra al territorio colombiano donde la duración en la línea central cae por debajo de los 4 minutos. A pesar de los 25 segundos que pierde, la ciudad de Valledupar, por estar localizada a 20 kilómetros de la línea central, alcanza a experimentar un eclipse total de 3 minutos 29 segundos. Después de atravesar la cordillera de los Andes, el recorrido de la umbra continúa al noroeste venezolano y Maracaibo, situada a 50 Km al sur de la línea central, disfrutará cerca de 3 minutos de totalidad.

La sombra de la Luna deja Venezuela por la península de Paraguaná y continúa por el Caribe, donde encontrará las cinco islas principales de las Antillas Menores. La línea central pasará entre Aruba y Curazao, ambas islas experimentarán una totalidad de 3 minutos.

La sombra continúa por el Caribe donde encontrará las islas Leeward de Monserrate, Antigua y Guadalupe. Aquí, la velocidad de la umbra aumentará a cerca de 0.9 Km/s y el ancho de su recorrido decrecerá a 136 km. Guadalupe y las otras dos islas disfrutarán cerca de 3 minutos de totalidad. Al abandonar el mar Caribe, la umbra se dirigirá sobre el Atlántico en dirección a África. 1.000 kilómetros al oeste de Marruecos terminará su recorrido en el atardecer, cuando la sombra abandone la Tierra a las 14:09:57 hora colombiana. En un recorrido de 3 horas y 23 minutos, la umbra de la Luna habrá recorrido aproximadamente 14.000 kms, cubriendo una región del 0.3 % de la superficie de la Tierra.

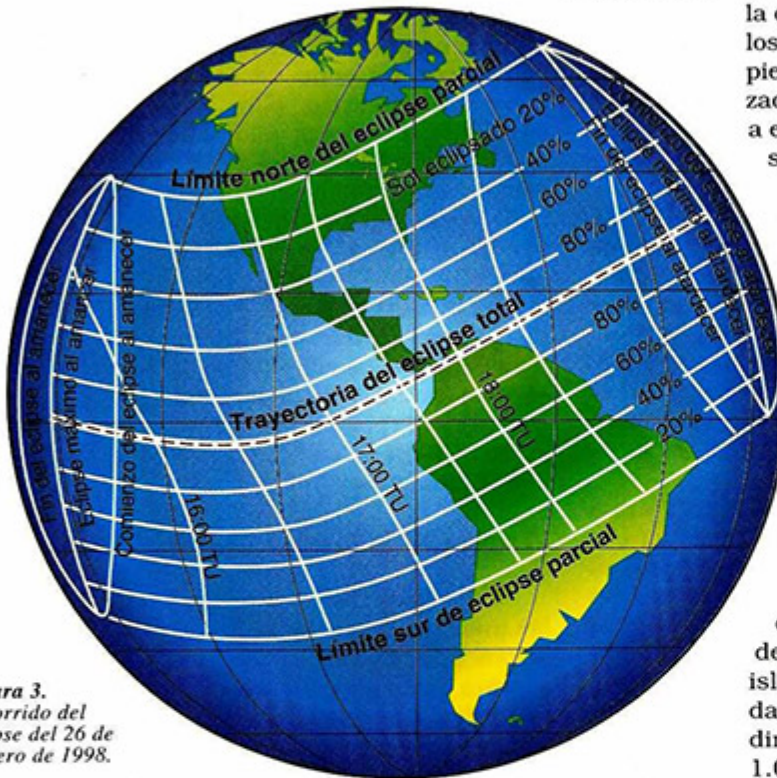


Figura 3. Recorrido del eclipse del 26 de febrero de 1998.

colombiana (16:56 TU), cuando la sombra alcanzará varios miembros de las Islas Galápagos. El máximo del eclipse tendrá lugar antes del mediodía, con el Sol a 69° sobre el horizonte. Desafortunadamente no habrá ninguna isla en la línea central en éste momento, cuando la duración de la totalidad será de 3 minutos 59 segundos. La tercera parte norte de la isla Isabela caerá dentro del paso de la sombra, experimentando una totalidad de 3 minutos 21 segundos. Sobre este camino de totalidad también estarán situadas las islas Pinta y Marchena, pero las tres islas están inhabitadas y son consideradas reservas naturales, con acceso restringido y controlado por el gobierno ecuatoriano.

¹ El instante del máximo del eclipse ocurre cuando la distancia del eje de la sombra entre la Luna y el centro de la Tierra alcanza el mínimo. Aunque el máximo del eclipse difiere ligeramente del instante de la mayor magnitud y la mayor duración (para eclipses totales), las diferencias son despreciables.

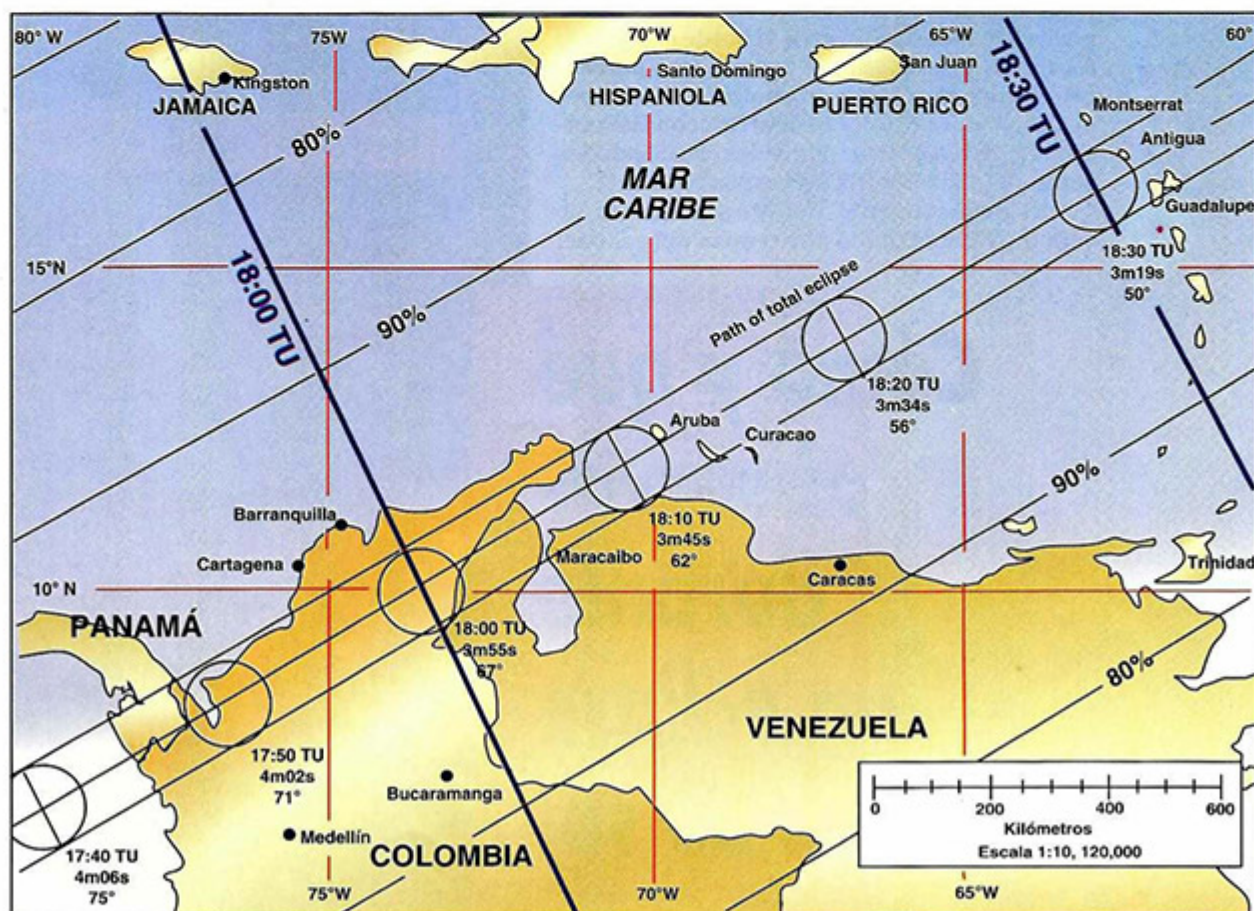
El eclipse en Colombia

Hacia las 12:42 p.m., la sombra del eclipse toca por primera vez la costa pacífica colombiana en el cabo Marzo, siendo Aguacate el primer caserío colombiano en estar involucrado en el eclipse total, seguido de Coredó y Juradó. Infortunadamente, ninguna de estas poblaciones se encuentran sobre la línea media del eclipse y por lo tanto la duración del mismo para ellas será corta. Además, como sabemos, se encuentran en una de las zonas de mayor pluviosidad del planeta. La sombra atravesará la serranía de los Saltos y unos minutos después toda la franja de totalidad de 150 km de ancho estará completamente en territorio colombiano, atravesando la deshabitada selva chocoana. No será hasta las 12:47 p.m. que llegue a la primera población importante: Acandí, puerto del Urabá chocoano, donde el eclipse total durará 2:03 minutos. Casi simultáneamente comenzará la totalidad en Turbo, sobre la costa antioqueña del golfo de Urabá, donde tendrá una duración de 4:01 minutos, ya que se encuentra muy cerca de la línea central del eclipse. Es tal vez Turbo la única población colombiana en la cual el tiempo

Figura 4.
Paso del eclipse por Suramérica y el Caribe. Febrero 26 de 1998.

de la totalidad supere los 4 minutos, pero infortunadamente esta sigue siendo una zona de condiciones climáticas desfavorables. En esta parte del país también disfrutarán del eclipse total de sol las poblaciones de Necoclí, Chigorodó, Apartadó y Carepa, entre otras.

La sombra de la Luna seguirá su camino, abandonando las zonas de altas lluvias y entrando al departamento de Córdoba por su parte sur. De aquí en adelante encontrará zonas de buen tiempo atmosférico, donde esperamos poder gozar de este grandioso espectáculo. Después de atravesar las serranías de San Jerónimo y el cerro Murrucucú, se extenderá por las amplias sabanas de Córdoba y Sucre. Es Córdoba uno de los mejores lugares para observar el eclipse desde nuestro país, no sólo por las condiciones climáticas y la facilidad de acceso, sino porque la línea media pasará bordeando varias poblaciones importantes, donde la duración de la totalidad será de casi 4 minutos. Entre las 12:50 y las 12:52 p.m., la umbra del eclipse total tocará las poblaciones cordobesas de Sahagún (3:59 minutos), Ciénaga de Oro (3:59 minutos), Montería (3:58 minutos), Cereté (3:54 minutos) y Chinú (3:54 minutos). Otras poblaciones de Córdoba que



también se hallarán dentro de la franja de la totalidad son San Pelayo (3:43 minutos), Planeta Rica (3:25 minutos), Lórica (2:54 minutos), San Antero (2:08 minutos) y San Bernardo del Viento situada muy cerca del borde, y en donde la duración será de solo 1:22 minutos.

Uno o dos minutos después disfrutarán de la totalidad las poblaciones de Sampués y Sincé en Sucre, también cercanas a la línea central, donde la duración de la oscuridad será de 3:48 y 3:53 minutos respectivamente. Sincelejo, la capital del departamento, estará bajo la sombra de la Luna por 3:32 minutos, Corozal estará 6 segundos más y Ovejas 27 segundos menos, mientras que las poblaciones costeras de Tolú y Coveñas, con menos suerte, tendrán un eclipse total de menos de 2 minutos de duración.

La zona de totalidad entrará al sur del departamento de Bolívar y cubrirá el valle del bajo Magdalena, envolviendo a las poblaciones de Magangué (3:56 minutos) y Mompós (3:41 minutos), hacia las 12:54 p.m., constituyéndose éstas en los sitios de Bolívar que tendrán el eclipse de mayor duración. Carmen de Bolívar y San Jacinto estarán sumergidos en la umbra 2:26 y 1:20 minutos respectivamente por encontrarse muy cerca al borde norte de la franja. En Cartagena, el eclipse será parcial, con un porcentaje de cubrimiento del Sol por la Luna del 97.8%. Igual ocurrirá con Barranquilla y Santa Marta, donde las parcialidades serán del 97.5% y 97.7% respectivamente.

El departamento del Magdalena no se verá muy beneficiado por el paso del eclipse.

Cómo y qué observar durante un eclipse de sol

No intente observar la fase parcial o anular de un eclipse a simple vista. No utilizar filtros adecuados puede resultar en un daño irreparable en la retina o en ceguera permanente.

Efectos durante un eclipse total de sol

“Los eclipses de sol se dan como mínimo dos veces al año. Sin embargo, es muy difícil observar eclipses de sol desde la Tierra, pues la sombra que proyecta la Luna sobre la Tierra es muy pequeña y el observador debe hallarse dentro de la misma para observar el eclipse solar... así pues, lo más probable para cualquier observador es que vea poquísimos eclipses parciales de sol y que jamás tenga la oportunidad de contemplar un eclipse total. Un fenómeno como éste será raro, impresionante y en algunos casos aterrador”

Thomas Kuhn

¿Valdría entonces la pena perderse un espectáculo como éste?

Los eclipses de sol comienzan casi desapercibidos. Cuando la Luna empieza a ocultar el Sol, aparece un pequeño "mordisco" en el borde oeste del Sol. Gradualmente va desapareciendo el Sol y se comienzan a notar los primeros efectos interesantes: la tenue luz que atraviesa por entre las hojas de los árboles deja ver reflejado en el piso imágenes de un sol menguante.

Al cabo de una hora del inicio de la parcialidad, empieza a ser notorio el oscurecimiento del día, que se incrementa de una manera muy rápida los últimos minutos.

Cuando se tiene un pequeño sol menguante en el cielo, aparece un fenómeno asociado conocido como *bandas de sombras*. Son ondas claras y oscuras y paralelas que se desplazan sobre la superficie, debidas a turbulencia atmosférica y al muy pequeño tamaño angular del Sol en el cielo, cerca al momento de la totalidad. Se aprecian mucho mejor sobre superficies lisas y blancas.

Finalmente, comienza a desaparecer el Sol en un remanente y muy delgado menguante. Los bordes del Sol y de la Luna comienzan a coincidir y se pueden apreciar las rugosidades en el limbo de la Luna (cráteres y montañas lunares), las cuales dejan pasar destellos de luz solar en los últimos segundos antes de la totalidad, transformando el delgado creciente en un racimo de granos brillantes, conocidos como *gránulos o perlas de Baily*, en honor de Francis Baily, astrónomo aficionado inglés del siglo XVIII, quien fue el primero en percatarse de este fenómeno. Los gránulos hacen su aparición 15 segundos antes de la totalidad. Cuando queda sólo un único y último remanente de luz, se aprecia el

hermoso efecto de *anillo de diamante* que rodea la Luna. Esta señal marca el arribo de la sombra de la Luna, se desvanece el último rayo solar y comienza la totalidad.

De repente el cielo se oscurece. La sombra de la Luna, viajando a velocidades cercanas a los dos mil kilómetros por hora, crea una dramática mininoche. El cielo sobre el horizonte permanece iluminado, creándose así un color rojizo y sombras inusuales. Esta mininoche no es tan oscura como la noche misma, pero combina los dos momentos en un ambiente visual único.

En el centro tenemos otro espectáculo, la *Corona solar*. Es una corona blanca perlada que brilla en todas las direcciones alrededor del disco solar, un millón de veces más débil que el mismo Sol. La corona sólo se puede apreciar en los eclipses totales de sol.

Entre la corona y el disco oscuro de la Luna se pueden apreciar dos fenómenos adicionales. El primero es la luz de la atmósfera baja del Sol la *cromosfera*, que se aprecia de color rosáceo unos pocos segundos antes y después de la totalidad rodeando el borde lunar. El otro fenómeno visible son las *prominencias*. Estos penachos rojizos se desprenden del disco solar alcanzando alturas hasta de un tercio el diámetro del Sol.

Esta vista del Sol obviamente se lleva toda la atención. Pero a su alrededor hay otros objetos para observar. Dado que se bloquea la luz solar, aparecen las estrellas más brillantes y los planetas. Este es uno de los mejores momentos para observar al esquivo Mercurio, que siempre anda muy cerca al Sol.

Nuestro alrededor también se torna interesante. Los animales y las plantas acatan la noche, la temperatura disminuye, la naturaleza se silencia y adormece durante este momento de oscuridad en el día.

Y la sombra pasa. Un rayo luminoso rompe la oscuridad por el lado oeste del sol; la corona desaparece y la totalidad llega a su final. Ocurren los mismos fenómenos antes descritos, pero ahora en sentido inverso. El anillo de diamante, los gránulos de Baily, seguidos por el Sol creciente. El día regresa, mientras el sol gradualmente va tomando su tamaño y posición como el Astro Rey.

Finalmente, el Sol se descubre totalmente, el eclipse ha terminado. La Luna continúa en su órbita alrededor de la Tierra, llevando su sombra al vasto vacío del espacio. Quedan rastros tangibles del eclipse, fotografías y datos científicos, pero la experiencia vivida queda grabada permanentemente en nuestra memoria.



ya que éste lo hace por su parte sur, donde no existe un nivel muy alto de población. El puerto de Santa Ana, sobre el río Magdalena gozará de una totalidad de 3:55 minutos y Plato, ubicado un poco más al norte, de 3:08 minutos.

El departamento del Cesar es otro de los sitios de fácil observación del eclipse, debido a su ubicación de fácil acceso y al buen tiempo atmosférico que reina en la región. La sombra pasará al sur de la Sierra Nevada de Santa Marta barriendo todo el valle del río Cesar, encontrando en su camino poblaciones tales como La Paz (3:51 minutos), Agustín Codazzi (3:46 minutos) y Valledupar (3:39 minutos).

Antes de entrar en La Guajira, la sombra del eclipse comenzará a atravesar la serranía del Perijá y a abandonar por su parte sur el territorio colombiano, internándose en Venezuela. Hacia la una de la tarde, la umbra llegará a las poblaciones de Villanueva (3:41 minutos), San Juan del Cesar (3:17 minutos) y Fonseca (3:09 minutos). Tres minutos después alcanzará Maicao, última población importante colombiana, que estará bajo la sombra del eclipse 2 minutos 39 segundos. Rioacha tendrá un eclipse parcial del 99%.

A partir de este punto, la umbra bordeará la parte sur de la península de La Guajira y

abandonará Colombia hacia la 1:05 p.m. siendo Punta Espada, en la Alta Guajira, la última población colombiana envuelta en el eclipse.

El resto del país apreciará un eclipse parcial de sol, el cual tendrá diferentes grados de cubrimiento, dependiendo de su ubicación geográfica, así tenemos:

Bogotá	87.8%
Medellín	94.9%
Cali	88.6%
Bucaramanga	93.3%
Cúcuta	94.4%

Después de atravesar ocho departamentos en un recorrido de 1 hora 23 minutos, la sombra de la Luna se alejará de nuestro país y no será sino hasta el 8 de abril del 2005 que podremos volver a gozar de un espectáculo como éste en Colombia.



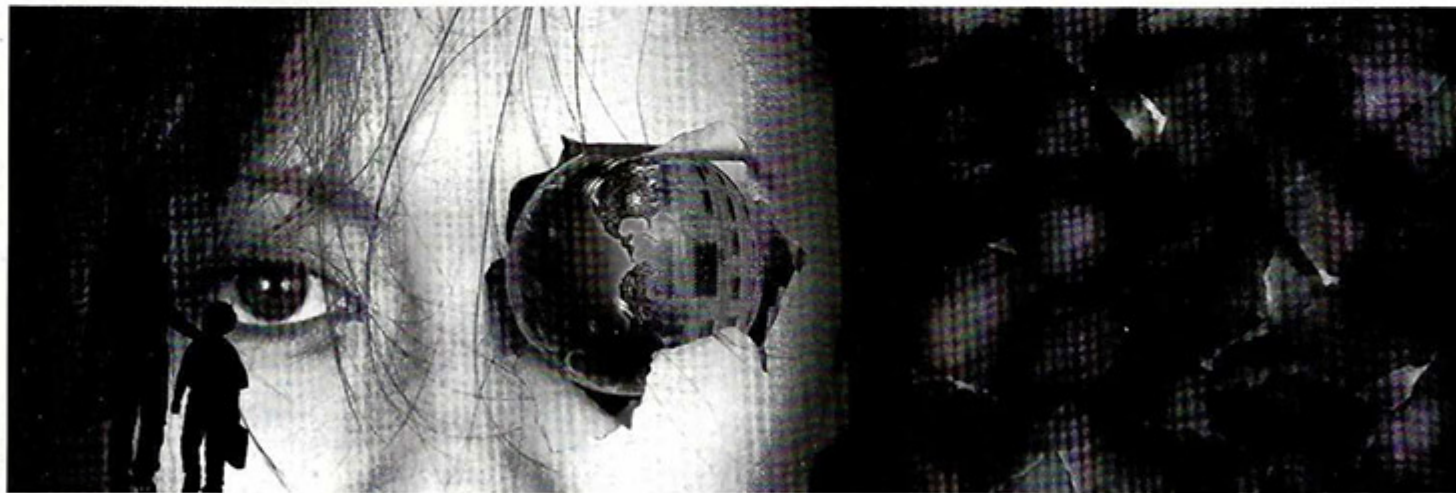
Bibliografía

Mayor Información:

Asociación Colombiana de Estudios Astronómicos - ACDA

Página del eclipse en Internet:

http://www2.inter.net.co/~nr005000/ecli_98/ecli_sol.html



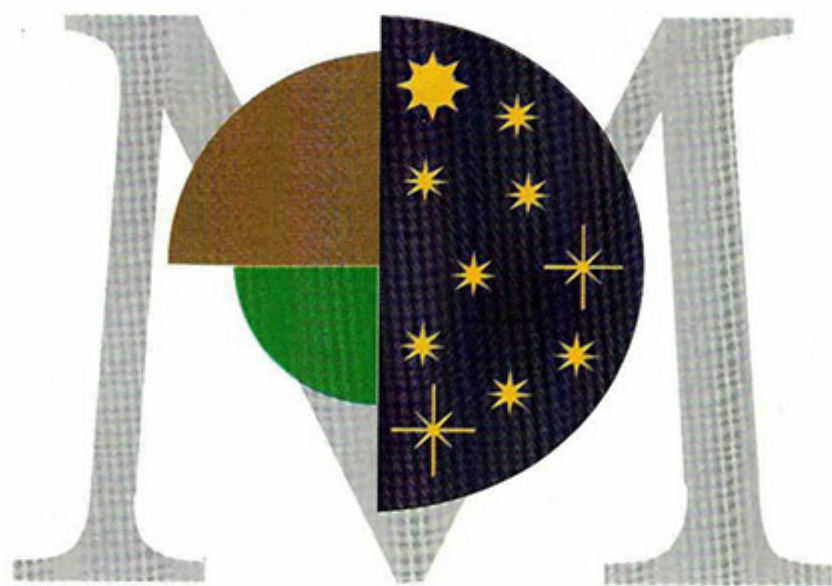
Ayudamos a mantener todas las formas de vida.

CIENCIA E INDUSTRIA
Productos y Sistemas Profesionales
Calle 98 No. 22-64 Piso 11 A.A. 4284
PBX: 623 55 11
Fax. (91) 623 41 88
Santafé de Bogotá, D.C.

Juntos hacemos tu vida mejor



PHILIPS



Vive una Experiencia
con La Ciencia
y La Tecnología...



Centro Interactivo



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



CIUDAD
SALITRE

Coloides y fuerzas



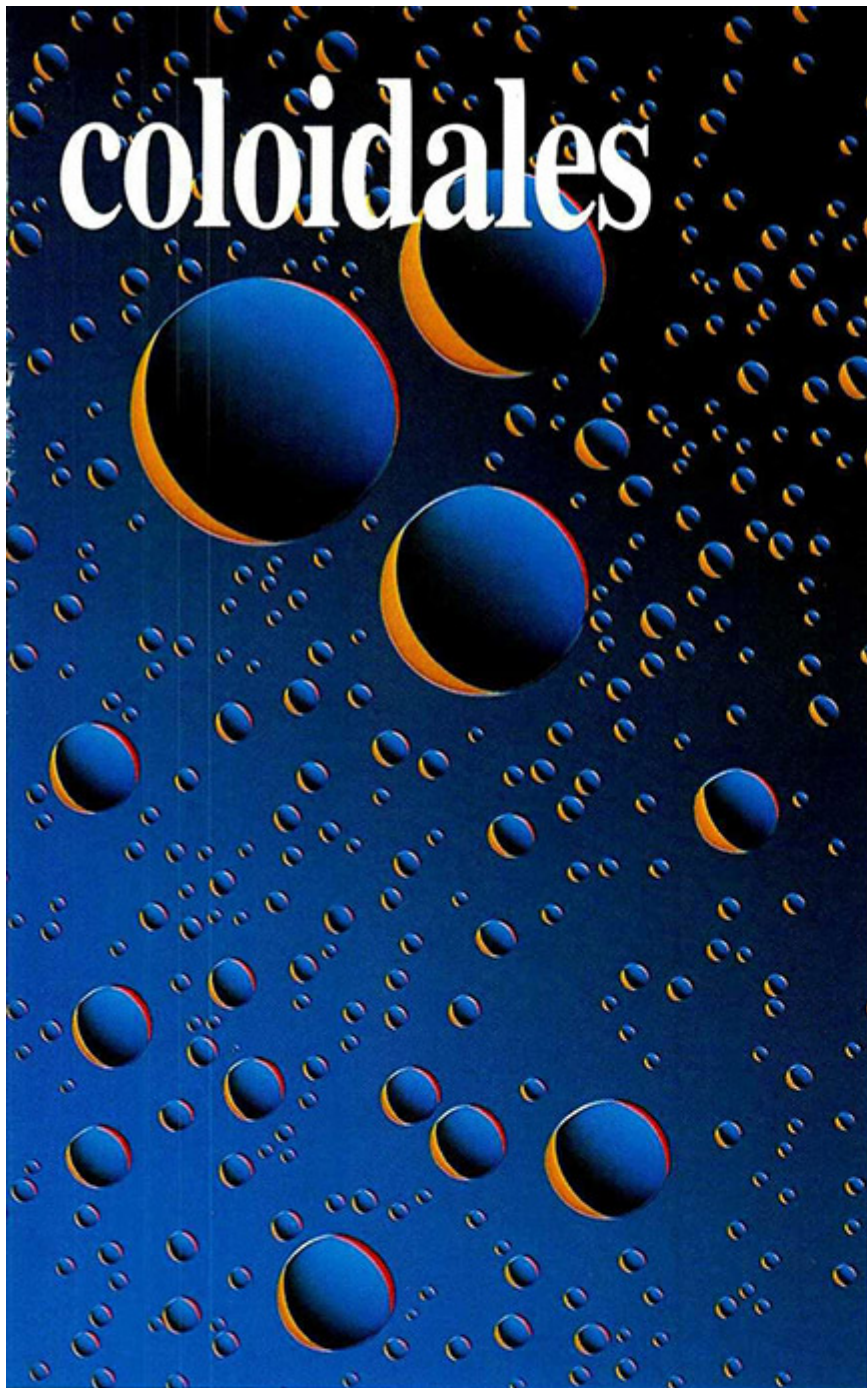
Mauricio Hoyos
Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes,
Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles (ESPCI),
URA 857 CNRS
París, Francia

Una mezcla estable de agua-alcohol, donde las moléculas de alcohol están uniformemente distribuidas entre las moléculas de agua, es considerada una solución, ya que las moléculas que la componen son del mismo orden de magnitud; en este

caso, los líquidos en cuestión son considerados como miscibles. Cuando la mezcla se compone de elementos diferentes en talla, esferas de vidrio dispersadas en agua, por ejemplo, el sistema es considerado una suspensión (el líquido es llamado fase continua o solvente, y las partículas fase dispersada o soluto). En este caso, el sistema es manifiestamente heterogéneo y cada elemento dispersado conserva sus características, las partículas no se disuelven, solamente se reparten uniformemente dentro del solvente. Cuando los objetos dispersados son relativamente pequeños, tendremos una suspensión coloidal. Pero ¿qué tan pequeños?

El apelativo de coloide es dado corrientemente a objetos microscópicos dispersos en una matriz continua; por ejemplo, pequeñas

coloidales



partículas submicrónicas de látex dispersas en agua. La talla de un objeto coloidal no está muy bien definida, oscila entre 10^{-7} y 10^{-4} centímetros. Ante todo, coloidal debe referirse a un comportamiento; podemos afirmar que todo objeto sometido al movimiento Browniano (lo detallaremos más adelante) presenta un comportamiento coloidal. También es corriente hacer referencia al estado coloidal como otro estado de la materia aparte del sólido, del líquido y del gaseoso. Para justificar un poco el hecho de poder considerar el «estado coloidal», podemos pensar que un estado de la materia persiste en el tiempo, es decir, es estable: el líquido, bajo ciertas condiciones de presión y de temperatura, permanecerá indefinidamente líquido, lo mismo sucede para el sólido y el gas.

En el caso de una suspensión coloidal, si las partículas permanecen en su estado disperso, es decir, sin que sedimenten (separación de fases), o sin que formen grumos o agregados, el sistema puede considerarse como un estado coloidal de la materia pues nuestro sistema no se comportará ni como un líquido, ni como un sólido.

Fue el químico escocés Thomas Graham (1805-1869), conocido ya por sus estudios sobre los ácidos polibásicos (1823) y la etereificación, quien en un artículo publicado en 1861 dio origen a la fisicoquímica macromolecular. Graham descubrió un cierto número de sustancias cuyas propiedades de difusión diferían notablemente de aquellas correspondientes a las sustancias ordinarias como las sales y azúcares inorgánicas y dedujo, acertadamente, que este comportamiento se debía al peso molecular elevado de las moléculas en solución. Graham llamó a estas sustancias coloides, palabra derivada del griego kolla (colla) que significa goma. Graham distinguió dos clases de sustancias: los cristaloides, como la sal, el azúcar y otras sustancias que cristalizan, y los coloides, como la goma arábiga, la albúmina o la gelatina. La mayoría de los coloides conocidos hoy son los que originalmente fueron llamados coloides accidentales, cuyos componentes son simplemente agregados de pequeñas moléculas, como partículas de óxido de hierro o de aluminio, o el oro coloidal, por ejemplo. Fue sobre este último, que el físico y químico inglés Michael Faraday (1791-1867) trabajó, demostrando efectos de rápida e irreversible floculación.

Después de este paréntesis histórico, centrémonos en el objetivo de este artículo, que es el de presentar las bases del estado coloidal; a saber, los parámetros fisicoquímicos de las partículas coloidales y las fuerzas que determinan la estabilidad y el comportamiento de las dispersiones.

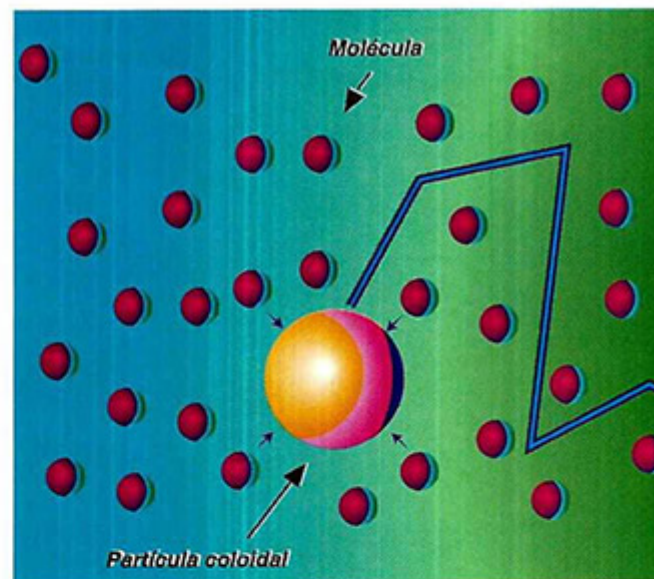
Movimiento Browniano y difusión

Comencemos por comprender la característica fundamental de una partícula coloidal como es la de estar afectada por el movimiento Browniano.

El botánico escocés Robert Brown (1773-1858) observó por primera vez en forma sistemática y detallada el movimiento errático de granos microscópicos de polen suspendidos en un medio líquido. Dicho movimiento, «movimiento Browniano», fue estudiado teóricamente en detalle por Albert Einstein, Paul Langevin, Jean Perrin y otros científicos desde principios del siglo.

Para comprender un poco este fenómeno, comencemos por el problema de definir órdenes de magnitud. Una molécula de un líquido cual-

quiera, por ejemplo de agua, tiene una talla del orden de 10^{-8} cm (1 Angström). Luego, de acuerdo con lo dicho inicialmente, un coloide tendrá entre 10 y 10.000 veces la talla de una molécula. Bajo estas condiciones, el objeto coloidal (una partícula o una macromolécula), sería visto como un «intruso» por las moléculas del líquido. Las variables termodinámicas como la presión y la temperatura, asociadas a la violencia de las colisiones entre las moléculas y la intensidad de su agitación, respectivamente, afectarán tanto al solvente como a las partículas allí dispersas. Pero la energía térmica que agita las moléculas del líquido encontrará las partículas «intrusas» demasiado grandes como para inducirles el mismo movimiento errático que a las moléculas que las circundan; sin embargo, las partículas recibirán los choques repetidos de moléculas en agitación permanente. Estos choques, de intensidad y frecuencia aleatoria, inducen a su vez desplazamientos erráticos en las partículas, lo que constituye el movimiento Browniano (**figura 1**). A medida que las partículas dispersas en el medio continuo son más grandes, la sensibilidad a los choques será menor y el movimiento las hará migrar a distancias cada vez más cortas, en un mismo intervalo de tiempo. El fenómeno de desplazamiento por movimiento Browniano es el llamado autodifusión, pero en adelante seguiremos utilizando el término difusión. La difusión es el fenómeno más importante en la materia coloidal. La distancia recorrida por un objeto coloidal en un proceso difusivo está dada por la relación $X=(2Dt)^{1/2}$, donde X representa la distancia recorrida en un tiempo t; D es el llamado coeficiente de difusión que es característico de cada partícula pues depende del tamaño de ella, de acuerdo con la fórmula de Stokes-Einstein $D=kT/6 \eta a$, donde k es la llamada constante de Boltzmann, T es la temperatura dada en grados Kelvin, η es la viscosidad del líquido, y a es el radio de la partícula (en el caso de un polímero, se tratará del radio de giración). Así, una partícula de 0.1 μm (1 micrómetro (μm) = 10^{-4} cm), tendrá un coeficiente de difusión, a la temperatura ambiente, del orden de 10^{-7} cm^2/s . El coeficiente de difusión pone entonces en competencia la energía de agitación térmica, kT, de las moléculas del solvente y la resistencia que presenta el solvente, representada por el producto ηa , al desplazamiento de la partícula. Es muy importante comprender estas ideas de base pues nos permitirán entender la termodinámica y el fenómeno de estabilidad de las dispersiones coloidales. En un artículo anterior (Innovación y Ciencia, vol. II, 2, 1993), abordamos los



medios dispersos «no coloidales», donde justamente la difusión Browniana es despreciable dadas las dimensiones de las partículas, más grandes que 1 μm .

Algunos elementos de termodinámica

Una suspensión coloidal está compuesta por un sinnúmero de partículas que se agitan y recorren todo el recipiente que las contiene en forma completamente desordenada. Un sistema de este tipo puede ser estudiado, desde el punto de vista macroscópico por la termodinámica y desde el punto de vista microscópico por la mecánica estadística. La termodinámica nos da la ecuación de estado que permite determinar la energía, la presión y la temperatura, tomando el sistema como un medio continuo donde estas cantidades, las variables termodinámicas, están ligadas; esto quiere decir que la fluctuación de una variable engendrará fluctuaciones de las otras. La mecánica estadística nos indica la evolución de la microestructura (la probabilidad de una cierta configuración) del sistema, es decir, la posición relativa de las partículas en un momento dado bajo ciertas condiciones de presión y temperatura y su evolución en el transcurso del tiempo.

La estabilidad de un estado o de una configuración en cualquier sistema físico se encuentra allí donde la energía es mínima. La energía en termodinámica se presenta bajo ciertas formas llamadas funciones termodinámicas. Así, encontramos, por ejemplo, la energía libre de Gibbs, la entalpía, la entropía, el potencial químico, etc. No es nuestra intención aburrir al lector detallando los métodos de la termodinámica, solamente mostraremos bre-

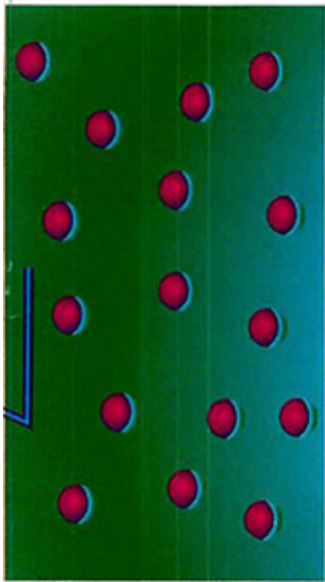


Figura 1. Una partícula coloidal es golpeada por las moléculas del solvente en forma aleatoria y permanente. Ella adquiere movimientos aleatorios representados por la línea quebrada.

vemente la importancia de la entropía del potencial químico y de la energía libre de Gibbs (en honor al físico americano Josiah Willard Gibbs (1839-1903)), en el estudio de los medios coloidales.

La entropía está asociada al estado de desorden de un sistema; así, una suspensión homogénea, es decir, donde las partículas están uniformemente distribuidas, se encuentra en el estado máximo de entropía en el cual no hay ningún orden en el sistema, pues existe una probabilidad máxima de encontrar una partícula en cualquier parte del volumen total de la suspensión; homogeneidad y desorden van entonces, a la par. Por el contrario, cuando el orden comienza a aparecer, cuando, por ejemplo, las partículas magnéticas que componen un ferrofluido comienzan

a alinearse como resultado de la aplicación de un campo magnético, la probabilidad de encontrar una cierta configuración aumenta y la entropía disminuye; en el caso de un cristal completamente ordenado, habrá sitios con probabilidad nula de encontrar un átomo o una molécula.

Para ordenar un sistema coloidal, como en el caso del ferrofluido, se tiene que hacer uso de un campo de fuerza externo, un campo que interactúe con los elementos coloidales de la dispersión. Si eliminamos en este ejemplo el campo magnético y, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, dejamos las partículas magnéticas libres de moverse en el fluido donde están suspendidas, el orden establecido por el campo se romperá debido al movimiento Browniano; así, el estado homogéneo de distribución, estado de equilibrio, aparecerá al cabo de un tiempo que podemos llamar de relajación.

Esta transición hacia un estado de equilibrio puede entenderse también en términos del potencial químico. El potencial químico se define como la energía que se necesita para introducir una nueva partícula en una suspensión, conservando las condiciones de presión y de temperatura (es análoga a la definición de energía potencial en mecánica). El equilibrio con la «nueva partícula inquilina» que introducimos se compensa con una baja en la energía libre

de Gibbs del sistema. Esta última es la energía que tiene disponible el sistema para convertirse en trabajo, o sea, para provocar desplazamientos de partículas; el hecho de introducir una nueva partícula hace que la movilidad de las mismas disminuya.

El equilibrio entre dos fases (hielo en agua, por ejemplo) se conserva cuando los potenciales químicos respectivos tienen el mismo valor. La difusión de una fase en la otra aparece cuando, por el contrario, los potenciales químicos son diferentes. Para establecer la conexión con la difusión en un sistema coloidal, tomemos el ejemplo clásico de un medio en el cual introducimos una membrana semipermeable. Se trata de un recipiente dividido en dos por dicha membrana; de un lado tenemos líquido puro, por ejemplo agua, y del otro lado agua más partículas coloidales, de látex por ejemplo. A través de la membrana el agua pasa sin problema, pero las partículas están obligadas a permanecer en un solo compartimiento. Si la membrana es elástica, se puede observar que existe una curvatura indicando que en el compartimiento donde hay partículas la presión es mayor; la diferencia de presión entre los dos compartimientos es llamada «presión osmótica»; el potencial químico en este ejemplo es diferente de un lado y del otro de la membrana. Si ahora retiramos la membrana, espontáneamente las partículas comenzarán a migrar hacia las zonas donde la concentración es menor, o sea, donde la presión es más baja. Esta

difusión es la misma difusión Browniana pero bajo condiciones de falta de homogeneidad de presión y de concentración. Aquí, el coeficiente de difusión, D , es la constante de proporcionalidad entre el flujo de partículas, J (número de partículas que pasan a través de una superficie en la unidad de tiempo), y la variación espacial de la concentración (gradiente de concentración (c/x); esta relación, llamada Ley de Fick, se expresa así: $J = -D(c/x)$, el signo menos indica que las partículas migran en la dirección de la disminución de la concentración. Cuando la presión osmótica se anule, el potencial químico se uniforma y la entropía sea máxima, el sistema alcanzará su estado de equilibrio.

La fisicoquímica de los medios coloidales, una disciplina en plena expansión, indispensable en biología, biotecnología e indiscutiblemente en todas las aplicaciones industriales.

Fuerzas intermoleculares y entre coloides

En la sección precedente tomamos las moléculas o las partículas coloidales como objetos aislados. En realidad, la cohesión entre átomos, moléculas y partículas en los sólidos, en los líquidos y en coloides es una evidencia de la existencia de interacciones entre dichos objetos. Trataremos de mostrar en forma simple las características fundamentales de estas complejas interacciones.

La interacción entre dos cuerpos se manifiesta cuando, para desplazar uno con respecto al otro, necesitamos consumir energía. Es el caso de una persona que quiere saltar y necesita energías para despegar su cuerpo de la superficie donde se encuentra; esta interacción atractiva es de tipo gravitacional. Existen en la naturaleza otros tipos de interacción como aquellos que implican fuerzas electrostáticas, mecánicas, nucleares, etc. En todos los casos, la energía de interacción depende de ciertas propiedades de cada cuerpo y, en particular, la intensidad de la interacción está dada por el

producto de dichas propiedades. Por ejemplo, la intensidad de la atracción gravitacional está dada por el producto de las masas de los cuerpos; el producto de las cargas de dos cuerpos cargados interviene en la energía de interacción electrostática, etc.

El caso que nos ocupa es la interacción entre objetos coloidales, los cuales están formados de agregados de moléculas que a su vez están ligadas por fuerzas intermoleculares. El origen de estas últimas fue establecido gracias al desarrollo de la mecánica cuántica en los años veinte, cuando se esclareció la estructura electrónica de los átomos y moléculas. La agregación de átomos para formar una molécula se hace a través de ligaduras de tipo covalente, donde las órbitas electrónicas de los diferentes átomos intercambian electrones; estas interacciones son muy fuertes pues mantienen la estabilidad de una molécula. Entre moléculas, la interacción es esencialmente de carácter electrostático. Para dar una idea de lo que significa, podemos decir que para dos cargas en reposo se utiliza la ley de Coulomb, en la cual la fuerza de atrac-

Interacciones

Para comprender un poco las interacciones entre especies coloidales, demos una mirada rápida a los tipos más comunes de interacción entre átomos, iones y moléculas.

Covalentes: ligan los átomos para formar moléculas. Son de corto alcance, fuertes y bastante complejas.

Carga-carga: son gobernadas por el potencial de Coulomb; son de largo alcance, dependen del inverso de la distancia entre las cargas; pueden ser fuerzas atractivas o repulsivas.

Carga-dipolo: en este caso la carga interactúa con un dipolo, sea fijo o libre de tener una rotación; en el

primer, caso dipolo fijo, depende del inverso de la distancia al cuadrado y en el segundo caso la potencia es cuatro; estas son, entonces, interacciones de corto alcance y además atractivas.

Dipolo-dipolo: aquí los dipolos pueden ser fijos o móviles y la interacción, atractiva, depende de la potencia 3 ó 6 del inverso de la distancia entre los dipolos.

Carga-molécula apolar: también atractiva, de corto alcance y con una dependencia en la potencia 4 del inverso de la distancia entre la carga y la molécula.

Dipolo-molécula apolar: el dipolo puede ser fijo o móvil, y la dependencia con el inverso de la distancia es en la potencia 6, o sea, también es de corto alcance y atractiva.

Dos moléculas apolares: también atractivas y con la misma dependencia que las precedentes con la distancia que separa las moléculas.

Entrar en los detalles de cada una de estas interacciones sale de los objetivos de este artículo.

ción o de repulsión depende del inverso de la distancia de las cargas al cuadrado. Si las cargas están en movimiento, tenemos las fuerzas electromagnéticas y, para sistemas más complejos, donde la distribución de las cargas fluctúa, se obtienen las fuerzas de interacción intermoleculares de tipo van der Waals, hidrofóbicas, de solvatación, etc., utilizadas en fisicoquímica y en biología.

En un sistema coloidal hay interacciones intermoleculares entre las moléculas del solvente, entre el solvente y las partículas coloidales, e interacciones mutuas entre partículas. Así, por ejemplo, en una solución de polímeros la forma de la macromolécula (esférica, alargada, etc.), depende de su compatibilidad con el solvente (interacción solvente-soluto); si el solvente no es bueno, la solución es difícilmente homogénea y hay agregación y formación de estructuras complejas (interacción soluto-soluto).

La existencia de transiciones de fase, gas-líquido, líquido-sólido, nos permiten inferir la existencia de fuerzas intermoleculares de corto alcance (sin embargo, de largo alcance con respecto a la

talla de los átomos o de las moléculas 10^{-8} cm). En 1867, el físico holandés Johannes Diderik van der Waals (1837-1923), presentó su famosa ecuación de estado, donde se tiene en cuenta el tamaño de las moléculas y se introduce un coeficiente que representa las interacciones intermoleculares. Lo que se denomina actualmente fuerzas de van der Waals, reagrupa tres tipos de interacciones de largo alcance: de inducción dipolar, de orientación dipolar y de dispersión. Todas éstas varían en función de la potencia seis de la distancia entre las moléculas. Las fuerzas de dispersión, o fuerzas de London, fueron estudiadas por el físico americano de origen alemán Fritz London (1900-1954) en 1937. El nombre de dispersión obedece al efecto dispersivo de la luz en el visible y en el ultravioleta del espectro electromagnético producido por las moléculas. Son interacciones entre moléculas no polares, o sea, dipolo inducido-dipolo inducido, que pueden ser atractivas o repulsivas. La energía potencial se escribe: $V(r) = C/r^6$, donde C es la constante de proporcionalidad de London. El estudio de éstas concierne a la mecánica cuántica e introduce también las consecuencias de la transmisión de las interacciones a la velocidad de la luz.

La interacción neta de van der Waals, responsable de las interacciones entre moléculas, entre polímeros y entre partículas coloidales, juega un papel determinante en la estabilidad de una suspensión coloidal, como lo veremos en seguida.

Se puede considerar que la interacción atractiva entre dos partículas, resulta de la suma de las interacciones locales de cada par de moléculas que las componen. En una primera aproximación esto es cierto, si consideramos las moléculas como aisladas, o sea, que no reciben influencias de aquellas que las rodean. El considerar las interacciones entre varias partículas equivale a abordar el difícil problema de n-cuerpos, lo cual se sale del objetivo de este artículo.

Hamaker y otros investigadores estudiaron este caso siguiendo la misma dirección de London; se introdujo una constante llamada de Hamaker, que tiene en cuenta la constante de proporcionalidad de London, la densidad de las partículas y del solvente, así como ciertos parámetros geométricos de las partículas para caracterizar su interacción. Cuando se trata de la interacción entre dos partículas coloidales suspendidas en un líquido, la interacción neta necesita tener también en cuenta el solvente, el cual modifica drásticamente el alcance y hasta puede invertir el signo de la fuerza de interacción, es decir, que en el vacío puede haber una atracción y en medio líquido puede haber una repulsión para los mismos cuerpos.

coloidales

* A pesar de que la nube electrónica de un átomo parezca en promedio simétrica, instantáneamente las órbitas no son circulares; la pequeña excentricidad da origen, temporalmente, a un dipolo eléctrico. Un dipolo está caracterizado por un momento dipolar, que es el producto de la carga multiplicada por la distancia entre las cargas que conforman el dipolo. En el caso de un átomo, es la distancia entre el electrón y el núcleo. Cuando se trata de moléculas, la interacción compleja entre los átomos da como resultado una molécula, parcialmente dipolar (no polar o apolar originalmente), o una molécula polar en permanencia, como la molécula del agua. En el caso en que una molécula polar esté en presencia de otra molécula, por ejemplo, apolar, las interacciones causarán una deformación en esta última dando origen a lo que se llama un dipolo inducido. Así, podemos tener interacciones dipolo-dipolo inducido; dipolo inducido-dipolo inducido.

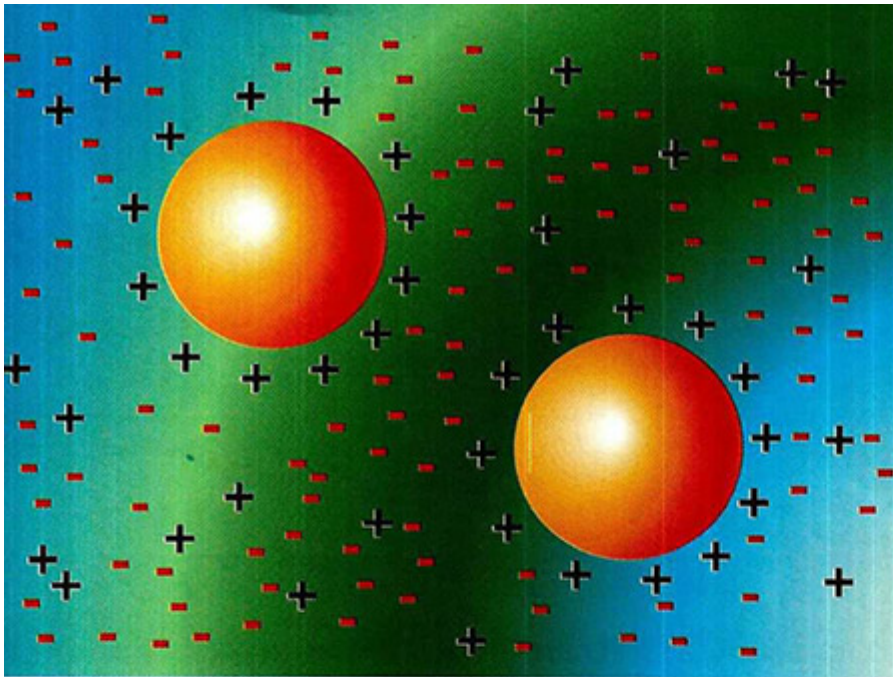


Figura 2. Dos partículas cargadas positivamente se encuentran dentro de un solvente polar neutro (el mismo número de cargas positivas y negativas). Cerca de la superficie se acumulan cargas negativas, interponiéndose estas últimas entre las dos partículas e impidiendo el choque. El sistema es estable si el movimiento Browniano no las acerca forzadamente hasta su agregación.

Estabilidad de una suspensión coloidal

La estabilidad de una suspensión coloidal es el resultado de una competencia entre las fuerzas de tipo electrostático, fuerzas de van der Waals y la energía de agitación térmica.

La teoría de las fuerzas de van der Waals ha sido bastante desarrollada, y tratamientos bastante sofisticados permiten determinar actualmente los parámetros fisicoquímicos que intervienen a nivel molecular y coloidal. Es indudable el papel importante que juegan estas fuerzas en la agregación irreversible, en la coagulación y en el comportamiento reológico de una suspensión.

Al comienzo de este artículo hablamos del estado coloidal y de su estabilidad, o sea, del hecho de que las partículas permanezcan uniformemente distribuidas sin formar agregados que sedimentan más fácilmente, provocando una separación de fases. En medio acuoso, la estabilidad de la fase dispersada depende de las fuerzas de van der Waals y de las fuerzas puramente electrostáticas. El potencial interparticular estará entonces determinado por las correlaciones entre los campos eléctricos fluctuantes e inducidos, como lo explicamos a lo largo de este artículo, y la carga superficial neta de las partículas. Esta última provoca interacciones repulsivas (**figura 2**) que impiden la agregación de partículas cuando se encuentran dispersas en líquidos polares como el agua. Las interacciones electrostáticas están influenciadas por el solvente de la siguiente manera: supongamos que una partícula está cargada positivamente (existen cargas absorbidas en su superficie). Si existen iones en el líquido (se trata entonces de un electrolito), las cargas

negativas serán atraídas por la partícula y las positivas repelidas. Se formará así una doble capa de cargas positivas y negativas alrededor de la partícula (capa de Debye), la cual impedirá a otra partícula en el mismo estado adherirse, pues la nube de cargas negativas de la parte externa de la doble capa de Debye de una partícula se encontrará con su homóloga de la otra partícula. Si de alguna manera (mecanismo desestabilizante) forzamos las partículas a acercarse a una distancia tal que las fuerzas de van der Waals actúen, puede producirse una agregación; se formarán dobletes de partículas, luego tripletes, etc. Los dobletes pueden romperse si la agitación Browniana es importante, es decir, si el potencial de interacción V es mucho mayor que la energía térmica, $V/kT > 1$, donde V es la energía de interacción interparticular. Si la energía térmica no es muy grande puede haber agregación, la cual es causada finalmente por el mecanismo desestabilizante, por ejemplo, la aplicación de un campo eléctrico, magnético o simplemente un flujo de tipo hidrodinámico (una suspensión fluyendo en un tubo).

Así pues, existe toda una teoría del equilibrio de sistemas coloidales, donde se estudia su dependencia con la concentración, la cantidad de iones, la talla de las partículas, la masa de las macromoléculas, la temperatura y la compatibilidad entre la materia dispersa y el solvente.

Todo lo expuesto anteriormente forma parte de la fisicoquímica de los medios coloidales, una disciplina en plena expansión, indispensable en la biología, la biotecnología e, indiscutiblemente, en todas las aplicaciones industriales y agroalimenticias que tienen que ver con polímeros, proteínas y partículas.

Lecturas sugeridas

1. Hunter R.J. *Foundations of colloid science*, Vol 1, Oxford Science Publications; 1992.

2. Russel W.B., Saville D.A. and Schowalter W.R. *Colloidal dispersions*, Cambridge University Press, 1991.

3. Israelachvili J.N. *Intermolecular and surface forces, with application to colloidal and biological systems*, Academic Press (2nd ed.), 1991.

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
**INNOVACION
Y CIENCIA**

Suscríbese ya por sólo \$ 29.000 al año

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



¿Por dónde pasó el electrón?



Figura 1: Diagrama esquemático de la cadena de aceleradores en Fermilab. El recorrido de los protones comienza en el acelerador "cockroft-walton" (1), y son luego transferidos a un acelerador lineal "linac" (2), un acelerador circular "booster" (3), al "anillo principal" (4) y finalmente alcanzan su máxima energía en el tevatrón (5). Los antiprotones son acelerados y acumulados (6). Alrededor de los dos puntos de colisión se encuentran los detectores CDF (7) y D0 (8).

¿Cómo hacen los físicos para "ver" lo que ha ocurrido en una colisión entre un protón y un antiprotón? ¿Cómo estudian objetos cuyas dimensiones son del orden de 10^{-15} metros o menos?

La principal herramienta utilizada para crear y estudiar estos corpúsculos es el acelerador de partículas. Con él, protones o electrones son disparados, a velocidades cercanas a la de la luz, contra bloques de diferentes materiales, o contra antiprotones o positrones (anti-electrones)¹ que se han acelerado en dirección opuesta. En el choque, la energía que las partículas llevan en virtud a su velocidad se convierte en otras partículas², las cuales proveen información sobre la estructura básica de la materia. Por ejemplo, "observando" las partículas generadas cuando un protón se estrella contra un antiprotón, ambos con energías suficientemente altas, se puede saber cuál es la

estructura interna del protón y el antiprotón, o se puede descubrir una partícula nueva que nunca antes había sido "vista".

En el laboratorio donde yo trabajo, "Fermi National Accelerator Laboratory" (Fermilab) en Illinois, Estados Unidos de América, una máquina llamada Tevatrón acelera protones y antiprotones a las energías más altas que se han alcanzado hasta ahora (entre más alta la energía, más alta la velocidad). Ondas de radio (microondas) son utilizadas para impartir energía e incrementar la velocidad de protones y antiprotones, que viajan en direcciones opuestas dentro de un tubo colocado en un túnel subterráneo circular de 2 kilómetros de diámetro. La **figura 1** muestra un diagrama de la cadena de aceleradores utilizada en Fermilab.

Los protones se producen mediante la ionización de átomos de hidrógeno (a estos se les arranca el electrón para dejar sólo el núcleo, que es un protón) y se aceleran en varias etapas consecutivas, ya que cada acelerador trabaja

más eficientemente en un rango determinado de energía. El recorrido de los protones comienza en una máquina llamada acelerador "Cockcroft-Walton" y son luego transferidos a un acelerador lineal ("Linac"), de allí pasan a un pequeño acelerador circular ("Booster"), luego al "Anillo Principal" y finalmente alcanzan su máxima energía en el Tevatrón. Simultáneamente, los antiprotones son obtenidos haciendo estrellar pro-

de investigación responsable por uno de estos detectores, llamado D₀ ("d-cero"). La **figura 2** muestra el detector D₀ comparando su tamaño con el de una persona. Los protones y antiprotones entran al detector por los extremos y chocan en el centro.

En este artículo me propongo explicar con cierto detalle tres de las técnicas de detección de partículas con las que estoy más familiarizado, y

que se utilizan para conocer sus trayectorias en la mayoría de los experimentos. Esto no

quiere decir que sean las únicas o las mejores; la variedad de detectores es enorme y su uso

depende de lo que se quiere investigar. Pero los tres tipos de detector que voy a describir son ampliamente utilizados en los experimentos de física de partículas que actualmente se llevan a cabo, y dos de ellos (detectores basados en semiconductores o en centelleadores) están entre los preferidos para experimentos futuros. Además, sabiendo cómo funcionan estos tres tipos se puede tener una idea clara del funcionamiento de

muchos otros detectores, ya que los principios físicos en los que están basados son esencialmente los mismos. Es también importante aclarar que un detector grande como D₀ está en realidad formado por muchos detectores más pequeños, cada uno construido con un propósito particular y usando diferentes tecnologías, con los cuales se obtiene la mayor cantidad posible de información sobre las colisiones. Para una descripción detallada de la teoría de física de partículas, el funcionamiento de los aceleradores y una visión global de los detectores, el lector interesado podrá consultar las referencias citadas al final.

Detectores de centelleo

Los detectores de centelleo son ampliamente utilizados en física nuclear y de partículas, gracias a su simplicidad, confiabilidad y facilidad de operación, comparados con otros instrumentos. Estos detectores están basados en la emisión de luz que ciertos materiales, llamados *luminiscentes*, exhiben cuando son atravesados o golpeados por radiación.



Figura 2: Vista del detector D₀ en Fermilab, con un corte que permite observar el interior. Los protones entran por un extremo y los antiprotones por el otro, de tal manera que la colisión ocurre en el centro del detector, indicado por el círculo amarillo. El detector pesa aproximadamente 5.000 toneladas, mide 12 metros de alto y los sistemas electrónicos que registran y almacenan la información producida por él ocupan un pequeño edificio de tres pisos de altura.

mente acelerados, contra un bloque de material y se acumulan hasta tener una cantidad suficiente para iniciar las colisiones.

Cuando los protones y antiprotones han alcanzado el máximo nivel de energía posible, se hacen estrellar frente a frente en dos lugares del acelerador, llamados puntos de colisión, donde detectores enormes estudian las partículas que emergen del choque. El Grupo de Física de Altas Energías de la Universidad de Los Andes (Santafé de Bogotá) ha estado involucrado desde hace varios años en el grupo

En un átomo, los electrones que orbitan alrededor del núcleo están restringidos, por las leyes de la mecánica cuántica, a ocupar órbitas particulares que corresponden a niveles discretos (cuantizados) de energía. Es decir, un electrón no puede orbitar el núcleo en posiciones arbitrarias y por lo tanto, dado que la cantidad de energía potencial de cada electrón depende de la órbita en la que se encuentra, tampoco puede tener una energía cualquiera. La energía potencial de un electrón en un átomo se puede comparar *cualitativamente* con la energía que tiene un objeto al ser levantado de la superficie de la Tierra en contra de su propio peso. Si se lo deja caer libremente, esta energía es liberada en forma de movimiento. La energía potencial aparece gracias a que el objeto interactúa con el campo gravitacional de la Tierra (tiene peso), mientras que en el caso de un átomo la energía es producto de la interacción de la carga del electrón con el campo eléctrico del núcleo. Cuando una partícula nuclear o sub-atómica entra en un material luminiscente, excita algunos de los electrones hacia órbitas de mayor energía en sus moléculas o átomos; al regresar a sus órbitas originales estos electrones se deshacen de la energía sobrante emitiendo luz (cada electrón emite un fotón por cada cambio de órbita).

Este fenómeno se puede observar a simple vista en materiales *fosforescentes*, utilizados hoy en día en relojes, juguetes y electrodomésticos, que luego de ser expuestos a la luz del Sol o de una lámpara emiten luz por sí mismos durante varios minutos. En este caso, los fotones de la luz con que se iluminó el material son los responsables de la excitación de los electrones, que paulatinamente regresan a sus órbitas originales emitiendo luz; pero lo mismo ocurriría si el material es expuesto a radiación compuesta de protones o neutrones, por ejemplo. Para que la luminiscencia sea útil en la detección y seguimiento de partículas individuales, la emisión de luz tiene que ocurrir en tiempos pequeñísimos, del orden de 10^{-8} segundos (una centésima de millonésima de segundo). Un material con esta propiedad recibe el nombre de *fluorescente*, y de allí derivan su nombre las lámparas fluorescentes que se utilizan diariamente para iluminación. En ellas, el paso de una corriente eléctrica a través de un gas (normalmente de mercurio) produce luz ultravioleta, la cual es convertida en luz visible por un polvo fluorescente que recubre las paredes interiores de la lámpara. Cada fotón ultravioleta sólo produce un pequeñísimo destello de luz visible al golpear el polvo fluorescente, pero la cantidad de fotones ultravioletas es tan grande que la cantidad de luz visible generada es suficiente para usos prácticos.

Es así como se puede detectar el paso de una partícula por el material fluorescente, observando el destello de luz que se produce. Obviamente, esto no se puede hacer a simple vista, puesto que el ojo humano no es capaz de ver un destello tan pequeño, y por lo tanto hay que recurrir a instrumentos electrónicos muy sensibles que convierten la luz en señales eléctricas, que luego pueden ser procesadas electrónicamente.

Detectores de fibras de centelleo

En los experimentos que se llevan a cabo en los aceleradores de partículas no es suficiente saber si una partícula pasó por el detector, es necesario conocer con cierta precisión su trayectoria. Esta trayectoria es una línea continua (recta o curva) a través del espacio y lo ideal para un experimento sería poder observarla en toda su extensión, pero esto no es posible en la práctica. Lo mejor a lo que se puede aspirar es a conocer un número pequeño de puntos en el espacio, lo más cercanos posible a la línea continua, y utilizar esta información para calcular una aproximación a la trayectoria real. Con centelleadores, la forma más obvia de hacer esto es colocando piezas de material luminiscente, lo más pequeñas posible, en los lugares por los que se espera que pasen las partículas, de tal forma que cada pieza proporcione un punto de medición.

En Dø se está diseñando y construyendo un detector basado en fibras transparentes de aproximadamente 1 mm de diámetro, fabricadas con un plástico en el cual se ha mezclado una sustancia fluorescente. Aproximadamente 77.000 fibras son colocadas en capas cilíndricas alrededor del punto de colisión del acelerador, con las capas desplazadas angularmente entre sí para evitar espacios por los cuales puedan pasar las partículas sin ser detectadas. Sabiendo cuáles fibras emitieron luz al ser atravesadas por las partículas, se puede calcular aproximadamente su trayectoria con una precisión típica de entre 0.5 y 1 milímetro (ver **figura 3** y **figura 10**).

Un extremo de cada fibra de centelleo está acoplado a una fibra óptica transparente, que conduce la luz hacia un dispositivo que convierte los destellos de luz en señales eléctricas. Este dispositivo se conoce como "contador de fotones de luz visible" y fue originalmente desarrollado para utilizarlo en sistemas militares de visión nocturna. Es tan sensible que puede detectar un solo fotón, así que tiene que ser enfriado a temperaturas cercanas a -270°C , sumergiéndolo en helio líquido, para minimizar la interferencia producida por la luz infrarroja que todos los

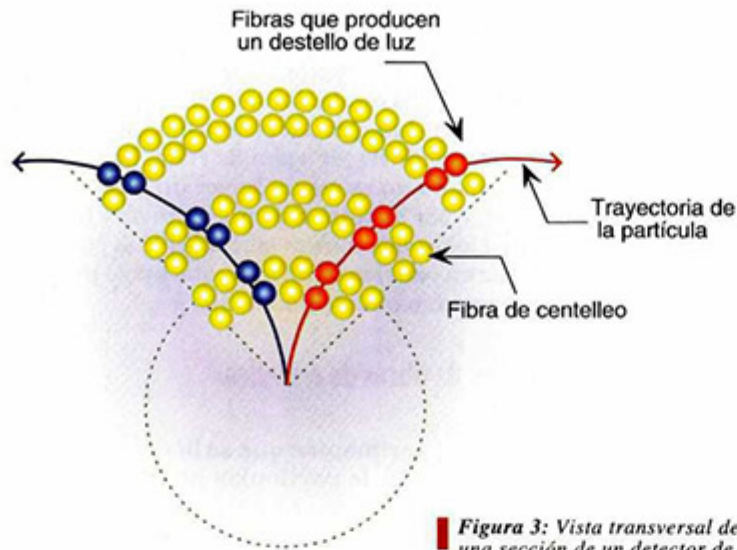


Figura 3: Vista transversal de una sección de un detector de fibras de centelleo típico, mostrando las trayectorias de dos partículas y las fibras que han centelleado al ser atravesadas por ellas.

objetos emiten en virtud a su temperatura. A pesar del costo y la complicación que implica utilizar un instrumento como el contador de fotones, éste es necesario, ya que las fibras de centelleo producen en promedio sólo diez fotones cada vez que una partícula las atraviesa. Como referencia, para apreciar lo pequeño que es un destello de sólo diez fotones, cabe mencionar que una lámpara de 25 W emite aproximadamente 10^{19} fotones cada segundo.

Cámaras multialámbricas

Las cámaras multialámbricas y sus derivaciones fueron la principal herramienta para el seguimiento de partículas desde principios de los setentas hasta finales de los ochentas, pero han sido desplazadas por nuevas tecnologías. Aun cuando todavía se utilizan, la mayoría de los experimentos en construcción, o que están siendo diseñados, han optado por nuevas técnicas que proveen mayor resolución espacial y mayor velocidad en la adquisición de datos. A pesar de esto, he decidido presentar las cámaras multi-alámbricas, ya que son un buen ejemplo de los principios básicos de detección y su funcionamiento es

bastante simple. Estas cámaras y muchos otros detectores están basados en la ionización de un material, producida cuando una partícula cargada lo atraviesa.

Una partícula cargada viajando en un gas pasa a través o muy cerca de la nube de electrones de algunas de las moléculas³ o átomos que lo componen, haciendo que algunos de los electrones se separen de ellas y queden libres para moverse en el gas (figura 4). Si en la región donde ha ocurrido la ionización existe un campo eléctrico entre dos electrodos, las moléculas que han perdido electrones (iones) se verán atraídas hacia el electrodo negativo (cátodo), puesto que tienen un exceso de carga positiva, mientras que los electrones liberados se moverán hacia el electrodo positivo (ánodo). A medida que los iones y electrones viajan hacia los respectivos electrodos, se induce una corriente eléctrica en ellos, que culmina con la llegada de los electrones liberados al ánodo, mientras que el cátodo provee nuevos electrones para neutralizar las moléculas ionizadas. Si se coloca un medidor de corriente suficientemente sensible en alguno de los electrodos, se tendrá evidencia del paso de la partícula al observar un pequeño pulso de corriente.

La figura 4 muestra un diagrama esquemático de una cámara de iones, que ilustra el principio de operación de una cámara multialámbrica y otros detectores, como los contadores Geiger-Müller. Esta cámara consta simplemente de un contenedor sellado, lleno de algún gas (como argón o

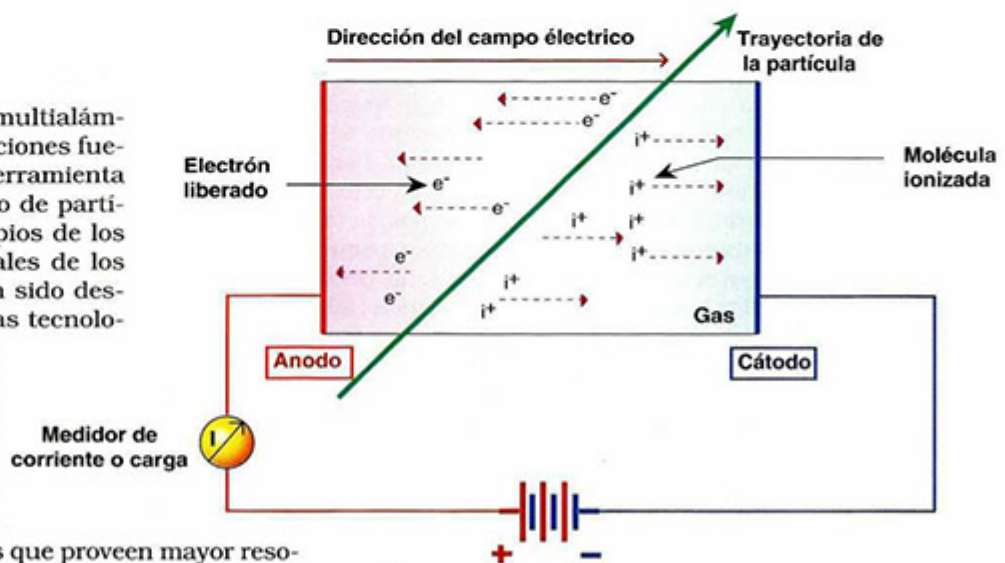
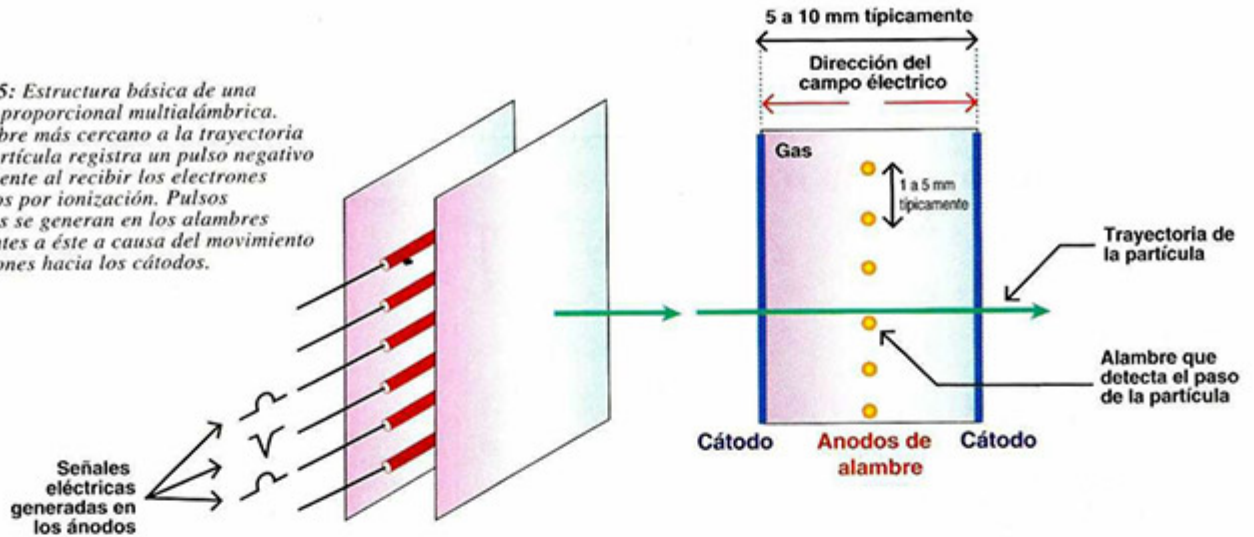


Figura 4: Principio de operación de una cámara de iones. Una partícula cargada atravesando un gas genera ionización, liberando electrones de las moléculas. En presencia de un campo eléctrico los iones son atraídos hacia el cátodo y los electrones hacia el ánodo, produciendo una pequeña corriente eléctrica entre los electrodos.

Figura 5: Estructura básica de una cámara proporcional multialámbrica. El alambre más cercano a la trayectoria de la partícula registra un pulso negativo de corriente al recibir los electrones liberados por ionización. Pulsos positivos se generan en los alambres adyacentes a éste a causa del movimiento de los iones hacia los cátodos.



helio), en cuyos extremos se han colocado dos placas metálicas que sirven de electrodos. Si el voltaje entre los electrodos de la cámara es suficientemente alto, los electrones liberados ganan suficiente velocidad viajando hacia el ánodo como para ionizar a su vez algunas moléculas del gas, creando cascadas o avalanchas de ionización. De esta forma, en los electrodos se recoge una cantidad de carga mayor que la generada originalmente por la partícula. Los contadores *Geiger-Müller* operan a voltajes en los cuales la cantidad de carga recogida es muy alta y prácticamente independiente de la cantidad original. Pero el rango de voltajes más útil para detectores de trayectorias es aquel en el cual la carga recogida es proporcional a la carga original, de tal manera que se obtiene una amplificación de la señal, que facilita su medición.

Cámaras proporcionales multialámbricas

De la misma forma que con los materiales centelleantes, con la cámara de iones mostrada en la Figura 4 podemos saber cuándo una partícula pasó a través del gas, pero no sabemos exactamente qué trayectoria siguió. En 1968, el físico francés (nacido en Polonia) Georges Charpak³ tuvo la idea de reemplazar el ánodo por una serie de alambres paralelos, extendidos en medio de dos placas metálicas paralelas que actúan como cátodos. En el alambre más cercano a la trayectoria de la partícula se registra un pulso de corriente negativo, mientras que en los alambres adyacentes a éste se generan pequeñas señales positivas⁴, como se muestra en la figura 5. Normalmente, los alambres están hechos de tungsteno cubierto de oro (para evitar oxidación o reacciones químicas con el gas), con un diámetro de 20 a 40 micrómetros, y los cátodos son típicamente de cobre.

A este dispositivo se le conoce como "cámara proporcional multialámbrica", ya que normalmente opera con voltajes que producen amplificación proporcional de las señales, para facilitar su medición. La separación típica entre los alambres es de 1 a 5 mm (cámaras con separaciones menores a 1 mm son complicadas de operar) y la distancia entre los cátodos es normalmente de 5 a 10 mm, haciendo posible determinar, en una dimensión, el lugar de paso de la partícula con una precisión de 1 mm. Es posible también conocer la posición aproximada de la trayectoria a lo largo del alambre (con lo cual se tiene información en dos dimensiones) midiendo la diferencia de tiempo en la llegada de la señal a cada extremo del mismo⁴. Con este método la precisión es de sólo algunos centímetros, debido a que las señales viajan en el alambre prácticamente a la velocidad de la luz, así que las diferencias de tiempo son pequeñísimas y por consiguiente muy difíciles de medir con exactitud. Otra manera de determinar la posición de la trayectoria en dos dimensiones es colocando una segunda cámara contigua, cuyos alambres están orientados perpendicularmente a los de la primera (una cámara mide la posición vertical y otra la horizontal).

Infortunadamente, la precisión que se alcanza con una cámara proporcional multialámbrica no se puede incrementar simplemente colocando los alambres más cerca unos de otros, que sería la forma más obvia de hacerlo. A medida que los alambres se colocan más cercanos entre sí, la fuerza de repulsión eléctrica entre ellos crece y tiene que ser compensada tensándolos más para evitar que se deformen. El límite último está dado por la tensión máxima que los alambres soportan sin romperse, pero antes de alcanzar ese límite es usual que los alambres comiencen a vibrar, como las cuerdas de una guitarra, ante la acción opuesta de la fuerza de repulsión y la tensión (a este fenómeno se le llama coloquialmente "cámara cantante", ya que a veces la vibración resulta en

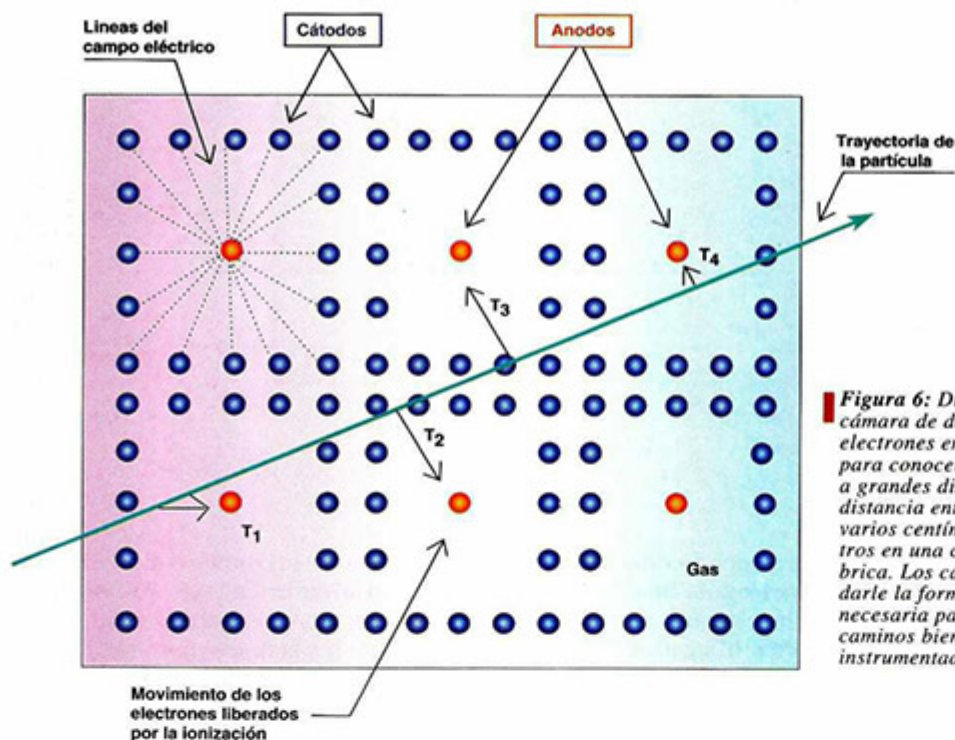


Figura 6: Diagrama esquemático de una cámara de deriva. El tiempo T_i que tardan los electrones en llegar a los ánodos es medido para conocer la trayectoria de las partículas a grandes distancias de los alambres. La distancia entre los ánodos es normalmente de varios centímetros, comparada con milímetros en una cámara proporcional multialámbrica. Los cátodos de alambre sirven para darle la forma requerida al campo eléctrico, necesaria para que los electrones sigan caminos bien definidos, pero estos no están instrumentados.

un sonido audible). Para alcanzar mayores resoluciones, manteniendo 1 mm o más entre los alambres, los cátodos son segmentados en láminas angostas y se mide la cantidad de carga depositada por la ionización en cada una de ellas. Conociendo la distribución de la carga en los segmentos de los cátodos, es posible calcular la posición de la partícula con una precisión de decenas de micrómetros, aunque bajo condiciones muy bien controladas y para partículas de baja energía.

Cámaras de deriva o de arrastre

En un detector grande como los que normalmente se utilizan en los aceleradores, para conocer las trayectorias de las partículas en tres dimensiones, sobre distancias del orden de metros o decenas de metros incluso, se suelen colocar varios grupos de cámaras multialámbricas cada cierta distancia para obtener el máximo número de mediciones posible. Teniendo en cuenta que cada cámara puede tener miles de alambres instrumentados⁵, un experimento grande necesitaría cientos de miles de alambres, requiriendo de un sistema electrónico de adquisición de datos enorme y muy costoso. Para disminuir el número de alambres sensores, y por lo tanto el costo, se recurre a las "cámaras de deriva" en detectores que necesitan cubrir volúmenes muy grandes.

En una cámara de deriva se mide el tiempo que tardan en llegar los electrones a cada alambre instrumentado. Conociendo estos tiempos, la velocidad a la que viajan los electrones en el gas y la

forma del campo eléctrico en la cámara (estos se conoce normalmente con mucha precisión), se puede calcular la trayectoria de la partícula. Ya que los electrones viajan a lo largo de las líneas del campo eléctrico, es necesario colocar una gran cantidad de alambres adicionales con los que se ajusta la forma del campo, pero estos no están instrumentados así que no incrementan mucho el costo del detector.

La región central del detector D0 contenía hasta el año 1996 cuatro cámaras de deriva, con un total aproximado de 3.600 alambres instrumentados, con las cuales era posible medir las trayectorias con una precisión de 0.2 mm aproximadamente. La máxima distancia que la carga generada por ionización tenía que recorrer era de 5.3 cm, 7 cm o 1.6 cm, según la cámara. Estas cámaras serán reemplazadas por un detector de fibras de centelleo y un detector de silicio (ver siguiente sección) como parte de la remodelación que se está llevando a cabo en este momento.

Detectores de microcinta fabricados en silicio

Cuando se quiere conocer con muy alta precisión la trayectoria de partículas, uno de los detectores que más se utiliza hoy en día es el "detector de microcintas fabricado en silicio", llamado por brevedad "detector de silicio". Este detector consta de una lámina de silicio cristalino, típicamente de 300 μm de espesor, en la cual se ha implantado una serie de cintas separadas por distancias del orden de decenas de micrómetros (típicamente 50 μm en los detecto-

res para D_0). Cada cinta forma un elemento individual de detección (o canal), jugando el mismo papel que los alambres en una cámara multialámbrica. Las señales también son generadas por ionización, esta vez en el silicio en lugar de un gas. Debido a que el silicio es un semiconductor, para entender la estructura y funcionamiento del detector es necesario conocer los aspectos fundamentales del comportamiento de materiales semiconductores.

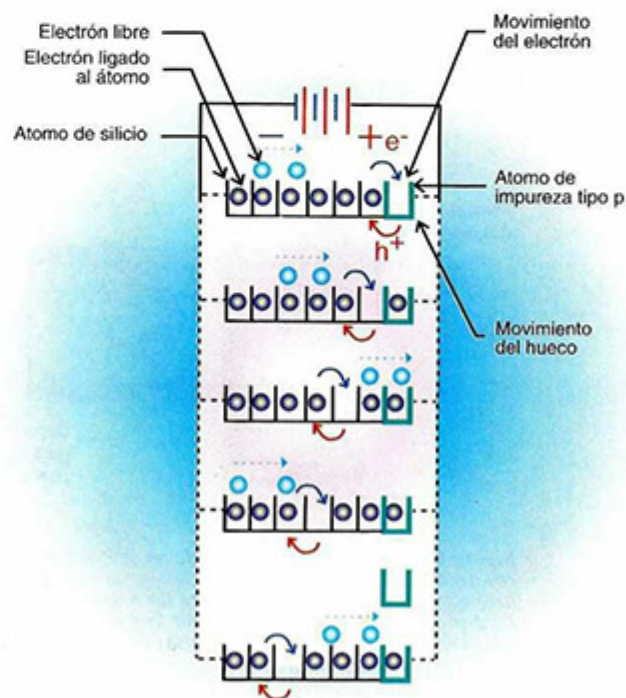
En un conductor normal, como el cobre o el aluminio, existe una enorme cantidad de electrones que son esencialmente libres para moverse dentro del material bajo la influencia de un campo eléctrico. Por esta razón, cuando se aplica una diferencia de voltaje entre los extremos del material, estos electrones libres viajan de la terminal negativa a la positiva, creando una corriente eléctrica. Un aislador, como los plásticos o el aire, no contiene normalmente ningún electrón libre para moverse, ya que todos están confinados a los átomos del material, de tal forma que no es posible generar una corriente eléctrica a menos que se apliquen voltajes muy elevados. A voltajes suficientemente altos, algunos electrones son arrancados de los átomos por el campo eléctrico y acelerados hasta alcanzar grandes velocidades, con lo cual golpean contra otros electrones, desprendiéndolos a su vez de los átomos y produciendo una avalancha. Las chispas eléctricas que se ven cuando se cortocircuita una batería, o los rayos en una tormenta, son un buen ejemplo de estas avalanchas. Finalmente, un semiconductor es un aislador cuyos electrones no están tan fuertemente ligados a los átomos y por lo tanto se pueden liberar más fácilmente. Es más, un semiconductor a temperatura ambiente contiene un cierto número de electrones libres que han sido desprendidos de los átomos por la vibración que éstos sufren en virtud a su temperatura⁶.

Gracias a estas características, las propiedades eléctricas de los semiconductores pueden ser cambiadas fácilmente añadiéndoles impurezas. Estas impurezas son sustancias cuyos átomos ceden electrones libres o toman electrones de otros átomos al incorporarse al cristal del semiconductor. Cuando se han añadido impurezas que ceden electrones se dice que el semiconductor es tipo "n"; si las impurezas toman electrones se dice que el semiconductor es tipo "p". Cuando el número de impurezas es grande, se dice que el material es tipo "p+" o "n+", según sea el caso.

En un conductor la corriente eléctrica está formada exclusivamente por electrones libres, pero en semiconductores (especialmente tipo p) existen también corrientes debidas al movi-

miento de los electrones que están ligados a los átomos, adicionales al flujo de electrones libres. Para entender esto es necesario recurrir a una analogía (figura 7). Se puede imaginar el cristal del semiconductor como una serie de cajas colocadas una al lado de la otra, cada una pudiendo contener un solo electrón. Los átomos del semiconductor equivalen a cajas con un electrón, mientras que un átomo de una impureza tipo p es equivalente a una caja vacía. Los electrones no pueden moverse con total libertad pero sí pueden pasar de una caja a otra adyacente que esté vacía. Cuando un electrón pasa de una caja llena a otra originalmente vacía se puede decir también que el "hueco" de la caja vacía se ha movido hacia el lugar donde estaba el electrón. La forma en la que normalmente se habla de este fenómeno es diciendo que el hueco se mueve y pensando en él como otra partícula, adicional al electrón, pero con carga positiva. Si se aplica un campo eléctrico, los electrones saltarán preferencialmente en la

Figura 7: Ilustración de la corriente formada por huecos en un semiconductor como el silicio, en el cual se han incluido impurezas tipo p. A medida que los electrones saltan hacia el átomo vacío adyacente a su derecha, el hueco se desplaza hacia la izquierda. El hueco se considera como una partícula adicional al electrón, pero con carga positiva, de tal manera que se habla de corrientes de huecos y corrientes de electrones libres. En la figura también se muestran los electrones libres moviéndose de la terminal negativa a la positiva de la batería.



dirección opuesta al campo si tienen un hueco en la caja adyacente, de tal forma que se crea una corriente gracias a los electrones moviéndose en una dirección o, equivalentemente, los huecos en otra.

La lámina que forma el sustrato del detector está fabricada con silicio tipo *n*, y las microcintas son regiones del sustrato en donde se han incluido impurezas tipo *p* en gran cantidad, haciendo que el silicio de las microcintas sea tipo *p+*. Esta unión de silicio tipo *n* (sustrato) con silicio tipo *p+* (microcintas) forma lo que se llama un "diodo" y su principal característica es que sólo deja fluir corriente eléctrica en una dirección. La **figura 8** muestra un diagrama simplificado de un detector de silicio típico con sólo tres canales de detección (microcintas). Los detectores que normalmente se utilizan miden varios centímetros y contienen cientos de microcintas.

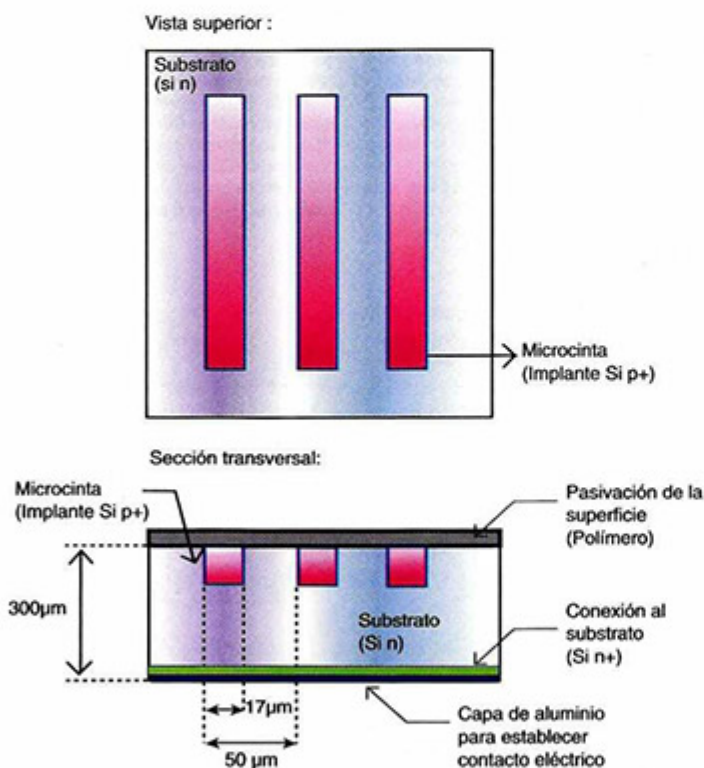


Figura 8: Estructura simplificada de un detector de microcintas típico, construido en silicio (Si), mostrando tres canales. La base o sustrato está hecha de silicio tipo *n*, mientras que las microcintas son de silicio tipo *p+*. La distancia entre microcintas es por lo general de 50 micrómetros. Usualmente, cada detector mide varios centímetros y contiene cientos de microcintas. Para evitar rasguños, oxidación y humedad, la superficie se recubre con un polímero que la protege.

Si se conecta el detector a una batería, con la terminal positiva en la base del sustrato y la negativa en las microcintas, no fluirá ninguna corriente por el circuito y se establecerá un campo eléctrico entre las microcintas y la base. Cuando una partícula cargada atraviesa el detector, como se muestra en la **figura 9**, desprende electrones de los átomos, generando electrones libres y huecos, de forma similar a la ionización en el gas de una cámara multialámbrica. Gracias al campo eléctrico, los electrones viajarán hacia la base del sustrato y los huecos hacia las microcintas, generando pequeñas corrientes eléctricas en ellas, las cuales son medidas con dispositivos electrónicos muy sensibles (ver **figura 9**). La microcinta más cercana a la trayectoria de la partícula recibirá la mayoría de los huecos generados, produciendo la señal más grande. Teniendo en cuenta que la distancia entre los canales es de 50 micrómetros o menos, comparada con milímetros en una cámara de alambres, es posible conocer con mucha mayor precisión el punto por el cual la partícula atravesó el detector.

Al igual que con las cámaras multialámbricas, para conocer las trayectorias en dos y tres dimensiones, se colocan muchos de estos detectores en distintas posiciones y orientaciones, cubriendo el espacio por el cual se espera que pasen las partículas. Con los detectores de silicio es incluso posible colocar microcintas en las dos caras de la lámina que forma el sustrato, orientadas perpendicularmente entre sí, de tal manera que un solo detector provee información sobre dos dimensiones.

Aun cuando estos detectores ofrecen precisiones muchísimo más altas que las cámaras de alambres, algunas de sus características son inferiores. Infortunadamente los detectores de silicio se deterioran muy rápido al ser utilizados, ya que las partículas que los atraviesan no sólo generan ionización, sino que también desordenan el cristal de silicio al chocar contra los átomos. Por esta razón, la duración del funcionamiento de un detector de silicio no excede los tres o cuatro años en un experimento típico, mientras que una cámara de alambres puede funcionar por décadas si se la opera con precaución. Finalmente, el costo de un detector de silicio es extremadamente elevado, ya que la tecnología necesaria para fabricarlos es muy sofisticada, así que sólo se utilizan cuando son absolutamente necesarias mediciones de muy alta precisión.

En Dø se está construyendo en este momento un detector de silicio que se colo-

Conclusiones

Como el lector podrá apreciar, el principio de funcionamiento de estos detectores es bastante simple. La complejidad que tienen aparece en gran medida a causa de la necesidad de optimizar su funcionamiento, en términos de resolución espacial y temporal, para poder realizar mediciones con altísima precisión y velocidad, así como de la escala en la que son construidos. El tamaño de los aceleradores de partículas se mide hoy en día en kilómetros, y desde hace varias décadas los detectores más grandes miden decenas de metros en cada dimensión, pesan miles de toneladas, contienen cientos de miles o millones de canales de detección y tienen que ser capaces de "observar" millones de colisiones cada segundo. Es fascinante ver cómo se utilizan máquinas gigantescas y enormemente complejas para estudiar los objetos más minúsculos y simples del universo.

A primera vista, todas estas tecnologías parecen estar muy lejos de la utilización práctica, confinadas a servir únicamente a un grupo reducido de cien-

tíficos. Pero la realidad es muy distinta; desde hace varios años estos detectores se vienen utilizando con fines muy diversos por fuera de los laboratorios de física de partículas. Tal vez la aplicación más notable es en medicina, donde han permitido el enorme avance de las técnicas de visualización médica que se utilizan en la mayoría de los hospitales del mundo. Hoy en día es posible "ver" el interior del cuerpo humano para buscar tumores, fracturas o derrames, por ejemplo, utilizando técnicas como la resonancia magnética, la tomografía por emisión de positrones, o la tomografía de rayos X. Todo esto gracias a detectores de partículas originalmente desarrollados para la investigación en física. En la tomografía por emisión de positrones se utilizan centelleadores, mientras que en los tomógrafos de rayos X la detección se hace mediante cámaras de iones. Hace poco tiempo un equipo de científicos rusos desarrolló un sistema radiográfico utilizando una cámara proporcional multialámbrica. Con tal sistema es posible obtener radiografías de muy alta calidad

utilizando sólo el 3% de la dosis de rayos X que necesita un sistema convencional (basado en películas fotográficas)? Dado que los rayos X (como cualquier otra radiación ionizante) son perjudiciales para la salud, es de vital importancia minimizar la dosis necesaria para obtener radiografías.

La industria también hace uso intensivo de técnicas similares de visualización con fines muy variados, como la búsqueda de fracturas internas en las alas de aviones u otras estructuras. Cabe mencionar que los aceleradores de partículas son también ampliamente utilizados en medicina y en la industria, pero este es un tema que necesitaría ser tratado en un artículo adicional.

Finalmente, quiero agradecer el apoyo económico que Colciencias me brindó durante 1995, y el soporte que he recibido de la Universidad de Los Andes y de la Colaboración De durante mi estancia en Fermilab.

NOTAS

¹ Para cada partícula (materia) existe una antipartícula (antimateria). Una partícula y su antipartícula difieren únicamente en la carga eléctrica, que es opuesta. En consecuencia, un protón es positivo mientras que un antiprotón es negativo. (Ver siguiente nota)

² Según la famosa fórmula de Albert Einstein $E=mc^2$ la energía E y la materia (masa m) son intercambiables. La materia se puede convertir completamente en energía al ser combinada con antimateria; y de la acumulación de energía pura puede surgir materia y antimateria espontáneamente.

³ G. Charpak y F. Sauli, "High-Resolution Electronic Particle Detectors," Annual Review of Nuclear and Particle Science, 1984, 34: 285-349.

⁴ Existen otros métodos, como la comparación de las cantidades de carga que llegan a cada extremo del alambre, pero estos están fuera del alcance de este artículo.

⁵ Un alambre o canal "instrumentado" es aquel al que se le ha conectado un instrumento electrónico para medir las señales generadas.

⁶ A medida que la temperatura disminuye, la vibración de los átomos se hace más pequeña y la cantidad de electrones libres disminuye. A temperaturas cercanas al cero absoluto (-273°C) no hay esencialmente ningún electrón libre.

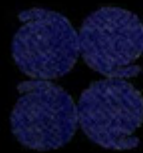
Lecturas sugeridas

Aquellos que tengan acceso a Internet pueden encontrar en el "World Wide Web" varias excelentes introducciones a la física de partículas, todas dirigidas al público no científico y presentadas de forma muy didáctica y amena. Las mejores, en mi opinión, son:

"The Particle Adventure", Laboratorio Lawrence Berkeley, http://pdg.lbl.gov/cpep_adventure_home.html y "The Science of Particle Physics," Fermilab, http://www.fnal.gov/pub/hep_descript.html.

En estas introducciones se pueden encontrar referencias a otras fuentes de información sobre el tema.

Así mismo, en el número 1, volumen III, 1994, de la revista "Innovación y Ciencia" aparece un artículo muy completo sobre física de partículas y aceleradores titulado "En busca de las partículas elementales." Obviamente, existen también decenas de libros académicos dedicados exclusivamente al tema. Uno que me ha sido especialmente útil es: W. R. Leo, "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", ed. Springer-Verlag, Alemania, 1987.



**ASOCIACION 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

Diseño de políticas científicas y tecnológicas
Programa Nacional de Actividades Científicas Juveniles:

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

Eventos especiales:

Expociencia-Expotecnología
Convención Científica Nacional
Premio Nacional al Mérito Científico
Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial
Cursos - seminarios - talleres
Programa Interciencia de Recursos Biológicos
Nuevos o Subutilizados - PIRB
Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología - MALOKA

Sede: Cra. 50 N° 27-70
Ed. Camilo Torres, Bloque C
A.A. 92581 · Fax 2 21 69 50
Tels.: 221 73 48 - 221 67 69 - 221 33 13
e-mail: acac2@col1.telecom.com.co
Santa Fe de Bogotá - Colombia

Usted puede ser miembro de A.C.A.C.

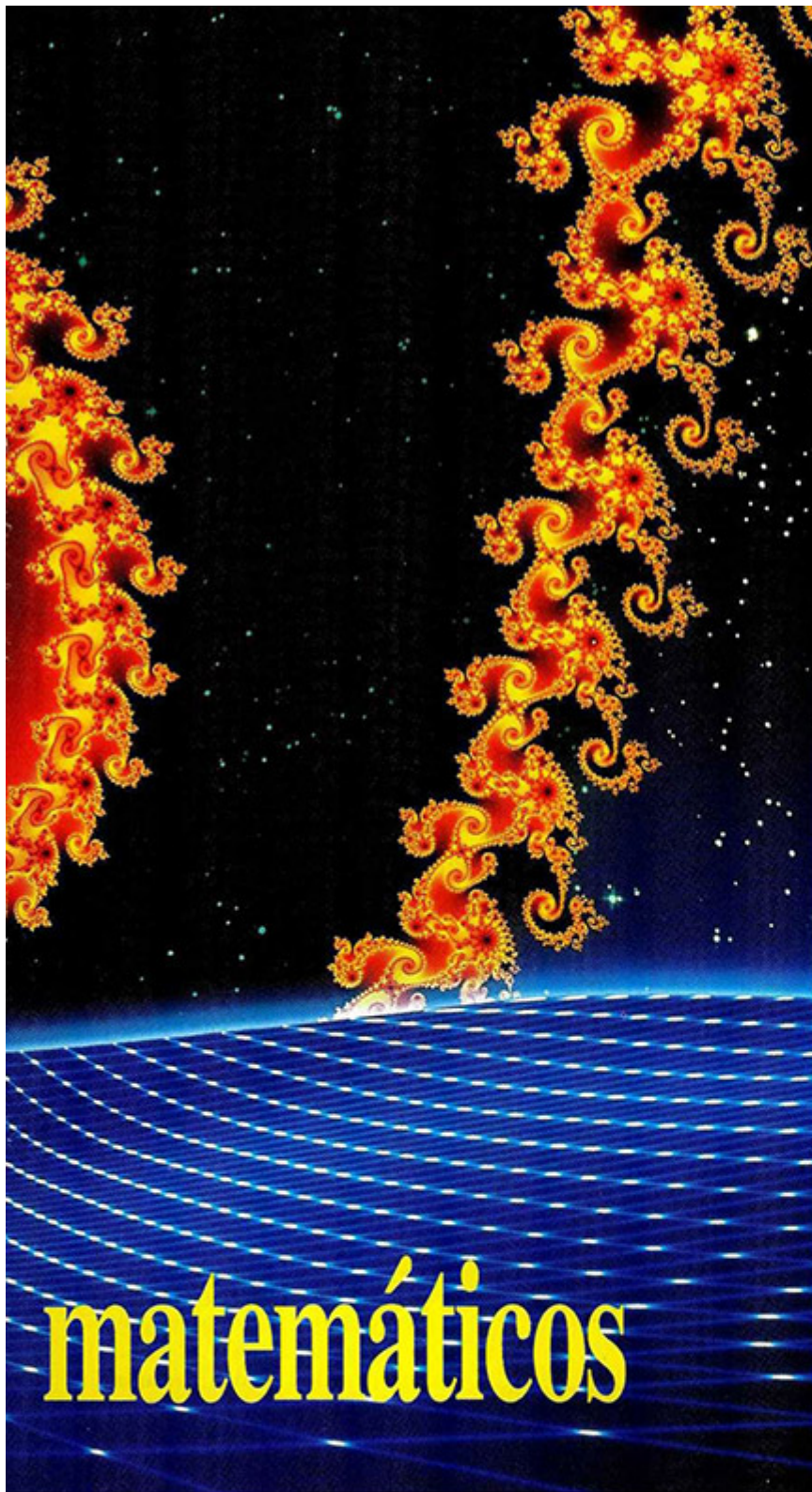
Informes:

**Servicio de atención al socio
Teléfono 221 99 53**



Dragones y otros monstruos

fractales

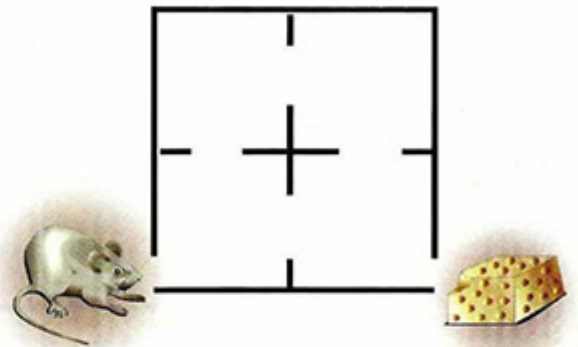


matemáticos

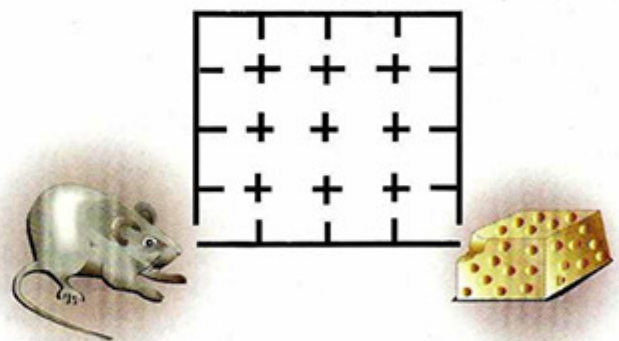
Luz Myriam Echeverry N.
 Departamento de Matemáticas
 Universidad de los Andes,
 Santa Fe de Bogotá, Colombia.
 e-mail:lechever @ uniandes.edu.co.

Monstruos: curva de Peano y curva de Koch

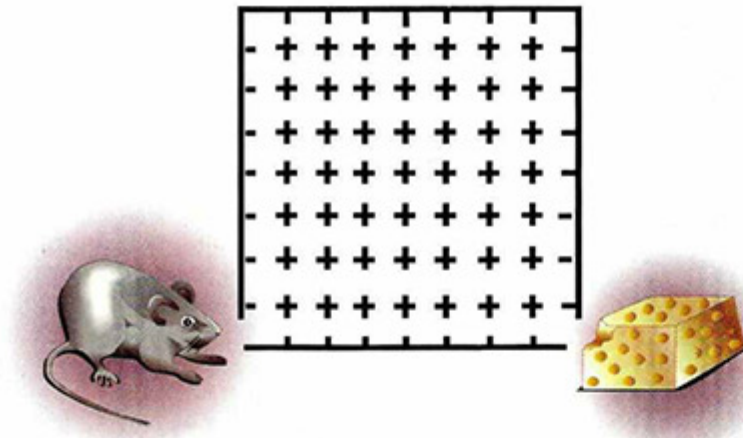
Para comenzar, un juego tomado de Ferréol¹: Se trata de hallar el camino que debe recorrer el ratoncito para llegar al queso pasando por todos los cuadrados, al recorrer el camino hay que numerar los cuadrados: 1,2,3,4.



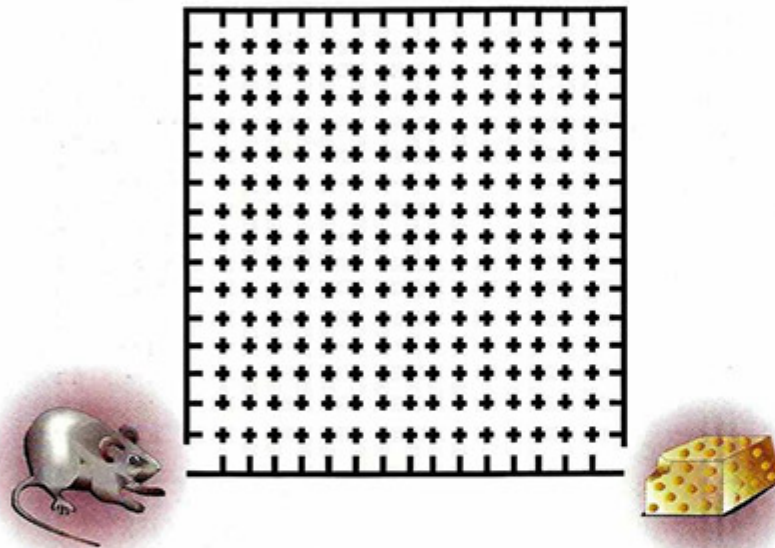
Ahora, para continuar, cada cuadrado se divide en cuatro cuadraditos y el ratón debe visitarlos todos, pero en cierto orden: primero, todos los cuadraditos correspondientes al cuadrado número 1 del caso anterior, luego los correspondientes al cuadrado número 2 y así sucesivamente. Numere los cuadraditos en orden de visita: de uno a 16.



Los cuadraditos se dividen, ahora, en minicuatros, y el ratoncito debe visitar todos los minicuatros con la misma regla anterior, es decir: visita primero todos los minicuatros del cuadradito número uno del caso dos, luego los del número dos y así sucesivamente, de nuevo usted debe numerarlos de uno a 64.



El juego continúa de la misma manera, esta vez serán 256 cuadraditos que se deben visitar con la misma regla, es decir, respetando la numeración del caso anterior.



Felicitaciones, usted acaba de dar los primeros pasos en la construcción de una curva de Peano (1858-1932). Para entender lo que sigue es muy importante que haya resuelto por lo menos los tres primeros casos del juego. Si usted continúa el proceso indefinidamente, el ratón logra pasar por todos los puntos del cuadrado, lo cual pone en entredicho los siguientes conceptos:

1. Una curva no tiene espesor. Si llena el cuadrado intuitivamente debería tener espesor y la curva, por mas vueltas que de, sigue siendo una línea retorcida.

2. Hay más puntos en un cuadrado que en un segmento.

El problema: se trata de construir una curva que llene completamente un cuadrado. Un niño al colorear parece resolver el problema, pero el trazo que deja un lápiz tiene espesor y la curva, por definición, es de espesor nulo. Para aclarar el problema recordemos algunas definiciones.

Curva Plana: informalmente es una línea pintada en un papel pero sin espesor. Matemáticamente es una función continua del intervalo unitario $[0, 1]$, o de cualquier intervalo, en el cuadrado unitario: $[0, 1]^2$, o en el plano en general

Para los griegos, las curvas planas eran círculos, rectas y en general las construcciones con regla y compás. René Descartes (1596-1650) amplió la definición a casos más generales y, en 1887, Jordan² dio la definición que acabamos de presentar.

Dimensión: Nos dice el número de parámetros necesarios para describir un ente geométrico: una recta, o una curva, necesitan un parámetro, dimensión uno. Un plano o una figura plana: cuadrado, disco, etc. necesitan dos parámetros, dimensión dos. Una esfera, cubo, etc. dimensión tres. La dimensión topológica se basa en el siguiente hecho: un sólido (dimensión tres) está delimitado por una superficie (dimensión dos) y la superficie, cuando tiene borde, por ejemplo una cara del cubo, está limitada por curvas de dimensión uno. Las definiciones rigurosas se encuentran en libros especializados.

Los dos conceptos: dimensión y curva dieron mucho de que hablar el siglo pasado; intuitivamente un segmento tiene dimensión uno y un cuadrado tiene dimensión dos pero en 1890, Giuseppe Peano³ construyó una curva que llena el cuadrado del lado uno y, un año después, David Hilbert (1862-1943)⁴, presentó otra construcción, muy similar a la del juego del ratón y el queso, de una curva que también recorre todo el cuadrado.

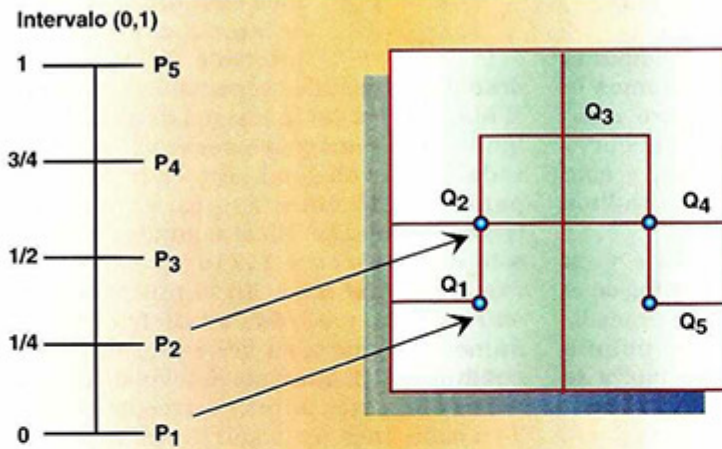
El tópico del número de puntos en un conjunto fue muy discutido a finales del siglo pasado. Parece paradójico, pero se puede asociar a cada punto del intervalo unitario un punto en el cuadrado unitario, de tal manera que todos los puntos del cuadrado,

**Los dos conceptos:
dimensión y curva
dieron mucho de
que hablar el siglo
pasado**

sin excepción, queden asignados. Refiriéndonos a la obra de Kline (pg. 957)⁵ encontramos la construcción de una tal asignación o función presentada por George Cantor en 1878, la función no es continua.

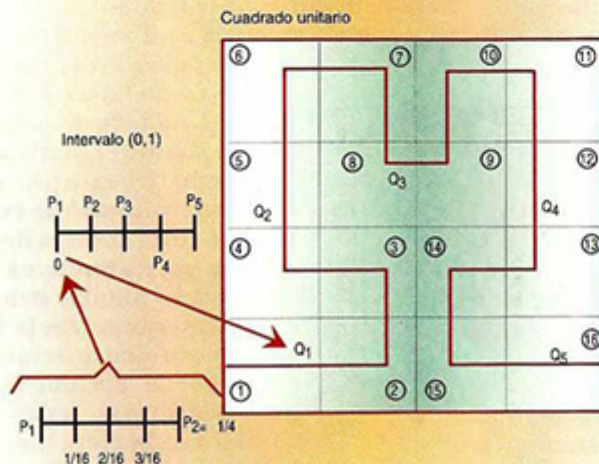
Si a cada pasajero le asignamos una silla y todas las sillas quedan asignadas, podemos decir que hay igual número de pasajeros que de sillas. Aquí decimos que el intervalo tiene igual número de puntos (igual cardinal) que el cuadrado. Esta discusión es muy interesante pero nos alejaría de nuestro objetivo.

Figura 1



Antes de entrar en los detalles de la construcción en sí, de las curvas de Hilbert y de Peano, veamos un hecho interesante: la necesidad que tienen los seres vivos de ramificaciones que "llenen" el espacio para poder llevar nutrientes y oxígeno a todas las células. Esto muestra que la naturaleza usa "curvas de

Figura 2



Peano". Un ejemplo muy bonito es el caso del riñón en los mamíferos en el que interactúan tres sistemas: el arterial, el venoso y el urinario.

El ejemplo presentado por Hilbert trabaja inicialmente con cuatro cuadrados, veamos: cada punto del intervalo lo enviamos en el punto respectivo de la línea poligonal que vemos en la figura 1. El punto P_1 va a Q_1 , P_2 a Q_2 , y los puntos intermedios en el intervalo, de cero a un cuarto en los puntos entre Q_1 y Q_2 . La asignación es similar para los otros puntos. Podemos ver que si prolongamos la línea hasta los lados del cuadrado, línea punteada, tenemos la solución al primer caso del juego. En el tiempo $t=0$, el ratón está en Q_1 , en el tiempo $t=1/4$ (de minuto por ejemplo) el ratón está en Q_2 .

En la siguiente etapa dividimos cada cuadrado en cuatro cuadraditos y en cada cuadrado reemplazamos el segmento por una línea poligonal similar a la anterior (figura 2).

Por ejemplo, al intervalo $[0, 1/4]$ le corresponde una línea poligonal formada por una copia de la figura 1, rotada 90° a la derecha, y le agregamos un segmento para llegar a Q_2 , de tal manera que el recorrido sea continuo. Este punto Q_2 no tiene que coincidir con el mismo punto del caso anterior, por comodidad le damos el mismo nombre. A su vez, el intervalo $[0, 1/4]$ se divide en cuatro intervalos y a cada uno le asignamos un recorrido en cada uno de los cuadraditos: 1,2,3,4. De la misma manera, a $[1/4, 1/2]$ le asignamos una copia de la figura 1 agregándole los segmentos necesarios para preservar la continuidad. Con los demás intervalos procedemos de manera similar. La línea es más larga y más torcida, lo cual

vemos en la figura 2. Corresponde al segundo caso en el juego del ratón, que en el mismo tiempo tiene que recorrer una longitud mayor. Los cuadraditos están numerados de uno a 16, de acuerdo al orden en que los visita el ratón. El paso siguiente, tercer caso en el juego del ratón, es dividir cada cuadradito en cuatro minicuadrados y repetir el proceso anterior. El cuadrado 1 siempre está en la esquina inferior a la izquierda y cada vez es más pequeño, de tal manera que en el límite en que el ratón sale de la esquina del cuadrado inicial, todos los cuadrados numerados con 1 están encajados. Se puede ver como el juego de las muñecas rusas: Matrioskas.

La curva que Peano propuso se construye trazando inicialmente los nueve segmentos que aparecen en la **figura 3**.

En la etapa siguiente, se reemplaza cada segmento o diagonal del cuadradito por una copia reducida al tamaño del cuadradito de la curva inicial, y así sucesivamente. Debemos tener cuidado para pasar de manera continua de un cuadrado a otro; es decir, en algunos casos hay que hacer una rotación de la figura inicial y siempre hay que unir las dos figuras como se muestra en la **figura 4**. Pintamos la gráfica redondeando las esquinas para mostrar claramente el trazado. De hecho, la curva pasa varias veces por el mismo punto y esto sucede en las esquinas de los cuadraditos sucesivos.

El proceso se repite iterativamente y en cada caso vamos "cubriendo" más puntos en el límite; es decir, cuando se realiza este procedimiento un número infinito de veces se tiene la curva de Peano.

Estas dos "figuras" están en la familia de los **fractales**, que son entes geométricos con propiedades sorprendentes como la de "cubrir" un cuadrado, o la de tener una longitud infinita en un área finita, etc. Más adelante trataremos de dar otros ejemplos y una idea de cómo son algunos fractales.

La curva límite de cualquiera de estos procesos es

la curva deseada. Si pensamos en la velocidad del ratón, vemos que cada vez debe recorrer un camino más largo en el mismo tiempo: el intervalo inicial (¡un minuto!). Esta, como ya se dijo, es una propiedad de los fractales⁶: nos permiten aproximarnos al infinito, en este caso la longitud del camino final. También vemos que la noción de límite e infinito son nociones puramente matemáticas.

Tratemos de ver que el proceso converge, es decir, que las líneas trazadas en cada iteración se

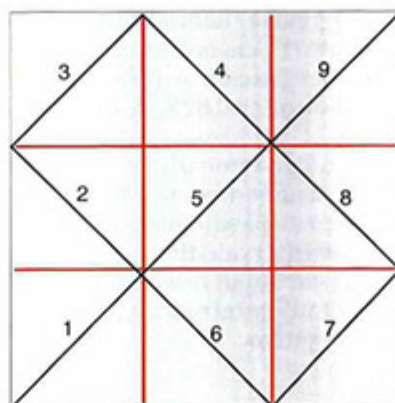


Figura 3

acercan a una línea determinada que llamamos el límite. Para ver si hay un límite miremos el comportamiento de cada uno de los puntos. Lo más fácil es volver a la curva de Hilbert. En el primer paso dividimos el intervalo $[0,1]$ en cuatro partes y el cuadrado en cuatro partes también. En el segundo paso, la división es en 16 segmentos e igual número de cuadrados. Intuitivamente, si continuamos esta división al infinito, se asocia a cada punto del intervalo un punto del cua-

drado, con posibles repeticiones. Por ejemplo, si fijamos $t^*=2/3$, la imagen de este punto es el límite de las imágenes sucesivas de $t^*=2/3$ en cada línea poligonal. En el primer caso, el punto t^* está entre P_3 y P_4 , su imagen en el tercer cuadradito. En el segundo caso, $t^*=2/3$, está entre $10/16$ y $11/16$, es decir el décimo cuadradito visitado. En el tercer caso t^* está entre $42/64$ y $43/64$, es decir el cuadradito número 42 que a su vez está contenido en el cuadradito 10, que a su vez está en el cuadrado 3. Los diferentes puntos correspondientes a $2/3$ en cada línea poligonal tienen que converger (amontonarse) porque siempre están contenidos en cuadrados encajados, y en cada iteración se hacen más pequeños los cuadrados. De paso vemos que la curva límite debe ser continua porque dos puntos muy cercanos en el intervalo $[0,1]$ van a estar en un mismo cuadrado bien pequeño, y por consiguiente sus límites estarán muy cercanos. La curva límite no "salta".

Ustedes se habrán preguntado por qué no se llena el cuadrado con trazos verticales (**figura 5**).

También surge la pregunta de por qué Peano y Hilbert hicieron una construcción tan complicada, en vez de algo más simple como hacer algo parecido a la **figura 5**, pero más tupido.

Desde el punto de vista matemático este proceso no converge, y trataré de explicar por qué. Una manera de construir la curva límite es hacer un proceso similar a los dos casos anteriores. En la **figura 6** aparecen cuatro iteraciones: el punto de partida es la V invertida inicial, luego se reemplaza cada recta que forma la V invertida por otra V inver-

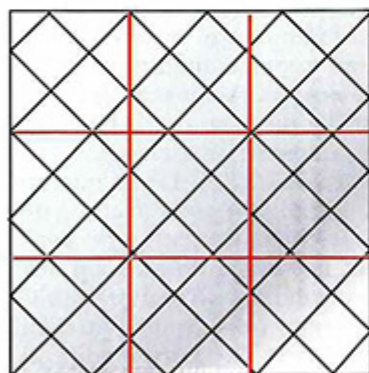


Figura 4

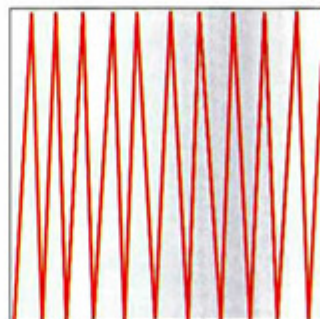


Figura 5

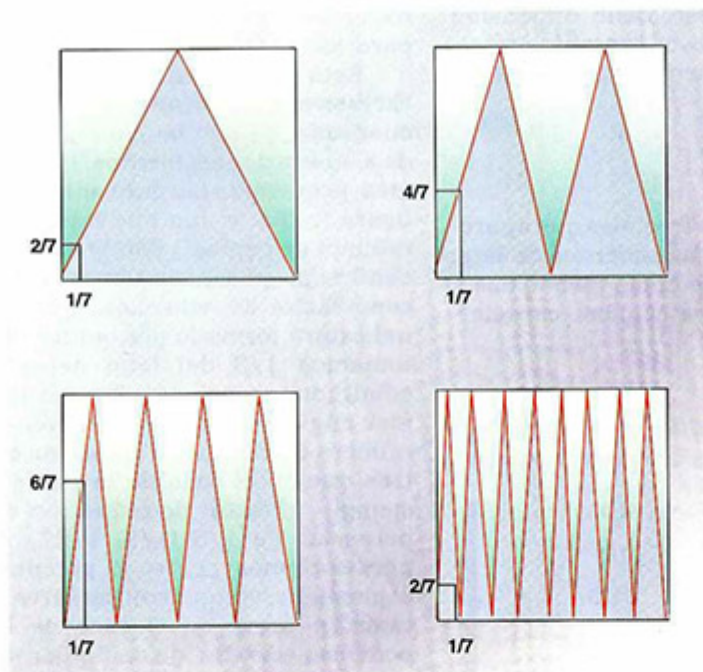


Figura 6

tida, dando origen a dos V invertidas. El paso siguiente es reemplazar de nuevo las rectas por V invertidas; en el límite tendremos todo el cuadrado relleno. Este proceso no converge; por ejemplo, al tomar $1/7$ y seguir su trayectoria vemos que pasa a $2/7$, $4/7$, $6/7$ y vuelve a $2/7$, sin acercarse definitivamente a ningún punto; se queda "bailando" entre estos cuatro valores. El cálculo se hace con la ecuación de la recta correspondiente a la "pata" de la V.

Desde el punto de vista matemático, la prueba es un poco más complicada y aquí se presenta este caso para dar una explicación intuitiva de por qué no es válida la construcción anterior.

La curva de Peano es un "monstruo", porque siendo una curva (dimensión uno) llena un cuadrado (dimensión dos). Una respuesta a esta paradoja es la dimensión fractal que asigna un número, no necesariamente entero, a los entes geométricos. En este caso, la dimensión geométrica es uno y la dimensión fractal es dos. Los dos números dan dos informaciones diferentes sobre el mismo ente matemático; es como si miramos la luna de

lejos y vemos una esfera y de cerca vemos que tiene montañas y valles.

Las construcciones vistas anteriormente son típicas de algunos fractales. Por ejemplo, la curva de Koch, inventada en 1906 por Helge von Koch (1870-1924), se construye a partir de un segmento que se divide en tres y el tercio central se reemplaza por un triángulo equilátero sin base, siendo ésta la figura inicial. Luego, cada uno de los cuatro segmentos se reemplaza por la figura anterior contraída, y así sucesivamente (ver figura 7).

Si la longitud inicial es de una unidad, en el primer paso tenemos cuatro segmentos de longitud un tercio, es decir: $4/3$. En el segundo 16 intervalos de longitud un noveno: $16/9$. Así sucesivamente, después de n pasos tenemos una longitud de $4^n/3^n$, es decir, que en el límite la longitud será ¡infinita! pero contenida en un área finita; otra vez encontramos el infinito.

Vemos una curva llena de rugosidades y quisiéramos medirlas. Aquí nos puede ayudar la noción de dimensión fractal. En este caso la dimensión es $D = \log 4 / \log 3 = 1.26\dots$. Más adelante trataremos de aclarar este concepto. Por ahora digamos que este número mide la cantidad de "pliegues" de la curva, que en el caso de la curva de Koch no tiene "muchos", mientras que en la de Peano sí tiene el máximo de

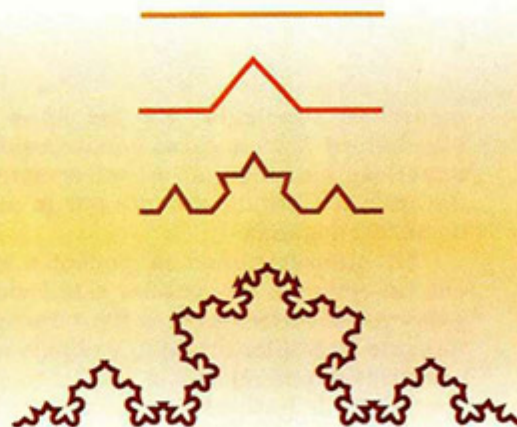


Figura 7

pliegues posible y por eso tiene dimensión fractal 2. Como la curva está contenida totalmente en el plano, su dimensión no puede ser superior.

Fractales

Como se ve, hay varios fractales que aparecieron en el siglo pasado y a comienzos de éste; sin embargo, fueron vistos como monstruos y usados para dar contra ejemplos, especial-

OBJETO	NUMERO DE PIEZAS	FACTOR DE REDUCCION
Recta	3	1/3
Recta	6	1/6
Recta	173	1/173
Cuadrado	3 = 9	1/3
Cuadrado	6 = 36	1/6
Cuadrado	173 = 29929	1/173
Cubo	3 = 27	1/3
Cubo	6 = 216	1/6
Cubo	173 = 5177717	1/173
Curva de Koch	4	1/3
Curva de Koch	16	1/9
Curva de Koch	4 ⁿ	1/3 ⁿ

Tabla 1.

mente en topología. En los años setenta Mandelbrot asoció estas construcciones matemáticas con algunas construcciones de la naturaleza⁷, principalmente por la propiedad de autosemejanza.

La autosemejanza la podemos entender con un ejemplo: una coliflor está formada por gajos que al verlos de cerca reproducen perfectamente la coliflor original, y el gajo está a su vez formado por gajos más pequeños semejantes a él. En la naturaleza este proceso tiene un límite, en matemáticas tenemos la posibilidad de continuar el proceso al infinito. En la curva de Koch, si tomamos el tercio inicial y lo amplificamos, vemos la curva original. Si vemos un círculo, éste no es autosemejante, al

hacer una ampliación no encontramos nada parecido al círculo.

Esta propiedad de autosemejanza no es exclusiva de los fractales, un segmento, o un cuadrado, o un cubo, por ejemplo, está formado a su vez por segmentos, cuadrados, o cubos más pequeños. La gran diferencia entre una figura fractal y una que no lo es radica en "el número de copias". Por ejemplo, en el caso del cuadrado, podemos tomar 1/2 de su lado, como factor de reducción, y el cuadrado original estará formado por cuatro cuadraditos. Si tomamos 1/3 del lado necesitamos nueve cuadraditos y así sucesivamente, podemos tomar cualquier fracción del lado y tenemos un número determinado de copias adentro. Mientras que en el caso de la curva de Koch, por ejemplo, el factor de reducción debe ser 1/3 o potencias de 1/3 (1/9, 1/27,...), y cada vez necesitaremos cuatro o potencias de cuatro copias para reconstruir la curva original. Esto también se ve en el caso de la coliflor, no podemos cortarla de cualquier manera si queremos encontrar una copia de la original.

Una figura autosemejante con un factor de reducción predeterminado es un fractal. Si podemos usar cualquier factor de reducción, como en el caso del cuadrado, no podemos decir que sea fractal.

Todas las estructuras autosemejantes, fractales o no, cumplen una relación determinada entre el factor de reducción y el número de pedazos en que se divide la figura original. Veamos esa relación, que está claramente presentada en Jürgens, página 204⁸ (tabla 1).

En este caso vemos que la recta, el cuadrado o el cubo, nos dan una relación entre el número de partes en que se divide a (9,36,29.929, en el caso del cuadrado) y el factor de reducción s (1/3, 1/6, 1/173), es decir:

$$a = 1/s^D$$

En el caso de la recta: $D=1$, caso del cuadrado $D=2$ ($a=9,36,29.929$ etc. y $1/s=3,6,273$) y a es un cuadrado perfecto. El cubo $D=3$ y a es un cubo perfecto. Coincide la dimensión geométrica y la dimensión de similitud o fractal⁹: D .

Si aplicamos el mismo razonamiento al caso de la curva de Koch, los cálculos no son tan transparentes, pero si suponemos por analogía una relación similar y despejamos D :

$$D = \log(a) / \log(1/s)$$

$$D = \log 4n / \log 3n = n \log 4 / n \log 3 = \log 4 / \log 3 = 1.2619...$$

Un fractal tiene la propiedad de autosemejanza y en general la dimensión geométrica es diferente a la dimensión fractal.

Dragones

En la familia de los fractales autosemejantes tenemos los Dragones.

En la familia de los fractales autosemejantes tenemos los Dragones, que también se pueden construir siguiendo un procedimiento similar a los presentados aquí, es decir: el modelo básico es una figura inicial dada y cada segmento de la figura se reemplaza por la figura inicial. En el ejemplo del ratón, reemplazamos cada segmento por una herradura cuadrada. En la construcción de la curva de Koch, cada segmento se convierte en: $_ \Lambda _$. Siguiendo esta idea podemos partir de un ángulo recto, **figura 8**, formado por dos segmentos de longitud uno; después cada segmento se reemplaza por la figura original pero alternando las direcciones, como se ve en la figura; es decir, el primer segmento se reemplaza por la figura

inicial rotada 45 grados a la derecha, y el segundo segmento por la figura rotada 45 grados a la izquierda. Al realizar varias veces la misma operación encontramos un dragón, bautizado así por el físico John Heighway en 1960. La dimensión de similitud es dos, y por la manera como se construyó, el dragón es la unión de dos dragones más pequeños y se puede embaldosar el plano con dragones.

Hay varias maneras de pintar dragones, una puede ser recursiva, aquí presentamos una muy fácil tomada de Lauwerier¹⁰.

Si miramos la **figura 8** nos damos cuenta que el dragón está formado por segmentos de recta que hacen un ángulo de 90 grados entre sí. Recorriendo cualquiera de las figuras, vemos que D traza un segmento de recta, voltea a la izquierda (D=1), traza un segmento, voltea a la izquierda (D=1) traza un segmento y luego voltea a la derecha (D=-1). Tratamos de descubrir el patrón de comportamiento

N	1	2	3	4	5	6	7	8
D	1	1	-1	1	1	-1	-1	(1)

Los siguientes valores:

N	9	10	11	12	13	14	15	16
D	1	1	-1	-1	1	-1	-1	(1)

D(16)=

D(8)=D(4)=D(2)=D(1), D(3)=D(6)=D(12)=-1,

D(10)=D(5)=1.

De esta manera descubrimos la regla:

D(N)=1, para N=1,5,9,13,...

D(N)=-1, para N=3,7,11,15

D(N)=D(N/2) para N par.

Voltear a la derecha o a la izquierda 90 grados depende del número N, y el programa es sencillo. El número de segmentos que forman el dragón es una potencia de dos, en cada paso se duplican los segmentos, y a esa potencia la llamamos orden del dragón: p. El ángulo puede ser un poco más de 90 grados, 100 por ejemplo.

Leer (p, a) % p: orden del dragón, p<12, a: ángulo que puede ser 90°

h:=2^(p/2), s:=0

x: h * cos(p / 4)

y: h * sin(p / 4)

Pintar recta((0,0), (x, y))

Para n=1 a 2^p-1 haga

M:=n

Mientras que M mod 2 =0 haga

M:=M/2

Fmq.

si M mod 4 =1

entonces d=1 si no d=-1

fsi

s=s+d

f=(s-p/2) * /2

x:= x+h*cos(f)

y:= y+h*sin(f)

Pintar recta-a (x,y)

fpara



Figura 8.

Conclusión

Hace un siglo la motivación para el estudio del problema de la dimensión y la necesidad de una definición rigurosa de curva no provenían de ninguna aplicación, eran sencillamente desafíos matemáticos. En ese momento no se habló tampoco de fractales, éstos hicieron su aparición en las matemáticas sin ser bautizados. Sólo en los años setenta Benoit Mandelbrot acuñó el nombre de fractal para cierto tipo de construcciones geométricas, que ponen en entredicho la noción intuitiva de dimensión. La definición de dimensión topológica la dio Henry Poincaré a comienzos del presente siglo, y para capturar otro tipo de información, apareció la dimensión de Hausdorff, precursora de la definición fractal y de autosemejanza.

La discusión sobre la definición de curva terminó a comienzos de este siglo. En 1923 Karl Menger y 1925 Paul S. Urison dieron una definición de curva que excluye la "curva de Peano". La definición exige explícitamente que sea de dimensión uno.

Sólo presentamos algunos fractales autosemejantes, aunque hay muchos más, generados de diferentes maneras y con una gran variedad de propiedades. Sin embargo, espero haber despertado algo de interés por los fractales, un tema que se ha desarrollado vertiginosamente en los últimos veinte años. Hay estudios teóricos muy interesantes y las aplicaciones son insospechadas: en simulación de cuencas, en

biología, en medicina etc. En todas las aplicaciones debemos ver los fractales de manera similar a la manera en que vemos el modelo de los planetas como esferas perfectas; para algunos cálculos el modelo es muy útil. Los fractales pueden ser muy útiles siempre y cuando no perdamos de vista que son sólo eso: modelos.

Referencias y Citas

1. Ferréol R. "Les courbes de Peano", *Tangente*, #3.
2. *Cour d'analyse*, 1er. Ed. Vol.3, 1887, 593.
- 3 "Sur une courbe qui remplit toute une aire plane", *Mathematische Annalen* 36 (1890), 157-160.
- 4 "Über die stetige Abbildung einer Linie auf ein Flächenstück", *Mathematische Annalen* 38 (1891), 459-460.
- 5 Kline M. *Mathematical thought from ancient to modern times*, Oxford University Press, 1972.
- 6 *Fractal*, palabra inventada por Mandelbrot en 1975, proviene del latín: *frangere* que significa fracturar.
- 7 *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman, 1982.
8. Jürgens, Saupe, Peitgen, "Chaos and fractals new frontiers of science", Springer Verlag, 1992.
9. *Hay varios tipos de dimensiones: Hausdorff, fractal, de similitud etc. Por abuso de lenguaje llamamos dimensión fractal lo que rigurosamente es dimensión de autosimilitud. Para más detalles ver la bibliografía.*
10. Lauwerier H. "Fractals images of chaos", Penguin Books 1987.

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
FILATELIA
CORRA
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELÉFONOS

2438851 - 3410304-3415534

980015503

FAX 2833345

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología, política científica y tecnológica.

■ 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 diskette, 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, DC: 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



Psicología como Ciencia

Rubén Ardila PhD
Psicólogo investigador,
Universidad Nacional de Colombia,
Santa Fe de Bogotá, Colombia.
e-mail: rardila@bacata.usc.unal.edu.co

El estudio de la psicología en el último siglo ha utilizado la metodología de la ciencia, a diferencia de lo que ocurría hasta el siglo XIX cuando la psicología se consideraba como parte de la filosofía y utilizaba una metodología alejada de los principios del método científico. A partir de Wundt (1832-1920) y de la fundación del primer laboratorio de psicología experimental en la Universidad de Leipzig, Alemania, en 1879, la psicología se convirtió en una disciplina científica (**figura 1**).



Figura 1.

Antes de Wundt hubo intentos de transformar a la psicología en ciencia, pero no pasaron de ser especulaciones "de sillón". Especialmente los asociacionistas británicos y John Stuart Mill, insistieron en la posibilidad de crear una ciencia de la mente humana, que utilizara los métodos de la fisiología de la época. Pero fue Wundt quien convirtió este programa en realidad al estudiar experimentalmente los fenómenos tradicionalmente llamados psicológicos, como son la percepción, el aprendizaje, la cognición, la asociación, los tiempos de reacción, el temperamento, etc. Wundt aplicó los métodos de la ciencia de la época a los problemas psicológicos y creó una "nueva psicología". Al comienzo la llamó psicología fisiológica, luego psicología experimental y más tarde simplemente psicología.

Vamos a presentar el estado de la psicología como ciencia, señalando por que ha sido importante investigar científicamente los fenómenos psicológicos, mostrando los principales campos de la psicología a finales del siglo XX, y ofreciendo una serie de razones de carácter organizativo que han llevado a afirmar que la psicología es hoy en día una ciencia (y no la "esperanza de una ciencia" como afirmó William James hace 100 años).

¿Por qué la ciencia?

Desde que el ser humano comenzó a observar el mundo a su alrededor, buscó encontrar un orden en la naturaleza que le sirviera para actuar en dicho mundo. En otras palabras, que le ayudara a predecir el funcionamiento de la naturaleza y a controlar —aunque fuera en forma limitada— su mundo.

La ciencia y la tecnología nacen de los esfuerzos por entender y controlar el mundo. En su forma actual, la ciencia tiene sus raíces lejanas en Grecia (con Tales de Mileto y otros filósofos), y sus raíces cercanas en el Renacimiento y en la edad moderna, con Copérnico, Galileo, Kepler y Newton. En la conceptualización newtoniana, que tanta influencia tuvo en los siglos posteriores, el universo estaba determinado y funcionaba como un reloj. Esta forma de estudiar el mundo (mecanicista y determinista) tuvo gran importancia para el desarrollo de la ciencia y la tecnología y mantuvo su vigencia hasta mediados del siglo XX. No puede decirse que la teoría de la relatividad general y especial, ni el principio de indeterminación de Heisenberg hayan suplantado a la ciencia newtoniana sino que le han llevado a conocer sus límites reales.

Hoy contamos con una ciencia que busca encontrar orden en el universo, que ha hecho importantes contribuciones a nuestra cosmovi-

sión, y que ha tenido aplicaciones tecnológicas de gran magnitud. La ciencia es una institución social, con sus propias reglas de funcionamiento, sus métodos y sus principios^{1,2}. Es una institución altamente valorada y al mismo tiempo altamente criticada³.

Dentro del contexto de la ciencia moderna, surge la psicología como disciplina autónoma, separada de la metafísica. La fundación del Laboratorio de Psicología Experimental de Wundt, en 1879, se ha considerado como el evento que inició la etapa científica de la psicología. De hecho, los métodos y principios de la ciencia de la época, que acababan de ser aplicados por Claude Bernard a la medicina⁴, se aplicaron también al estudio de la sensación, la percepción, el aprendizaje, la cognición, la motivación, los tiempos de reacción, y otros procesos que tradicionalmente se habían considerado como campo de la psicología. Esta utilización del método científico dio un enorme impulso a la psicología, no sólo en Alemania sino en toda Europa, en Estados Unidos, Japón, Rusia, China, y en la mayor parte del mundo.

En esa etapa la psicología quiso ser una ciencia natural, similar a la física o la biología. El concepto de ciencia social es mucho más reciente, y lo mismo el de ciencia del comportamiento. Hoy la psicología es una disciplina que utiliza los métodos de la ciencia en sus diversas perspectivas y puede considerarse tanto una ciencia natural como una ciencia social o del comportamiento^{5,6,7,8,9}. Podemos afirmar que la dificultad de clasificar a la psicología como ciencia natural (al lado de la física, de la química, de la biología, etc.) o como ciencia social (a la par con la antropología, la economía, la lingüística), ha dificultado su estatus como disciplina científica. De hecho, la psicología es tanto una ciencia natural como una ciencia social. Estudia el comportamiento de los organismos humanos y no humanos, la localización de las funciones psicológicas en el cerebro, etc., y al mismo tiempo los procesos sociales, las actitudes, valores y pautas de conducta de los individuos y los grupos. Seguramente el concepto de ciencias del comportamiento sea una categorización con importantes perspectivas para referirnos a las llamadas ciencias sociales que utilizan métodos "duros" y cuantificables.

Alma, mente y comportamiento

La definición original de psicología como estudio del alma o de la psique, dio paso a la definición de psicología como ciencia de la mente. Wundt, Helmholtz, Weber, Fechner y otros pioneros, consideraron a la psicología como ciencia de la mente.



Figura 2. Wilhem Wundt (1832-1920) fundó el primer laboratorio de Psicología Experimental en Leipzig en 1879 y convirtió a la psicología en una ciencia experimental.

La forma moderna de definir psicología, como la ciencia que estudia el comportamiento de los organismos, es mucho más reciente y aparece en el siglo XX. Es seguramente la definición más aceptada. Algunos autores añadirán "del comportamiento y de la mente", o "del comportamiento y su relación con el ambiente físico y social". Lo cierto es que el concepto de comportamiento abarca pautas de conducta abierta, conducta encubierta, pensamiento, afectos, diferencias individuales, conducta social, lenguaje, etc.

Esa disciplina utiliza el método científico, que se caracteriza por la inducción y la deducción, la formulación de leyes generalmente matemáticas, etc. La ciencia se distingue por la utilización del llamado método científico y no por un área específica del conocimiento¹⁰. Cualquier campo de conocimiento puede convertirse en ciencia si utiliza el método científico.

Desde 1879 hasta hoy, la psicología ha insistido en la utilización del método científico y ha desarrollado procedimientos para recoger datos y para analizarlos, teorías de alto nivel explicativo, hipótesis de valor heurístico y toda una estructura organizativa.

Esta ciencia del comportamiento (ciencia natural y ciencia social) tiene una serie de campos de trabajo que indicaremos a continuación.

Áreas de la psicología

Presentaremos las áreas básicas de investigación, que son las siguientes:

1. Psicología fisiológica. Se refiere a las bases biológicas de la conducta. Investiga la relación de los sistemas nervioso central, nervioso autónomo, endocrino e inmunológico, con el comportamiento. Lleva a cabo trabajos experimentales con animales y con seres humanos. Uno de sus campos es la neuropsicología, con sus múltiples aplicaciones en el área clínica.

2. Psicología comparada. Se refiere al estudio de los procesos psicológicos en animales no humanos. Su fundamento conceptual es la teoría de la evolución. Investiga la psicología de organismos "altamente evolucionados" como los chimpancés y los delfines, pero se refiere a todos los organismos de la naturaleza.

3. Percepción. Investiga la forma como conocemos el mundo, la manera de recibir información por medio de los sentidos, procesarla y transformarla. Estudia problemas tales como la visión cromática, la percepción de profundidad, la constancia perceptiva, la integración de la información sensorial, las relaciones entre cognición y sensación, y otros temas relacionados.

4. Aprendizaje. Se define como un cambio de comportamiento que ocurre como resultado de la práctica. La mayor parte de la conducta humana es aprendida, y lo mismo ocurre con el comportamiento de los animales "superiores". La teoría del aprendizaje y el análisis experimental del comportamiento han servido como fundamento para importantes teorías psicológicas.

5. Motivación. Investiga las razones por las cuales actúan los organismos. Existen motivaciones biológicas, que son comunes a grupos de organismos, y motivaciones sociales que pueden ser características de un individuo o comunes a los miembros de un grupo.

6. Cognición. El estudio del pensamiento y del lenguaje se ha beneficiado ampliamente con los trabajos recientes sobre inteligencia artificial y modelamiento de procesos psicológicos por medio de computadores. La conducta encubierta, el procesamiento de información, la solución de problemas, la abstracción y la generalización, pertenecen a este campo.

7. Psicología matemática. Se conceptualizó como intersección de la matemática y la psicología. Actualmente se la considera como una rama de la psicología que sitúa a la matemática en el eje de su metodología: "la psicología matemática se caracteriza por buscar representaciones o modelos matemáticos del objeto de estudio, capaces de predecir, recoger y explicar las propiedades de

éste... la psicología determina el objeto de estudio y la matemática representa el utillaje para llevar a cabo dicho estudio, aportando un lenguaje muy preciso y unos medios de análisis extraordinariamente potentes¹¹.

8. Psicología del desarrollo. Investiga los procesos psicológicos que van desde la concepción hasta la muerte. En su forma moderna, hablamos de psicología del ciclo vital, para indicar que los cambios son continuos y ocurren a lo largo de toda la vida.

9. Personalidad. Es el estudio de las diferencias individuales. En su génesis y mantenimiento influyen factores biológicos, de maduración y de aprendizaje.

10. Psicología social. El hombre es un ser social lo mismo que la mayor parte de los otros organismos. La psicología social se refiere a la interacción del individuo con el grupo, como, por ejemplo, en el estudio del liderazgo; a la interacción del grupo con el individuo, como en el caso de la conformidad y la socialización; y al estudio de los grupos pequeños como los del trabajo, la familia, la educación y otras instituciones sociales.

Estas áreas básicas de la psicología incluyen los principales campos de investigación, todos los cuales utilizan los métodos de la ciencia. Existen además campos aplicados, como la psicología clínica, la psicología educativa, la industrial/organizacional, la jurídica y criminológica, la comunitaria, la deportiva y la psicología ecológica. Esas ramas aplicadas se nutren de los hallazgos, métodos y teorías de la psicología básica. La psicología aplicada busca dar respuesta a las necesidades sociales, por ejemplo a los problemas de salud mental, de violencia, de trabajo y productividad, de desarrollo comunitario, de la educación, de las relaciones interpersonales, utilizando los hallazgos de la ciencia psicológica.

Señalamos antes que la ciencia es una institución social, con una estructura, reglas y normas de funcionamiento. Veremos ahora la psicología como ciencia desde la perspectiva organizativa y estructural.

Estructura científica de la psicología

Rosenzweig¹² describe el estatus científico de la psicología con base en los siguientes factores estructurales y organizativos:

1. La Unión Internacional de Psicología Científica, máxima asociación de psicólogos a nivel mundial (una especie de Naciones Unidas de la psicología) pertenece al International Council of Scientific Unions (ICSU). Este consejo reúne las principales ciencias "duras" (física, química, biología, etc.) y no las ciencias "blandas". La psicología podría ser considerada por lo tanto como ciencia "dura" o ciencia natural, al ser parte del ICSU.

2. En algunos casos, los miembros de la Unión Internacional de Psicología Científica son Academias de Ciencias de diversos países del mundo.

3. Los psicólogos pertenecen a las Academias de Ciencias de sus países. En Colombia podría ser la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, etc. En Estados Unidos es la National Academy of Sciences, que ha sido presidida por psicólogos.

4. Varios psicólogos han recibido importantes premios de ciencia entre ellos el Premio Nobel. Entre los psicólogos que han ganado el Premio Nobel (generalmente de fisiología y medicina) se encuentran Sperry, Pavlov, Ramón y Cajal, Tinbergen, Lorenz, Simon (Premio Nobel de Economía en 1978), etc. Además han recibido otros premios de ciencia, diferentes al Premio Nobel.

5. La investigación psicológica tiene un alto rigor científico. Esto se puede observar en los manuales básicos de psicología experimental, publicados en muchos idiomas. También en las revistas técnicas de psicología (en Colombia serían la Revista Latinoamericana de Psicología y la revista Avances en Psicología Clínica Latinoamericana). Igualmente en los trabajos publicados en el Annual Review of Psychology.

6. Muchos laboratorios de psicología experimental se fundaron en el siglo XIX. En Latinoamérica los laboratorios más antiguos se crearon en Argentina, Brasil y México.



7. Existe una gran superposición entre psicología y neurociencias. Muchos de los problemas de la psicología se benefician de los avances en neurociencias y viceversa. Varios psicólogos han sido presidentes de la International Brain Research Organization (IBRO). Los años noventa son la década del cerebro y muchos psicólogos están trabajando activamente en las bases neurales de la conducta.

8. La investigación psicológica se publica en las principales revistas científicas a nivel interdisciplinario. Las más importantes son *Science* (publicada en Estados Unidos) y *Nature* (publicada en Inglaterra). En Latinoamérica la más importante sería *Interciencia* (publicada en Venezuela). En Colombia sería *Innovación y Ciencia* (publicada por la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia).

9. Algunos psicólogos ocupan puestos directivos en la administración de la ciencia, han sido ministros de Ciencia y Tecnología, directores de los Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología de diversos países, etc.

10. En algunas universidades la carrera de psicología se encuentra en Facultades de Ciencias, no de Humanidades o Ciencias Sociales. Generalmente se prefiere que sea una Facultad de Psicología.

11. Los gobiernos financian la investigación científica en psicología. Este es el caso de Estados Unidos —a través de la National Science Foundation— y de prácticamente todos los países del mundo. En Colombia la entidad gubernamental que financia la ciencia es Colciencias. Muchos proyectos de investigación científica en psicología reciben el apoyo financiero de Colciencias.

12. Algunos psicólogos trabajan en unidades académicas relacionadas con ciencias diferentes a la psicología. Muchos psicólogos trabajan en Facultades de Medicina, de Biología, de Física, de Inteligencia Artificial, Neurociencias, etc.

13. Los Congresos Internacionales de Psicología promueven la comunicación científica y reciben apoyo financiero de las organizaciones gubernamentales de ciencia. Este fue el caso del 26o. Congreso Internacional de Psicología (Montreal, Canadá, 1996) y será el caso del 27o. Congreso Internacional de Psicología (Estocolmo, Suecia, año 2000).

14. Los directorios de científicos publicados en diversos países incluyen psicólogos.

15. En los museos de ciencia se presentan hallazgos de investigaciones psicológicas. Hay museos de psicología en varias partes del mundo (por ejemplo en el Ontario Science Centre, de Toronto). Existen igualmente áreas de psicología en muchos museos, ante todo sobre

percepción, aprendizaje y cognición (por ejemplo en el Exploratorium de San Francisco). En el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología (Maloka), se incluye la psicología y sus desarrollos más recientes.

16. En los periódicos, radio y televisión se presentan series sobre investigación psicológica. Este es el caso de *El Tiempo* y su sección de los lunes "Tiempo de Ciencia". También del programa "Universos" que busca divulgar la ciencia en Colombia.

17. La Oficina Internacional del Trabajo (OIT), al describir la profesión del psicólogo, incluye la investigación científica como uno de sus campos de trabajo. Esto ocurre también en Colombia en la Ley 58 de 1983 que reglamenta el ejercicio profesional de la psicología en el país.

18. Los psicólogos han hecho importantes contribuciones al diseño experimental y a la estadística. Uno de los ejemplos más conocidos es el de Thurstone y el desarrollo del análisis factorial. En tiempos más recientes, los trabajos publicados en *Journal of Mathematical Psychology* y en *Psychometrika* representan importantes aportes a la matemática, la estadística y la teoría de la medición. Se incluyen la ciencia de la computación y la inteligencia artificial, áreas en las cuales los psicólogos están haciendo aportes de gran significación.

19. Muchas revistas científicas cuentan con editores que son psicólogos. Además, muchas publicaciones psicológicas se refieren a la psicología como ciencia "dura". Como ejemplos estarían el *Journal of Experimental Psychology* (formado por 5 revistas), *Behavioral Neuroscience*, *Physiology and Behavior*, *International Journal of Comparative Psychology*, *Behavioral and Brain Sciences*, *Psychopharmacology*, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, etc.

20. Los Diccionarios de carácter general definen la psicología como una ciencia. Esto ocurre en todos los idiomas, incluyendo el español.

Conclusión

Cuando se piensa en ciencia, la mayor parte de la gente imagina laboratorios de física, química o biología y se imagina, generalmente, las ciencias "duras". Cuando se piensa en psicología, muchas personas la asocian con psicoterapia, salud mental, selección de personal en la industria y con desarrollo comunitario. No se tiene información acerca del trabajo en los laboratorios de psicología experimental, ni se piensa que la psicología tenga que ver con el lenguaje de los chimpancés, con la evolución

Figura 3. B.
F. Skinner
 (1904-1990)
 fue el creador
 del análisis
 experimental
 del comporta-
 miento, uno
 de los
 principales
 enfoques de la
 psicología
 contemporá-
 nea.



del cerebro, ni con los modelos matemáticos de los procesos de aprendizaje.

En este trabajo hemos señalado que la psicología es una ciencia porque utiliza el mismo método que otras disciplinas científicas (de observación, registro, prueba de hipótesis, contrastación empírica, acuerdo intersubjetivo, teorías que guían la investigación, etc.). Hemos indicado los principales campos de la psicología como ciencia, incluyendo psicología fisiológica, psicología comparada o animal, percepción, aprendizaje, motivación, cognición, psicología matemática, psicología del desarrollo o del ciclo vital, personalidad y psicología social. No nos hemos centrado en las áreas aplicadas (psicología clínica, educativa, industrial/organizacional, jurídica y criminológica, comunitaria, deportiva, psicología ecológica, etc.), porque ese no era el objetivo del presente artículo.

Los especialistas en filosofía de la ciencia y, en general, en lo que se ha denominado "estudios de la ciencia" (science studies), consideran que la ciencia es ante todo un método y no un área de contenido. Muchas disciplinas utilizan dicho método científico, tanto las que estudian el mundo físico como las que estudian la vida, o las que estudian el hombre y su sociedad. La clasificación de ciencias naturales, ciencias sociales y ciencias del comportamiento es algo que se discute ampliamente entre los especialistas en estos temas.

La psicología es una ciencia natural (biológica) y una ciencia social, dado que la conducta es un fenómeno de la naturaleza y ocurre en un contexto social. Sin una estructura biológica, sin un sistema nervioso, no existen procesos psicológicos. Pero dichos procesos constituyen un "nivel emergente", con sus propias leyes, que se encuentran más allá del nivel biológico. Este concepto de los niveles emergentes se aplica a todas las cien-

cias y sin física no hay química, sin química no hay biología, sin biología no existe psicología, sin psicología no hay sociología, etc. Cada nivel de explicación (físico, químico, biológico, psicológico, social) tiene sus propias leyes y no necesita "reducirse" a los anteriores niveles. Cada uno tiene sus propias reglas, su validez y confiabilidad, y sigue las normas del método científico si intenta trabajar dentro del marco de referencia de la ciencia.

Los avances de la psicología en los últimos 120 años han sido muy grandes, debido a la utilización de los procedimientos y métodos investigativos de la ciencia. Los hallazgos de esta disciplina se han aplicado a problemas de gran importancia social y de enorme relevancia para el ser humano y su sociedad. Obviamente, todavía hay mucho camino por recorrer, dada la complejidad de la conducta humana y de sus determinantes.



Notas

¹ Merton R. K. *Social theory and social structure*. New York: Free Press, 1957.

² Merton R. K. *The sociology of science. Theoretical and empirical investigations*. Chicago: University of Chicago Press, 1973.

³ Gross P. R., y Levitt N. *Higher superstition. The academic left and its quarrels with science*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994.

⁴ Bernard C. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: Charles Delagrave, 1865.

⁵ Ardila R. *Síntesis experimental del comportamiento*. Bogotá: Editorial Planeta, 1993.

⁶ Ardila R. ¿Qué son las ciencias del comportamiento? *Innovación y Ciencia*, V (5), 52-58, 1996.

⁷ Bunge M. *Finding philosophy in social science*. New Haven, CT: Yale University Press, 1996.

⁸ Bunge M., y Ardila R. *Philosophy of psychology*. New York: Springer, 1987.

⁹ McGuigan F. J. *Experimental psychology. Methods of research* (7a. ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1997.

¹⁰ Bunge M. *La investigación científica* (2a. ed.). Barcelona: Editorial Ariel, 1983.

¹¹ Jáñez L. *Fundamentos de psicología matemática*. Madrid: Ediciones Pirámide, 1989.

¹² Rosenzweig M. R. *The scientific status of psychology*. *International Journal of Psychology*, 26, 514-530. 1991.

Novedades editoriales

CONSUMO DE SUSTANCIAS PSICOACTIVAS EN COLOMBIA, 1996.



Edgar Rodríguez Ospina
Dirección Nacional
de Estupeficientes.
Fundación Santafé de Bogotá.
Santafé de Bogotá, 1997.

El Centro de Estudios e Información en Salud, CEIS, de la Fundación Santafé de Bogotá, envía este informe realizado por uno de sus investigadores (Rodríguez Ospina) para la Dirección Nacional de Estupeficientes, adscrita

al Ministerio de Justicia. El libro resume los hallazgos del segundo estudio nacional de consumo de sustancias psicoactivas realizado en 1996. Se describe el consumo de marihuana, cocaína, basuco, cigarrillo, bebidas alcohólicas, pastillas e inhalantes, por departamento, género, edad, nivel de urbanización, educación y actividad económica. Incluye un capítulo comparativo de la encuesta de 1992, en el cual se documenta el incremento en el consumo de sustancias ilegales entre 1992 y 1996. La investigación contó, además, con el apoyo de la Embajada de Estados Unidos y de Profamilia, institución que contribuyó con el diseño de la muestra.

DÍKAION, No. 5, 1996.



Revista de fundamentación
jurídica.
Facultad de Derecho,
Universidad de la Sabana,
Santafé de Bogotá.

Dikaion es una expresión griega que significa "lo justo". Con contribuciones de catedráticos colombianos y españoles, el número contiene varios estudios interdisciplinarios, de derechos humanos, de derecho constitucional y de derecho económico. Es importante destacar dos artículos: "Constitución y ciencia. Fundamentos constitucionales y legales de la actividad científica" por Alberto Álvarez Jiménez y Fernando Álvarez Jiménez (colombianos), y "Los recargos tributarios autonómicos como instrumento de protección ambiental", de María Angeles Guervos Mailló (española). La directora de la publicación y decana de la Facultad, Ilva Myriam Hoyos Castañeda, presenta el número y contribuye con el ensayo "Los derechos humanos: expresión de la recuperación de la dignidad de la persona humana en una época de crisis".

EVALUACIÓN DE PROYECTOS SOCIALES. CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES



(3a. edición ampliada).
Victor Manuel Quintero Uribe.
Fundación FES,
Santafé de Bogotá,
1997.

La tercera edición de la obra de Quintero Uribe, sistematiza el conocimiento construido colectivamente durante los últimos seis años en diferentes talleres realizados en ciudades colombianas, así como en otras capitales latinoamericanas y en España, sobre los temas de formulación y evaluación de proyectos sociales, aportando a la valoración de estrategias, procesos, avances y logros de los diferentes proyectos adelantados por organizaciones privadas de desarrollo y organizaciones de base. La presente propuesta metodológica, apoyada con una herramienta almacenada en un disco magnético adjunto, se ha venido ampliando y mejorando mediante la consulta y opinión de técnicos, líderes, gerentes sociales, comunidades de base y organizaciones privadas de desarrollo, que la han utilizado para autoevaluar sus proyectos sociales.

REVISTA Innovación y Ciencia

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. _____ No. _____

SUSCRIPCIÓN PERSONA NATURAL

Nombre _____ C.C./TI _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____

SUSCRIPCIÓN INSTITUCIONAL

Entidad _____
Nit _____
Representante _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE
Y ENVIE
ESTE
CUPON

SUSCRIBASE ¡YA!

Suscripción Regular \$29.000 Precio Unidad \$ 6.200 Socio ACAC Gratuita
Estudiantes \$25.000 Ejemplar atrasado \$ 3.500

Fecha suscripción
D _____ M _____ A _____

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Granahorrar 0632-100-79-5
Colmena 010-4500246931
Bco. Popular 160-203196

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ /

Credencial Credibanco Diners

*Renovación automática:

El valor de la nueva suscripción puede ser cargado a mi tarjeta de crédito. En caso de no desear la renovación, me comprometo a notificar a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia dos (2) meses antes del vencimiento de la suscripción

Acepto: Sí No

C.C. Firma

REVISTA Innovación y Ciencia

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. _____ No. _____

Sí, deseo regalar una suscripción de la revista Innovación y Ciencia a:

Nombre _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____

De:

Nombre _____
Ident.: C.C. _____ T.I. _____ Pasaporte _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____

Nota: Durante un año, cada ejemplar incluye una tarjeta especial, recordando a la persona o entidad que es una atención suya.

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE Y ENVIE
ESTE CUPON

CUPON REGALO

Suscripción Regular \$29.000 Precio Unidad \$ 6.200 Socio ACAC Gratuita
Estudiantes \$25.000 Ejemplar atrasado \$ 3.500

Fecha suscripción
D _____ M _____ A _____

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Granahorrar 0632-100-79-5
Colmena 010-4500246931
Bco. Popular 160-203196

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ /

Credencial Credibanco Diners

*Renovación automática:

El valor de la nueva suscripción puede ser cargado a mi tarjeta de crédito. En caso de no desear la renovación, me comprometo a notificar a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia dos (2) meses antes del vencimiento de la suscripción.

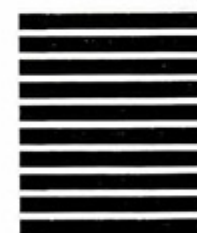
Acepto: Sí No

C.C. Firma



**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA**

**A.A. 92581
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA**



**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA**

**A.A. 92581
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA**

LOS COLOMBIANISTAS. UNA COMPLETA VISIÓN DE LOS INVESTIGADORES EXTRANJEROS QUE ESTUDIAN A COLOMBIA.

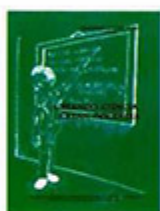


Victoria Peralta y Michael de la Rosa.
Planeta Editorial,
Santafé de Bogotá,
1997.

Dentro de la serie "Espejo de Colombia" se incluye este interesante proyecto, realizado por dos historiadores: Victoria Peralta, bogotana, radicada en Nueva York, y Michael de la Rosa, norteamericano, profesor de histo-

ria en Memphis, Tennessee. Incluye entrevistas con 31 de los más importantes estudiosos de Colombia, entre quienes se destacan Bushnell, Safford, Henderson, Deas, Helguera, Bergquist, Delpar y LeGrand. Además contiene un completo índice de cerca de 200 colombianistas de todo el mundo y de todas las áreas de las ciencias humanas, con sus publicaciones y direcciones de trabajo. El libro es resultado de dos inquietudes: la necesidad que tiene Colombia de ser reconocida por el mundo como algo más que café y cocaína; y por otro lado, facilitar a los colombianistas extranjeros puntos de referencia, apoyo, mercado, auditorios y compañía en sus trabajos sobre Colombia.

CREANDO CIENCIA, CREAN DOCENCIA.



Dagoberto Cáceres Rojas (editor).
Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,
Santafé de Bogotá,
1995.

La presente obra hace parte de la colección Julio Carrizosa Valenzuela (No. 4) de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Su editor es profesor del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. Con la ayuda de las caricaturas del comunicador social Mario González, Cáceres Rojas presenta de forma amena las "autobiografías químicas", un compendio de ensayos humorísticos sobre la docencia de la química, presentados con motivo de las bodas de plata de la Facultad de Ciencias de la Universidad. Además presenta una serie de "Cartas a la tía Beatriz", personaje definido como "el familiar que todos tenemos en el campo" quien le plantea a su sobrino, que está estudiando química en la Universidad, sus dudas sobre el quehacer cotidiano. En últimas, la meta de Cáceres y colaboradores es mostrar otra cara de la enseñanza y la investigación de la química inorgánica, afectadas profundamente por la marca negativa que se crea en los estudiantes de décimo grado.

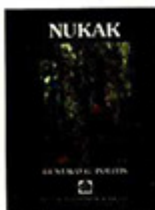
EL UNIVERSO DE LA MEDICIÓN. LA PERSPECTIVA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.



Hernán Jaramillo S.
y Mario Albornoz (compiladores).
Tercer Mundo, Colciencias y RICYT,
Santafé de Bogotá,
1997.

Jaramillo Salazar, subdirector de programas estratégicos de Colciencias, junto con Mario Albornoz, director de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), han organizado un conjunto de trabajos discutidos en una de las primeras actividades del Plan de Acción aprobado en la Reunión Hemisférica de Ministros Responsables de Ciencia y Tecnología, realizada en Cartagena de Indias en marzo de 1996. Se trata del Segundo Taller Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, realizado también en Cartagena del 24 al 26 de abril del mismo año. Aunque la mayor parte de los capítulos se refieren a casos iberoamericanos, es posible apreciar las experiencias en este campo de Francia, Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea. La gran meta es la creación del sistema iberoamericano e interamericano de indicadores de ciencia y tecnología que facilite el intercambio de experiencias en información y que permita la normalización, sin desconocer los aspectos idiosincrásicos.

NUKAK

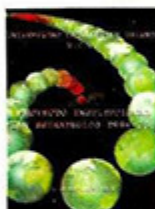


Gustavo G. Politis.
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI, 1996.

Las comunidades Nukak son etnias nómadas de cazadores, pescadores y recolectores del interfluvio Guaviare-Inírida, en la selva amazónica colombiana. A través de esta completa monografía, el arqueólogo argentino Politis describe diversos aspectos de esta particular cultura, amenazada por la expansión agraria y petrolera. Incluye registros

lingüísticos, fotográficos, geográficos, arqueológicos, antropológicos y hasta legales, particularmente los documentos que dan fe de la acción de tutela ganada por la Organización Nacional Indígena de Colombia a favor de los Nukak-Makú, cuyo territorio se vio amenazado por las actividades de Fronteras de Exploración Colombiana, Inc., socia de Ecopetrol. Si bien la tutela fue positiva, es necesario que las autoridades relacionadas con asuntos étnicos comprendan aún mejor la concepción Makú de la naturaleza, del espacio, de los recursos y de los semejantes, a la hora de lanzar políticas estatales de protección física y cultural.

PROYECTO INSTITUCIONAL. PLAN ESTRATEGICO 1996-2000.



Universidad Católica de Oriente.
Rionegro, Antioquia,
1997.

Complementando una orientación cristiana con la búsqueda del desarrollo regional, la Universidad Católica de Oriente (UCO) lanza su plan estratégico quinquenal, el cual hace parte del proyecto institucional con miras a la acreditación establecida por la Ley 30 de 1992. La UCO, basada en su convicción católica, es una institución con marcado compromiso regional que busca ser el más importante factor de desarrollo para el Oriente Antioqueño en las áreas agropecuarias y educativas. El plan incluye la misión de la Universidad, la visión, el plan estratégico en cuatro subsistemas: directivo, docente, de investigación y de extensión, y finalmente la ejecución de los planes operativos en el proyecto institucional. Mayor información se puede obtener en la página Web: www.uco.edu.co.

CUMBRE MINISTERIAL DE LAS AMERICAS.

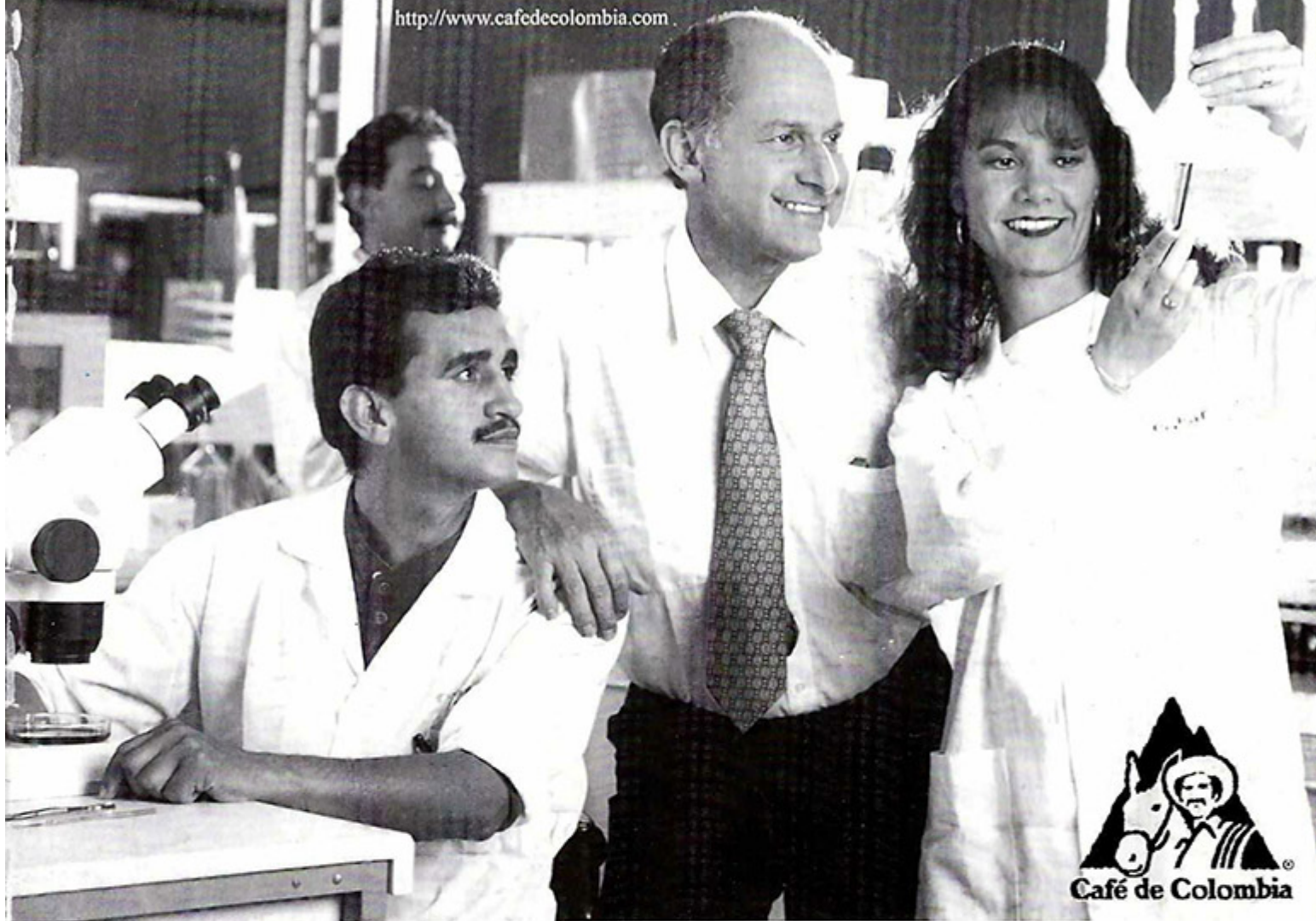


República de Colombia,
Ministerio de Comercio Exterior.
Santafé de Bogotá,
1996.

En edición de lujo se presentan las Memorias de la Segunda Reunión Ministerial de Comercio, llevada a cabo en Cartagena el 21 de marzo de 1996, en el marco del Compromiso de Integración Hemisférica suscrito por los presidentes de América en Miami. En dicha reunión se lograron avances para alcanzar el ALCA (Área de Libre Comercio de las Américas). Por Colombia participó el ministro de Comercio Exterior, Morris Harf Meyer, el presidente Ernesto Samper y representantes de 34 países de América.

EL CAFE ES BUENO PARA TODOS

<http://www.cafedecolombia.com>



“El café es 100% natural y nos dá la energía necesaria para realizar con éxito todos nuestros proyectos, que son los proyectos de Colombia.”

TORO

EL CAFE



Despierta tu energía

Pasos Para Preparar En Casa Un Café Frío



- 1 **Endulzar al gusto de 2 a 3 tazas de café, preferiblemente oscuro**
- 2 **Enfriar el café**
- 3 **Agregar en la licuadora el café y tres cubitos de hielo**
- 4 **Licuar por 20 segundos**
- 5 **Servir y degustar inmediatamente**



Centros de Preparación de Café
E - MAIL: cpctazor@colomsat.net.co
Bogotá: Tels: 346 1809 / 249 3612

¡8.200 METROS DE GRANDEZA!

La Expedición Colombia Granahorrar Everest '97 regresa tras llegar a los 8.200 metros de altura.



"Los que ascendimos en la realidad de los vientos, el frío, las nevadas y la altura, sabemos que la cima del Everest es ante todo un símbolo y un homenaje a todas las formas de lucha humana por lograr propósitos nobles. Con este sentido queremos que nuestra primera tentativa sea también una semilla que haga germinar altas cumbres en todos los campos de acción de los colombianos. Queremos señalar el poder de los sueños, la búsqueda armoniosa de objetivos comunes y el amor por las causas" (Tomado del diario de la expedición)

Granahorrar les da la bienvenida a los expedicionarios y seguirá apoyándolos hasta que la bandera de Colombia ondee sobre la cima del mundo.



Granahorrar
CORPORACIÓN GRANCOLOMBIANA DE ANILERO Y VITINHA
¡usted nos tiene a nosotros!