



# Innovación y Ciencia

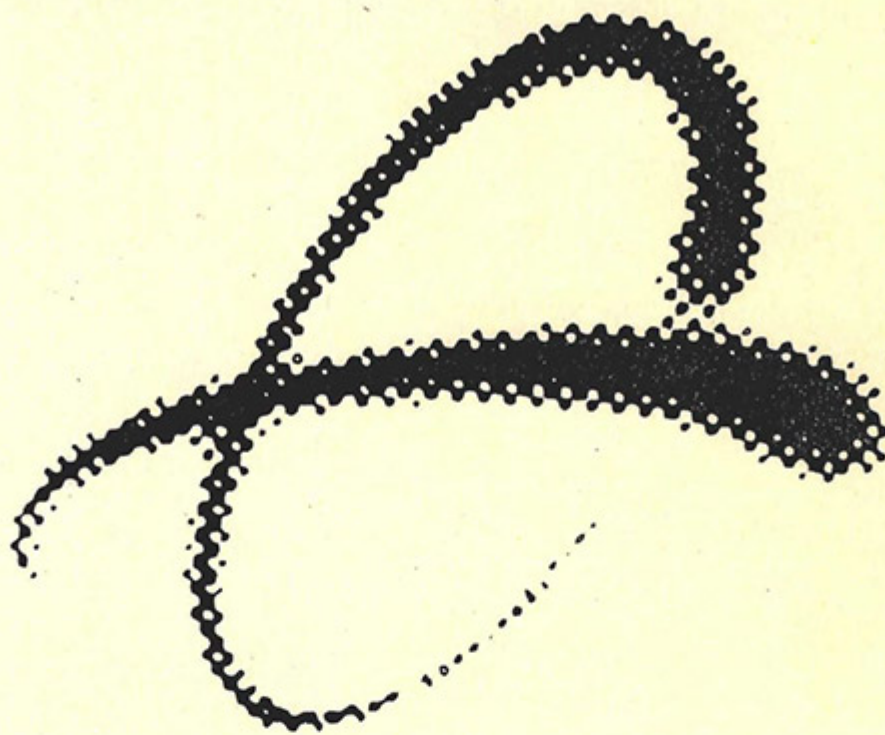
VOLUMEN IV, Nº 3, 1995

**Rayos X:  
100 años de historia**

**¿En qué universo  
vivimos?**

RIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$4.000.00





# COLCIENCIAS

**E**sta publicación  
ha sido realizada  
con la colaboración  
financiera de COLCIENCIAS,  
entidad cuyo objetivo  
es impulsar el desarrollo  
científico y tecnológico  
de Colombia.

# SU EMPRESA TIENE MUCHO QUE MOSTRAR



Deje ver lo último de su industria, lo mejor de su tecnología, sus avances, sus logros.

Venga a **EXPOCIENCIA Y EXPOTECNOLOGIA 95.**

Una Feria única e irrepetible que le asegura la exclusividad de encontrarse con un público selecto y un alto número de compradores.

**DEJE QUE SU EMPRESA COMPITA ENTRE LAS MEJORES Y EN LAS MEJORES CONDICIONES.**



**EXPO** CIENCIA  
TECNOLOGIA /95  
**HAY QUE VER, PARA CREER**



Mayores Informes:



Tels.: 221 3313 - 221 7348 Fax: 221 6950

Cra. 50 No. 27-70 Módulo 3 Santafé de Bogotá, D.C.



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

JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1993-1995  
PRINCIPALES

Eduardo Posada	Presidente
Fabio Chaparro	1 <sup>er</sup> Vicepresidente
Guillermo Hoyos	2 <sup>do</sup> Vicepresidente
María Cristina Plazas	Secretaría
Carlos Corredor	Tesorero
Jaime Ahumada	Vocal
Pedro Amaya	Vocal
Gloria Tamayo de Echeverry	Vocal
Paulo Orozco	Vocal
Guillermo Hoyos	Vocal

Asociación Colombiana  
de Sociedades Científicas  
Instituto Colombiano del Petróleo

**Veedor**  
Marcelo Riveros

**Directora Ejecutiva**  
Nohora Elizabeth Hoyos T.

**Asistente de Dirección**  
Rosario Martínez

**Asesoría Editorial**  
Mauricio Pérez Gil

**Jefe División de Publicaciones**  
Manuel Cardozo

**Revisora Fiscal**  
Teresa Bonilla

**Administradora**  
María Paulina Rubio

**Consejo Editorial Internacional**  
José Fernando Escobar, Leon Lederman,  
Isabel Llano, Rodolfo Llinás, Abdus Salam

**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

**Comité Editorial**  
Nohora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina,  
Eduardo Posada, Manuel Cardozo,  
Martha Patricia García, Rosario Martínez

**Diseño y Producción**  
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda.

**Publicidad**  
Clara López

**Fotografía**  
Photo Images Ltda., Image Bank, SuperStock

**Corrección de Estilo**  
Jorge Iván Cadavid

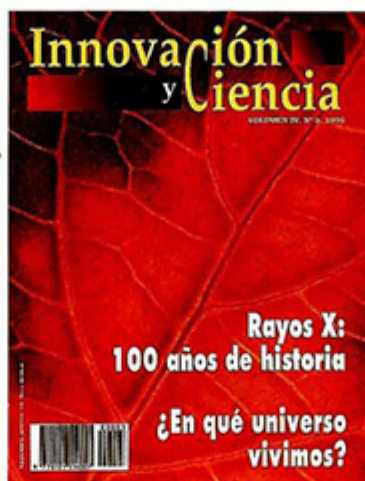
**Digitación de textos**  
Yenny Yuliett Arias

**Pre-prensa Electrónica**  
Elograf Ltda.

**Impresión**  
Printer Colombiana 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./96. A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,  
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581. Fax: 2216950.  
Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.  
E-MAIL: acac@colciencias.gov.co  
Santafé de Bogotá, Colombia

# CONTENIDO



## PORTADA

Las plantas modificadas genéticamente constituirán en un futuro cercano un importante beneficio para la humanidad.

## NOTA DEL EDITOR

Hacia una cultura basada en el conocimiento

7

## CORRESPONDENCIA

• Mensajes para INNOVACION Y CIENCIA

8

## NOTICIAS & COMENTARIOS

### PERIODISMO CIENTIFICO

La humanidad del científico y la "edad de la yesca"  
*Manuel Calvo Hernando*

10

### EPIDEMIOLOGIA

La undécima plaga  
*Martha Patricia García*

14

### ASTROFISICA

Primera Escuela Nacional de Astrofísica y formación de la  
Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica  
*Sergio Torres*

18

### INGENIERIA

Reología y supervivencia  
*David Mosquera*

20

# Innovación y Ciencia

Volumen IV, N°3 - 1995

VISTAZOS

Ciencia y Tecnología

22



## ARTICULOS

### ASTRONOMIA

¿En qué universo vivimos?

*Sergio Torres*

26

### INGENIERIA GENETICA

Industria e ingeniería genética de plantas

*Mario Posada*

34

### PSICOLOGIA

Psicología y calidad de vida

*Rubén Ardila*

40

### HISTORIA DE LA CIENCIA

100 años de los rayos X

*Bernardo Gómez Moreno*

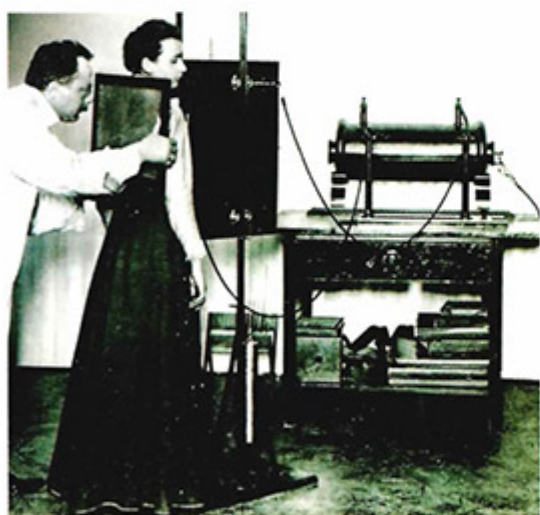
48

### MATEMATICA

Sistemas numéricos. Historia y sugerencias para el progreso futuro

*C. Marchal*

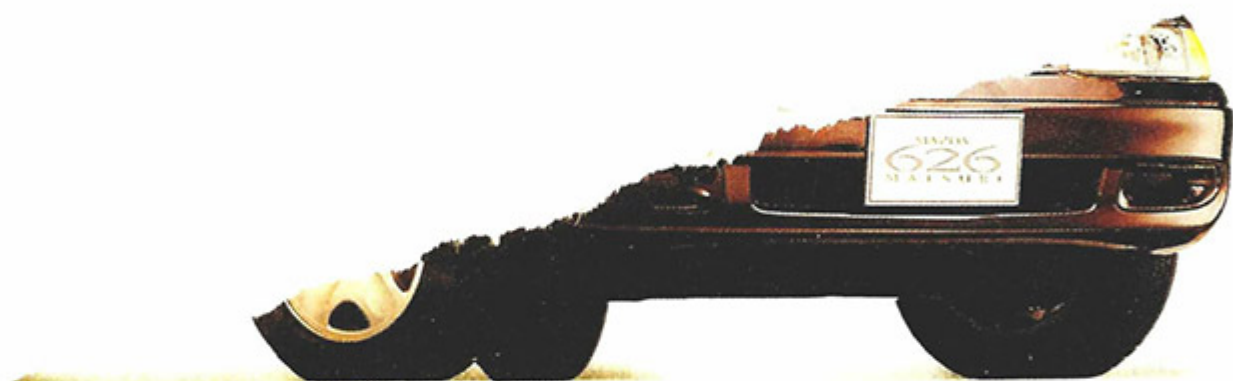
56



NOVEDADES EDITORIALES

64

# LO SENTIMOS



Sabemos que usted ya ha visto el Mazda 626 Matsuri.

Lo ha visto en sus versiones Hatchback y Sedan. Los ha visto en todos sus colores. Ha visto su diseño aerodinámico y su línea de avanzada. Pero más que ver un Matsuri, hay que sentirlo. Sentir su comodidad. Sus amplios espacios interiores. Sus exclusivos detalles y sobre todo su gran potencia. Por eso hoy hemos decidido no mostrarlo en este aviso, para que usted pueda sentirlo. Sentirlo en cualquiera de los Concesionarios Mazda de todo el país.

MAZDA 626 MATSURI. **Igual a ninguno.**

MAZDA  
**626**  
M A T S U R I

# NOTA

# DEL EDITOR

## Hacia una cultura basada en el conocimiento

Uno de los factores que más claramente distinguen a los habitantes de un país industrializado de los de una nación en vía de desarrollo es el interés que los primeros muestran por los temas relacionados con la ciencia y la tecnología. Ello se debe en gran medida a las campañas de popularización que desde tiempo atrás han lanzado los gobiernos y las asociaciones científicas para concientizar a la población sobre la importancia que ese campo reviste para el desarrollo cultural y económico de una sociedad.

Tanto en la educación formal como en la educación informal lograda a través de los medios de comunicación y del ambiente cultural global, y en la educación no formal, asociada con los programas de capacitación continuada y de instituciones extraescolares, el ciudadano de un país industrializado encuentra múltiples ocasiones de complementar su formación, enterarse de los últimos avances científicos y entusiasmarse con la fantástica aventura de la generación de conocimiento.

No debe extrañarnos, por tanto, que las vocaciones científicas y por ende el número de investigadores en una nación avanzada sea entre diez y quince veces mayor que en un país como Colombia, lo cual se traduce de inmediato en nuestra bajísima producción científica y, aún más grave, tecnológica. La falta de mecanismos adecuados para suscitar el interés por la ciencia en los jóvenes, unido al poco reconocimiento social de la labor del investigador, alejan a aquéllos de las carreras científicas, orientándolos hacia profesiones más lucrativas y de mayor aceptación en la comunidad.

Consciente de la gravedad de ese problema, la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo propuso como una de sus estrategias fundamentales un ambicioso programa de "endogenización de la ciencia y la tecnología", encaminado a integrar las ciencias, tanto las exactas como las sociales, a todos los aspectos de la actividad de la sociedad colombiana,

con el fin de fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico, estimular la formación de investigadores al más alto nivel y promover la **apropiación social de la ciencia y la tecnología**, que busque incorporarlas a la cultura nacional.

La apropiación de la ciencia y la tecnología por parte de los ciudadanos contribuye a incrementar su autonomía, al favorecer la toma de decisiones correctas sobre la selección, la transferencia y la producción de tecnología, y estimular las vocaciones científicas y técnicas, brindándoles oportunidades para expresar su creatividad.

El gobierno del presidente Samper comprendió claramente la importancia de esos temas e incorporó buena parte de las propuestas formuladas por la Misión en el documento de ciencia y tecnología aprobado hace unos meses por el Consejo Nacional de Política Económica y Social e incluido posteriormente en el Plan Nacional de Desarrollo que acaba de ser oficializado por el Congreso de la República.

La programación del nuevo crédito otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo a Colciencias incluye por primera vez una importante asignación destinada a financiar proyectos en el campo de la popularización de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que atañe a la educación informal, a través de los medios de comunicación, como en lo que se relaciona con la educación no formal, por medio de revistas de divulgación, centros interactivos de ciencia y tecnología, ferias de la ciencia y actividades científicas infantiles y juveniles.

Gracias a esos programas, que requerirán para ser exitosos la colaboración de toda la comunidad científica nacional, Colombia dispone de extraordinarias herramientas para lograr, a través de la ciencia y la tecnología, el desarrollo social y económico que nos conduzca finalmente a una mejor calidad de vida.

**EDUARDO POSADA FLOREZ  
NOHORA ELIZABETH HOYOS T.**

# MENSAJES

Para Innovación y Ciencia

Apreciados Señores:

Agradezco el envío de la revista INNOVACION Y CIENCIA. Quiero aprovechar la oportunidad para felicitar al Comité Editorial por haber logrado ubicar a la revista como el medio más idóneo actualmente existente en el país para divulgar actividades y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, y para contribuir a la conceptualización nacional sobre políticas y estrategias de ciencia y tecnología.

Cordialmente,

Luis Carlos Arboleda A.  
Vicerrector de Investigaciones  
Universidad del Valle

Estimados Señores:

He recibido con mucha complacencia su número especial de la revista INNOVACION Y CIENCIA dedicado al tema de Evolución.

Agradezco su gentileza y el envío de esta importante revista, la cual contiene artículos muy destacados; por lo tanto les auguro muchos éxitos en sus metas propuestas para la edición de los siguientes números.

Cordial saludo,

Rocío F. de Díaz del Castillo  
Gerente General  
Cenpro Televisión

Estimados Señores:

He tenido ocasión de leer varios de los números de INNOVACION Y CIENCIA hasta ahora publicados, incluyendo el volumen especial dedicado a Evolución.

Es por ello que les escribo para felicitarles por la publicación de una revista de excelente calidad y contenido, cuyo tratamiento de diversos temas nos permite, a quienes no pertenecemos a la comunidad científica, acercarnos a tópicos de gran interés, expuestos en forma clara y dinámica.

Les auguro muchos éxitos futuros en su labor.

Cordialmente,

Diana Silberman



**LANZETTA, RENGIFO & CIA. LTDA**

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA COLOMBIA D



Instrumentos para investigación, industria y educación:

- Medidores y controladores
- Bombas peristálticas Masterflex
- Equipos para control ambiental
- Seguridad industrial



**Forma Scientific, Inc**

- Equipos para bancos de sangre
- Cabinas de seguridad biológica
- Equipos de ultrafrio



**ATLAS  
ELECTRIC  
DEVICES  
COMPANY**

- Equipos para:
  - Evaluación de materiales bajo condiciones aceleradas
  - Evaluación de polímeros



**HunterLab**

Equipos para colocar en línea, de laboratorio, portátiles, para:

- Medición de color
- Apariencia de imagen
- Software.
- Formulación de color.



- Equipos para:
  - Análisis térmico DSC, TGA, TMA, DEA
  - Equipos para Reología

**MOISTURE SYSTEMS CO**

Equipos para medición inmediata en proceso de:

- Humedad
- Espesor de película
- Peso de cubierta o revestimiento



**Educación Básica  
Secundaria y Media**

- Educación estética
  - Historia del arte
  - Teoría del arte
- Dibujo, fotografía, diseño industrial, diseño gráfico, modelado, pintura, impresión, ilustración

**CREARTE**

*Para que el pensamiento creativo  
encuentre formas de expresión*

  
EDITORIAL  
VOLUNTAD S.A.

Santafé de Bogotá, D.C. Carrera 7 No. 24 - 89 Pisos 16, 20, 24, y 25 Conmutador 286 06 66 Fax (91) 286 55 40

Y en todas las principales ciudades del país



# La humanidad del científico y la “edad de la yesca”

**E**n nuestro tiempo, cuando la ciencia se ha convertido en noticia y los descubrimientos en este campo forman parte de la actualidad y de la historia, creo que uno de los trabajos interesantes para científicos y para escritores es mostrar algunos aspectos humanos del investigador científico.

Los progresos y las conquistas en este campo interesarán más al público no especializado si se le cuenta cómo el profesor Waksman, descubridor de la estreptomicina, pudo haberse hecho millonario, pero prefirió ceder todos sus derechos a la Universidad de Rutgers (Estados Unidos); cómo Edison, que ha pasado a la historia como inventor del fonógrafo, patentó además cerca de 1500 inventos diferentes y trabajó sin descanso hasta su muerte; y el caso de Morse, que debe su notoriedad mundial a la invención del telégrafo eléctrico, pero que consagró la mitad de su vida a la pintura y en su tiempo fue conocido, sobre todo, como retratista.

Charles Darwin ha pasado a la historia de la ciencia por su teoría de la evolución y su trabajo *El origen de las especies*. El resonante alcance de sus ideas, todavía debatidas hoy en ciertos círculos, ha oscurecido sus contribuciones en otros campos de la ciencia. He aquí un par de ejemplos: la primera teoría científica de Darwin fue geológica, relacionada con la naturaleza y la formación de los arrecifes de coral. Su último libro, publicado un año antes de su muerte, trataba sobre las lombrices de tierra y su acción sobre el suelo.

Marconi, a quien se debe lo que entonces se llamó telegrafía sin hilos, y cuyo nombre utilizó McLuhan para bautizar a la nueva galaxia, frente a la amparada por el nombre de Gutenberg, montó en el desván de su casa un pequeño laboratorio con empréstitos de la bolsa materna.

Niels Bohr, creador del modelo de átomo que lleva su nombre, no sólo fue una figura gigantesca de la física contemporánea, sino un hombre bueno, que durante la segunda guerra mundial ayudó a los científicos alemanes perseguidos por los nazis.

Max Planck, uno de los científicos más geniales de

nuestro tiempo, escaló el Jungfrau cuando tenía 72 años.

## El niño Newton

Pedro y María Curie vivieron heroica y apasionadamente entregados a la ciencia. Para mostrar a los escépticos el polonio y el radio, y para probar la existencia de los dos nuevos elementos, el matrimonio Curie — el nombre de soltera de ella era María Sklodowska — luchó durante cuatro años en una casilla de madera en el patio de la Escuela de Física de París. “No teníamos ni dinero, ni laboratorio ni ayuda de ninguna especie para llevar a cabo una tarea tan importante y difícil como aquella”.



En nuestro tiempo existe el caso impresionante de Stephen Hawking, suficientemente conocido como para no insistir aquí.

¿Hemos pensado alguna vez en el Newton niño? John Maynard Keynes, que tuvo acceso a la caja donde el propio sabio guardó sus documentos en 1696, escribió en su libro *Newton, the Man*: "Nada tan encantador como los relatos de sus invenciones mecánicas, cuando era niño".

Su don peculiar, añade Keynes, fue la capacidad para concentrarse en un problema estrictamente mental hasta comprenderlo. "Yo creo que Newton podía retener mentalmente un problema durante horas, días y semanas, hasta que éste le entregaba su secreto".

En cuanto a esto último, debe citarse también el caso de Max Born, galardonado en 1954 con el Premio Nobel de Física, "no por el descubrimiento de un nuevo fenómeno natural, sino por la motivación de una nueva forma de pensar sobre fenómenos naturales".

### Pobreza, dificultades y problemas

Los casos de pobreza, dificultades y problemas de los científicos jalonan la historia de la ciencia. Johannes Kepler erró por Alemania y Austria en busca de dinero, tuvo que defender a su madre en procesos de brujería y había de aceptar todo tipo de ocupaciones que completasen sus ingresos. Así, inventó, para desgracia de los negociantes de vinos de entonces, el procedimiento para coleccionar el volumen del líquido, teniendo en cuenta la forma de la barrica.

Es famosa la frase que pronunció, en relación con los enemigos de

sus teorías: "Perfectamente puedo esperar un siglo, puesto que Dios tuvo que esperar 6000 años a un descubridor".

**Entre los científicos hay una "edad de la yesca y del pedernal" en la que hacen chispear las innovaciones; pero su tarea perseverante dura toda la vida.**

Los paleontólogos quizá han sido, por lo menos en nuestro tiempo, quienes han tenido que habérselas con tabúes ideológicos y religiosos, y hasta se han visto obligados a derribar por completo edificios cosmológicos y a levantar en su lugar nuevas concepciones del mundo que parecían encontrarse en flagrante contradicción con dogmas y tradiciones.

Más de un investigador en esta disciplina ha tenido que debatirse, a lo largo de toda su vida, no sólo contra sus opositores en el campo de la ciencia sino también contra filósofos y teólogos. Pero lo más singular

de todo esto es que el considerado como fundador de la paleontología tiene en Roma un proceso pendiente, y no de condena, sino de canonización. Se trata del médico y naturalista danés Niels Stensen, que en la historia natural y en la de la Iglesia lleva el nombre de Nicolás Stenon.

### La edad de la yesca y del pedernal

Y habría que recordar también algo sumamente entrañable y periodístico, la escasa edad de grandes científicos que han realizado descubrimientos decisivos para la humanidad.

Kepler tenía 24 años cuando propuso la teoría que dio origen a la cosmología moderna; Isaac Newton tenía esta misma edad cuando comparó la fuerza necesaria para mantener a la Luna en su órbita con la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra ("yo estaba en la flor de la

vida", ha contado); y también Maxwell tenía este número mágico de 24 años cuando hizo su primera contribución importante a la teoría ondulatoria electromagnética; Lavoisier no llegaba a los 30 cuando demolió la teoría del flogisto; Dalton había llegado a la venerable edad de 40 años cuando creó su teoría atómica de la química.

Edward Frankland, que descubrió los compuestos organometálicos y formuló la teoría de la valencia química, fue elegido miembro de la Royal Society, de Londres, cuando sólo tenía 28 años, en 1853. El físico japonés Yukawa, que contribuyó decisivamente al desarrollo de la física teórica, apenas contaba 28 años cuando hizo públicas las ideas que luego le valdrían el Premio Nobel. Justus von Liebig, a quien se deben aportaciones tan decisivas como el cloroformo, la levadura y el plateado del vidrio, y que ha sido llamado "padre del laboratorio químico", fue nombrado catedrático de química en la Universidad de Gießen al cumplir los 21 años.

Rutherford tenía 27 años y era ya profesor en la Universidad McGill, en Montreal, cuando, junto con Frederick Soddy, de sólo 22 años, elaboró efectivamente la teoría



moderna de la radiactividad. Einstein tenía 26 años en 1905, cuando escribió cuatro trabajos decisivos en la historia de la ciencia, ya que describían la teoría especial de la relatividad, la demostración de la equivalencia entre masa y energía, la teoría del movimiento browniano y el fundamento de la teoría fotónica de la luz.

Lord Rutherford sostenía que hay entre los científicos una "edad de la yesca y del pedernal" en la que hacen chispear las innovaciones, y que cuando pasan de esa edad deben resignarse a ser los eruditos de su disciplina, los directores de investigación o los transmisores del conocimiento.

Pero una cosa es la chispa y otra la tarea perseverante y eficaz, que para los científicos dura toda la vida. El químico francés Michel Eugène Chevreul, que aportó descubrimientos muy notables a la química orgánica, todavía editaba un trabajo poco antes de cumplir los 102 años. El primero lo había publicado 82 años antes.

### Justificación de este trabajo

Su contenido es producto de lecturas y anotaciones de muchos años y está en la línea de mi entusiasmo impenitente por acercar la ciencia al público.

Al referirme a la entrevista, en mi libro *Periodismo científico* (Paraninfo, Madrid, 1992), subrayaba la utilidad de presentar al hombre de ciencia en toda su profundidad humana, con sus temores y zozobras, sus aciertos y sus errores, sus éxitos y sus fracasos, y, sobre todo, con aquellos rasgos de su carácter, de su biografía o de sus costumbres que le franqueen el paso a un público escasamente sensibilizado por la ciencia.

Estoy preparando un libro sobre este tema, que ya he empezado a redactar. Trato de aportar mi experiencia de que cuando se presenta la ciencia al público de modo sugestivo, claro y ameno, la respuesta es

casi siempre estimu<sup>l</sup> y enriquecedora.

**Manuel Calvo  
Hernando**  
Presidente,  
Asociación  
Iberoamericana  
de Periodismo  
Científico



**THE JOHN D. AND CATHERINE T.  
MACARTHUR FOUNDATION**

## Décima convocatoria para financiación de proyectos de investigación científica

Inscripción: 12 de Junio al 25 de Agosto de 1.995

### PERFIL DE LAS PROPUESTAS:

- Investigaciones en el campo de la ecología y las ciencias ambientales.
- Se dará preferencia a aquellas propuestas que apunten al estudio de la biodiversidad en cuencas hidrográficas, páramos y embalses.
- Proyectos de hasta un año de duración.
- El monto solicitado no debe exceder los \$8.000.000

**Informes: FONDO FEN COLOMBIA**

Calle 62 No. 4-68 Teléfonos: 248 1333 - 2490437 Fax: 255 5427  
E-MAIL: Efenfund@itecs5.telecom-co.net Bogotá

" Es el agua la vida y  
la vida debemos salvar... "



Corona presenta



El nuevo sanitario de  
Bajo Consumo de Agua



- Ahorra agua.
- Ahorra dinero.
- Por su precio es un producto ideal para vivienda económica.
- Diferentes colores que permiten crear bellos ambientes.



**Corona**  
Más Ambiental

Para mayor información visite los distribuidores y salas de venta Corona

# La undécima plaga

Pese a que por espacio de una década el VIH (virus de la inmunodeficiencia humana) ha acaparado la atención del mundo entero y recientemente las noticias sobre el virus de Ebola han sacudido a la opinión internacional, pocas personas saben que en los últimos 20 años han surgido más de doce virus causantes de infecciones que amenazan seriamente la salud de la especie humana a nivel global: Marburg, identificado en Alemania Oriental y Yugoslavia en 1967 y estrechamente relacionado con el Ebola; Lassa, causante de la fiebre hemorrágica africana, que infecta entre 200 y 400 mil personas cada año, causando la muerte a cerca de 5000; Hanta (del este asiático) y su nueva variedad detectada en el sudeste de los Estados Unidos (1993), para mencionar sólo unos cuantos.

A nivel de especialistas, hasta hace poco tiempo se abordaba el problema de las nuevas enfermedades virales exclusivamente desde el punto de vista de la mutación genética accidental; en la actualidad el interés se centra menos en el azar del cambio genético y más en los terribles efectos del cambio social... Sin lugar a dudas, muchos de los llamados «nuevos virus» han estado con nosotros, aunque geográficamente restringidos, por dé-

cadadas, incluso siglos; a partir de los años sesenta, el turismo, la guerra, el comercio, la prostitución incrementaron casi ilimitadamente su provisión de posibles víctimas y su movilidad, hasta llegar a una situación en la cual, como acertadamente lo resume Stephen Morse, virólogo de la Universidad de Rockefeller, el problema básico no es viral sino social.

Contrariamente a lo que preferirían pensar los habitantes de las naciones industrializadas, no se trata de fenómenos originados invariablemente en miserables comunidades de países no desarrollados. La migración de numerosas familias hacia áreas rurales de Wisconsin, por ejemplo, ha incidido en un aumento alarmante de encefalitis infantil en la región, debido en parte a la tala indiscriminada de árboles y el consecuente aumento de criaderos de mosquitos portadores de virus.

Por otra parte, la urbanización incontrolada, que se traduce en concentraciones de población sin precedentes, propicia grandes epidemias. Sin ciudades no tendríamos ni siquiera sarampión, ya que el virus causante de la enfermedad requiere acceso a por lo menos 250.000 hospederos potenciales para poder sostener una cadena de transmisión. A principios de siglo solamente el 10% de la población



mundial vivía en ciudades; en el año 2000 éstas alojarán al 50% de los habitantes del planeta, y la mayoría de las megalópolis estarán ubicadas en países en desarrollo cuyas economías obligan a los campesinos a migrar masivamente, sin que la infraestructura sanitaria permita ofrecer condiciones óptimas de salud pública.

Una de las enfermedades virales «novedosas» que no ha contado con gran cubrimiento por parte de los medios no especializados es la causada por el "virus de Al-

nas pertenecientes a una minoría étnica (navajos) murieron; un mes después se presentaron casos de víctimas hispanas y anglosajonas y hasta la fecha se han registrado 106 pacientes en 23 estados, la mitad de los cuales han muerto. Actualmente los investigadores estadounidenses consideran la posibilidad de que algunos de los 50.000 casos anuales de enfermedades respiratorias de «causa desconocida» puedan deberse al virus detectado en Four Corners.

El virus de Albuquerque es un Hanta virus con un genoma bastante diferente del de las especies previamente identificadas. La primera, un retrovirus aislado por Karl Johnson, Ho Wang Lee y Pyung Woo Lee en 1976, posee un genoma dividido en tres segmentos que favorece la ocurrencia de recombinantes. Dicho de otra forma, dos Hanta virus diferentes pueden intercambiar ARN y producir hasta seis nuevos tipos genéticos. Los Hanta virus (huéspedes de diferentes tipos de roedores) se encuentran asociados con fiebres hemorrágicas, frecuentes en Asia y Europa. En 1992 la Academia Americana de Ciencias los señaló como "virus emergentes" potencialmente capaces de infectar al hombre y provocar epidemias; sin embargo, se referían a los Hanta virus asiáticos y no a una especie originaria de Norteamérica.

El portador de la nueva variedad de virus es el ratón *Peromyscus maniculatus*, en cuya saliva y orina se encuentran enormes cantidades de virus. La enfermedad de Four Corners afecta de preferencia los capilares, produciendo una salida súbita de plasma (líquido y proteínas) que compromete los alveolos pulmonares; el diagnóstico es difícil porque los síntomas (fiebre y dolores musculares) son muy parecidos a los de la gripe y cuando se logra identificar la causa real es

**A**ctualmente  
el interés se  
centra menos  
en el azar del  
cambio genético  
y más en los  
temibles efectos  
del cambio  
social.

buquerque", que hizo su aparición en mayo de 1993 en la región de Four Corners, intersección de los estados de Nuevo México, Arizona, Colorado y Utah. Doce perso-



demasiado tarde. El antiviral ribavirine, de cierta eficacia en casos de fiebre hemorrágica, ha sido administrado a los pacientes norteamericanos, sin que se tenga certeza alguna de lograr efectos positivos.

Otro ejemplo de un nuevo «viejo» virus podría estar asociado con el sarcoma de Kaposi, uno de los primeros indicadores de sida, que se ha hecho más misterioso a medida que crece la epidemia de inmunodeficiencia adquirida; la población afectada se ha ampliado, incluyendo pacientes receptores de transfusiones, drogadictos que se inyectan y hemofílicos, pero el sarcoma de Kaposi se presenta, en prácticamente la totalidad de los casos, en hombres homosexuales.

La identificación del VIH (1984) llevó a algunos investigadores a tratar de determinar si éste causaba directamente el sarcoma o simplemente abría la puerta a otro agente oportunista; desde entonces se han propuesto sin éxito media docena de teorías, que involucran desde otros virus hasta inhalantes de nitritos populares entre los homosexuales. En la actualidad, un grupo de Columbia University dirigido por los investigadores Chang y Moore informa haber encontrado secuencias de ADN que aparentemente corresponden a un nuevo virus herpes, detectado, con raras excepciones, solamente en hombres homosexuales, el cual podría ser el agente etiológico del sarcoma de Kaposi. Los autores insisten en que el estudio constituye apenas una fase preliminar; sin embargo, su línea de investigación ha tenido una acogida favorable.

Después de identificar secuencias únicas de ADN en tejidos de pacientes con sida y sarcoma de Kaposi, los investigadores las compararon con ADN de virus conocidos, encontrando similitudes con dos herpes: Saimiri y Epstein-Barr. Para demostrar que han encontrado el agente causante del sarcoma de Kaposi, deberán aislar el virus, no

**Ebola es un símbolo del inmenso poder del mundo microscópico, pero no es único, y la gran amenaza reside en la destrucción ambiental, la movilidad humana y la pobreza absoluta de gran parte de la población mundial.**

---

sólo fragmentos, y presentar mayor evidencia de que es realmente único. Según Steven Miles, investigador de sarcoma de Kaposi en UCLA (Universidad de California en Los Angeles), se requieren, entre otras, pruebas con pacientes «clásicos» de esta enfermedad, es decir, hombres mayores de origen mediterráneo no infectados con VIH.

El investigador Robert Gallo del National Cancer Institute, dedicado al estudio de la patogénesis del sarcoma de Kaposi, afirma que el hallazgo de un nuevo virus herpes asociado con el sarcoma complementaría mas no invalidaría el trabajo desarrollado en su laboratorio sobre el papel de los mensajeros químicos llamados citocinas (especialmente las interleucinas, el factor de necrosis tumoral y el factor de crecimiento fibroblástico básico) en la formación de las lesiones características del sarco-

ma. Moore considera que la identificación de un nuevo virus herpes permitiría sostener la hipótesis de las citocinas, ya que el agente podría operar, por ejemplo, haciendo a las células más susceptibles de experimentar un crecimiento desordenado inducido por factores secundarios.

La conclusión inmediata es evidente: Ebola es un símbolo del inmenso poder del mundo microscópico, pero no es único, y la gran amenaza reside probablemente en la destrucción ambiental, la movilidad humana, la pobreza absoluta de cerca del 45% de la población mundial, que son, en últimas, los factores desencadenantes del poder viral.

Quizá el fenómeno de los «virus emergentes» consiga que las naciones desarrolladas y ese 20% de la población que controla el 80% de la riqueza del planeta entiendan y asuman la responsabilidad que les corresponde en la construcción de un mundo equitativo y solidario, si no por razones de ética, entonces porque, dadas las características del ecosistema humano actual, les va en ello su propia salud y bienestar futuros.

**Martha Patricia García**  
Microbióloga  
Universidad de los Andes

#### **Fuentes**

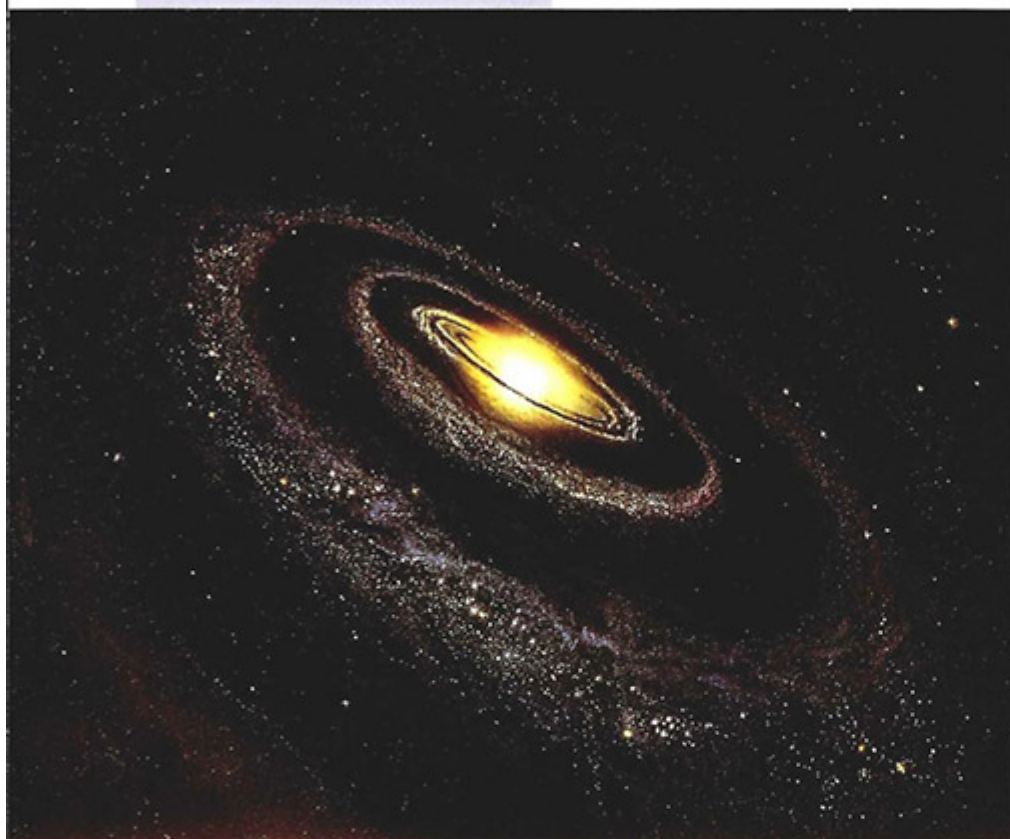
*Science et Avenir*, febrero 1994.  
*Science*, diciembre 1994.



**Si no estas pensando  
en mudarte  
cuida tu casa  
El mundo es tu casa.**

# Primera Escuela Nacional de Astrofísica

## y formación de la Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica



En los últimos cinco a siete años las condiciones para hacer investigación en astrofísica han cambiado considerablemente tanto a nivel nacional como internacional. En Colombia contamos con varios grupos que se han destacado por una producción científica de alta calidad; se comienza a ver trabajo original y, más importante aún, existe un gran interés por los temas relacionados con la astrofísica. Ante el vertiginoso aumento en la cantidad de datos astrofísicos a nivel internacional, existe el gran reto para nuestros investigadores de seguir un ritmo de producción actualizado y de alta calidad.

La entrada en marcha de las redes electrónicas en Colombia es un ejemplo muy positivo que ha tenido y seguirá teniendo un gran impacto en las actividades de los grupos de investigación. Hace sólo unos pocos años era inconcebible pensar que en nuestro país se pudiera estar analizando simultáneamente con colegas de países más desarrollados los datos recién salidos de una misión espacial de muchos millones de dólares. Hoy estamos viviendo esta realidad en algunas de nuestras universidades.

Reconociendo la existencia de nuevos grupos de investigación en astrofísica, el nuevo panorama de oportunidades a nivel internacio-

nal y el gran potencial que presenta esta área de investigación, el Centro Internacional de Física y el Departamento de Física de la Universidad de los Andes convocaron la Primera Escuela Nacional de Astrofísica, con el ánimo de conocer más profundamente nuestro trabajo en el área y también con el interés de buscar mecanismos de cooperación para fortalecer mutuamente nuestro trabajo de investigación y docencia. El evento se realizó en la Universidad de los Andes en Bogotá, del 28 de noviembre al 1 de diciembre de 1994. Se hicieron exposiciones sobre investigaciones en astronomía, ciencias planetarias, relatividad general, ciencias del espacio, cosmología y astrofísica. Copias de las memorias (*De la astronomía a la cosmología. Estudios y resultados recientes*, Sergio Torres, ed.) se pueden adquirir en el Centro Internacional de Física. La próxima Escuela Nacional de Astrofísica está programada para

el primer semestre de 1996 en Medellín.

Un balance objetivo de los resultados de los cuatro días de la Escuela revela el éxito logrado. Contamos con 65 participantes de varias regiones del país y 4 internacionales (1 de Barranquilla, 37 de Bogotá, 10 de Bucaramanga, 8 de Cali, 7 de Medellín y 2 de Ibagué, así como 1 de Brasil, 1 de España y 2 de El Salvador). En espacios programados *ad hoc* se hizo un balance de la situación actual de los grupos de investigación y se creó la Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica. La Red promete ser un mecanismo muy oportuno para garantizar el crecimiento coordinado de los grupos y así poder responder a las necesidades del

**A**ctualmente existe  
el reto para nuestros  
investigadores  
de seguir un ritmo  
de investigación y  
producción en astrofísica  
acorde con las exigencias  
internacionales.

país de establecer programas de doctorados y al reto internacional de producir ciencia de primera clase. La Red está conformada actualmente por los grupos de investigación en astrofísica del Observatorio Astronómico y Departamento de Física de la Universidad Nacional, Universidad de los Andes, Centro Internacional de Física, Universidad de Antioquia y Universidad Industrial de Santander.

Mayor información sobre la red se puede obtener escribiendo un mensaje electrónico a:

storres@cdnet.uniandes.edu.co.

**Sergio Torres**

Coordinador, Red Nacional de Grupos de Investigación en Astrofísica

**UNICAM**  
ANALYTICAL SYSTEMS

**UNICAM**

ESPECTROFOTOMETRIA  
\* UV/VIS  
\* Absorción Atómica  
\* Plasma acoplado ICP  
\* Masas  
\* Infrarojo - FTIR  
CROMATOGRAFIA  
\* Gases  
\* Líquidos  
\* Electroforesis capilar  
TECNICAS COMBINADAS  
\* Cromatografía de Gases - Masas  
\* FTIR - Masas  
\* FTIR - Cromatografía de Gases  
\* FTIR - Termogravimetría

**PHILIPS**

ESPECTROMETRIA POR RAYOS X  
\* Longitud de Onda  
\* Energía dispersiva  
DIFRACTOMETRIA POR RAYOS X  
\* Multipropósito  
\* Investigación  
\* Control de Calidad  
MICROSCOPIA ELECTRONICA  
\* Barrido  
\* Transmisión

**MILESTONE**

SISTEMAS MICROONDAS  
\* Digestores  
\* Muflas  
\* Determinación de humedad/sólidos  
\* Reacción/síntesis orgánicas

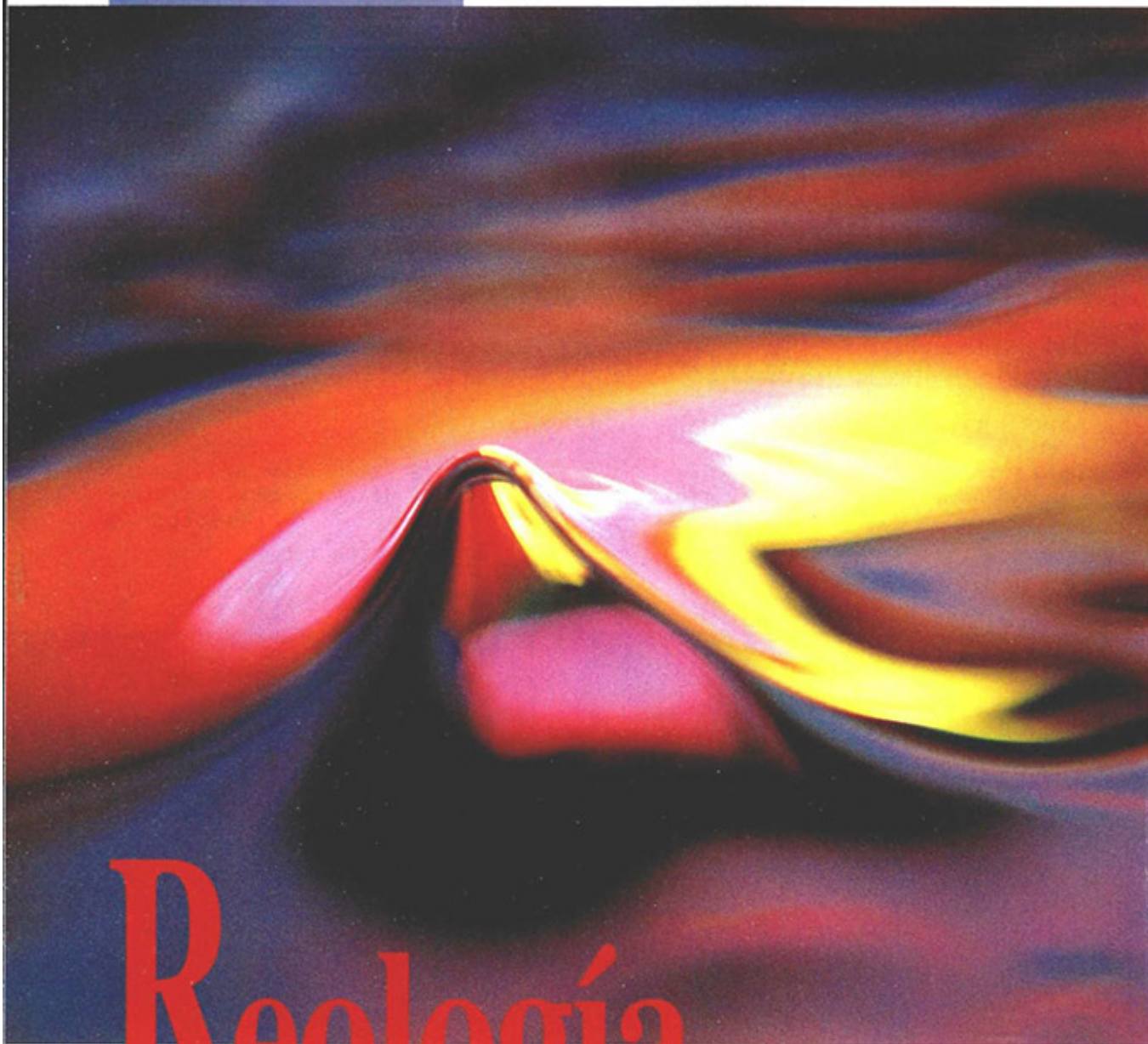
**PEAK SCIENTIFIC**

GASES PARA LABORATORIO  
\* Nitrogeno  
\* Hidrogeno  
\* Aire  
\* Compresores  
\* Bombas de vacío

**TECNOLOGIA SIN LIMITES**

**CIENCIA E INDUSTRIA**  
Productos y sistemas profesionales.  
Calle 13 N°.51 - 39. Apartado 4284, Tel. 2 600 600  
Ext. 226, Fax (91) 2 610 141, BOGOTA.

**PHILIPS**



# Reología y supervivencia

**L**a drosera, llamada también «rocío del sol», es una planta carnívora cuya capacidad de supervivencia depende de la combinación exacta de características reológicas.

Su nombre, rocío del sol, se deriva de las gotas de líquido pegajoso que segregan los tentáculos de la planta, las cuales brillan con el sol. Los insectos son atraídos por las gotas destellantes, pero al llegar a ellas son incapaces de escapar debido a la naturaleza adhesiva de las gotas. Los tentáculos se cierran entonces alrededor del insecto y las enzimas digieren a la infortunada víctima.

Las características de flujo y deformación de estas gotas son de vital importancia para la planta. El líquido debe tener una viscosidad tal que le permita fluir alrededor del insecto y atraparlo; debe ser lo suficientemente elástico para que ceda ante su lucha por liberarse y al mismo tiempo debe ser lo bastante fuerte para que al ceder no se rompa.

Existen en la industria numerosos materiales y productos terminados cuyas propiedades reológicas también son de vital importancia. Un recubrimiento que se aplica sobre un papel, por ejemplo, debe disminuir su viscosidad cuando se ve sometido a las altas tasas de corte que se dan justo durante la aplicación y debe llenar toda la superficie sin dejar huecos, pero luego de ser aplicado debe recuperar su viscosidad inicial. Sin embargo, ese recubrimiento una vez sobre el papel, queda sometido solamente a la fuerza de gravedad y a la tensión superficial, y con estas fuerzas el recubrimiento debe nivelarse muy bien para lograr un excelente brillo y/o acabado.

La tinta en un repuesto de bolígrafo debe disminuir su viscosidad durante la escritura para que dé la sensación de suavidad, pero una vez se deja de escribir, la viscosidad debe aumentar para que no se salga y cause acumulaciones

en la punta que luego producirán manchas. Por otra parte, la viscosidad en reposo debe ser la adecuada para que la tinta baje por el repuesto sin que se presenten discontinuidades. Estas características generales deben mantenerse dentro del amplio rango de temperaturas en que el bolígrafo puede ser utilizado.

Para estudiar las características de flujo y deformación de los materiales se utilizan instrumentos llamados reómetros. Existen básicamente dos tipos de reómetros: de tasa de corte controlada y de esfuerzo controlado. Los reóme-

**P**rocesar materiales  
en forma óptima y ofrecer  
productos terminados  
que satisfagan  
los requerimientos  
del consumidor son retos  
que impulsan el uso  
creciente de la reología  
en la industria moderna.

tros de tasa de corte controlada fueron los primeros que se desarrollaron. En ellos se dispone de un actuador que gira a una velocidad que se controla con exactitud; elementos de geometría definida se acoplan al actuador y se sumergen dentro de la muestra bajo estudio registrándose el torque generado.

Con este tipo de reómetros se pueden medir flujos dentro de un amplio rango de tasas de corte, pero obligados a tener siempre la muestra en movimiento.

En muchas de las situaciones reales lo que actúa inicialmente sobre un producto es una fuerza y lo que surge de la aplicación de esta fuerza es un movimiento. Sólo hasta años recientes se contó con la tecnología para reproducir con exactitud esta condición de trabajo y fue así como se desarrollaron los reómetros de esfuerzo controlado.

Muchos materiales tienen que ser sometidos a un esfuerzo antes de que comiencen a fluir; esto está determinado por la estructura interna del material y no pueden ser adecuadamente investigados con instrumentos de tasa de corte controlada. Aun si se trabaja a velocidades muy bajas, se estaría dañando la estructura que se pretende estudiar. Sólo los reómetros de esfuerzo controlado pueden incrementar el torque o esfuerzo hasta el momento en que el material cede, midiendo en ese lapso las características de interés, y también permiten hacer estudios con el material en movimiento.

Procesar materiales en forma óptima a los menores costos y ofrecer productos terminados que satisfagan los requerimientos de los consumidores son retos que han impulsado el uso creciente de la reología en la industria moderna. También es cuestión de supervivencia.

**David Mosquera**  
Ingeniero

Lanzetta, Rengifo & Cía. Ltda.



### INFORMATICA

#### Nuevos retos de velocidad para los computadores

**H**oy, cuando todavía nos sorprendemos por las velocidades y capacidades de memoria de las estaciones de trabajo o de los computadores personales que proliferan en todos los rincones de la sociedad, nos encontramos con un conjunto de proyectos y problemas científicos que están lejos de ser solucionados. Es el caso de muchas simulaciones utilizadas para estudiar problemas fundamentales en física, química o biología, o de aplicaciones más cercanas a la realidad cotidiana,

como tratar de predecir el estado del tiempo, para las cuales los límites de velocidad de las grandes máquinas actuales, alrededor de 100 gigaFlops (100 mil millones de operaciones de punto flotante por segundo,  $10^{11}$  Flops), no son suficientes.

Estas aplicaciones claman por computadores que puedan operar como mínimo a velocidades de los teraFlop (billones de operaciones de punto flotante por segundo,  $10^{12}$  Flops) o idealmente a velocidades de los petaFlop (miles de billones de operaciones de punto

flotante por segundo,  $10^{15}$  Flops). De acuerdo con una reciente publicación de *Science News*, esta situación presenta uno de los grandes retos, tanto para la ingeniería de computadores como para la microelectrónica, pues para lograr tales capacidades no sólo se necesitan nuevos componentes electrónicos (superconductores o quizá biológicos) capaces de trabajar a estas velocidades, sino muy posiblemente arquitecturas computacionales y de lenguajes muy diferentes a los actuales.

### ECOLOGIA

#### Tratamiento de desperdicios mediante descargas eléctricas

**I**nvestigadores del Centro de Fusión vía Plasma del Instituto Tecnológico de Massachusetts actualmente están realizando pruebas con un novedoso horno, en el cual una descarga de alto voltaje entre dos electrodos de grafito crea un plasma de iones y electrones de alta temperatura. El intenso calor en la vecindad de

este arco funde los materiales de desecho y destruye las moléculas orgánicas.

El proceso ofrece como ventajas una reducción significativa de la cantidad de gases residuales producidos en la incineración tradicional y la facilidad de manipular los residuos en forma de cristales en vez de cenizas.

El método es aplicable a desechos radiactivos, desechos hospitalarios, cenizas producto de incineración o basuras municipales.

Además el grupo investiga un proceso con plasma de menor temperatura para remover gases tóxicos del aire contaminado.

## PSIQUIATRIA

### Clave molecular para la esquizofrenia

**M**uchos casos de esquizofrenia, un desorden mental severo que disocia el pensamiento y la afectividad, podrían tener su origen en el suplemento inadecuado de una proteína que afecta las estructuras cerebrales involucradas en el aprendizaje y la memoria, de acuerdo con un estudio preliminar, realizado por un grupo de investigadores de la Universidad McGill en Montreal.

La sustancia, una forma de molécula de adhesión entre las neuronas, promueve el crecimiento y organización temprana del cerebro, antes y después del nacimiento. Posteriormente, esta

sustancia se localiza en diferentes estructuras que continúan cambiando hasta la edad adulta como resultado del aprendizaje, tales como el hipocampo.

David Barbeau, psiquiatra de la Universidad McGill en Montreal, y sus colaboradores obtuvieron muestras de hipocampo y lóbulo frontal de 10 cadáveres de personas que habían sido tratadas para esquizofrenia crónica, y de 11 muestras control de personas que nunca habían tenido desórdenes neurológicos ni psiquiátricos. Los investigadores identificaron en las muestras la molécula de adhesión mediante la utilización de un anticuerpo

que identifica las neuronas que la poseen.

El resultado del estudio muestra una disminución entre moderada y severa en el número de células productoras de la molécula de adhesión en parte del hipocampo de 8 de las muestras de cerebros con esquizofrenia, en comparación con uno solo de los controles. Este hallazgo podría reflejar una escasez de molécula de adhesión neuronal que se origina en el útero, y eventualmente desvía las conexiones dentro del hipocampo y otras áreas críticas en la organización del pensamiento y la memoria.

## TECNOLOGIA

### Las baterías pierden peso

**E**l peso de las baterías es una de las principales limitaciones para su utilización masiva. A ello se debe que muchas aplicaciones como los automóviles eléctricos, las sillas de ruedas motorizadas o los computadores portátiles presenten serias limitaciones.

El punto central del problema está en la densidad de energía, es decir, en cuánta potencia se puede almacenar en un pequeño espacio. Hablando en general, mientras mayor sea la densidad de energía, más liviana es la batería.

En el número de febrero 16 de la revista *Nature*, N. Oyama,

químico de la Universidad Agrícola y Tecnológica de Tokyo y sus colegas, describen un nuevo tipo de batería de litio recargable que tiene una densidad de energía máxima 50% mayor que las mejores baterías de litio comerciales.

Específicamente, la nueva batería opera con una densidad de energía de 600 vatios-hora por kilo, comparada con 400 para las baterías estándar de litio. Los ensayos muestran que las nuevas baterías funcionan bien en uso continuo. Aún después de 100 recargas conservaron del 80% al 90% de su capacidad original.

La clave de esta nueva batería está en un cátodo orgánico

compuesto, basado en una mezcla de dimercaptano y polianilina. "El uso de materiales orgánicos ha despertado interés", dicen los investigadores, ya que combinan altas densidades de energía con "bajo peso y buena resistencia mecánica".

Estas características mostrarán ser ventajosas en aplicaciones en las cuales el peso, antes que el volumen, es un factor crítico.

## MEDICINA

### El abuso de los rayos X y su incidencia en el cáncer de seno

El doctor John Gofman, profesor emérito de la Universidad de California en Berkeley, realizó en la década de los cuarenta investigaciones esenciales para el desarrollo de la bomba atómica. Irónicamente, hoy en día el doctor Gofman, basado en investigaciones y observaciones a lo largo de 50 años, sostiene que hasta el 75% del cáncer de seno que hoy observamos se debe al abuso de los rayos X en las últimas décadas.

Si este científico está en lo cierto, se estima que en los Estados Unidos 182.000 mujeres serán afectadas por cáncer mamario en 1995 y alrededor de 46.000 casos serán fatales. Gofman sostiene que muchos de estos casos se habrían prevenido si se hubiera limitado el uso de los rayos X en los últimos cincuenta años.

Afortunadamente los médicos han disminuido la exposición de los pacientes a los rayos X, lo cual resultará en una reducción del cán-

cer de seno en el futuro. Hace 50 años cualquier tratamiento radiológico implicaba la absorción de 400 Rads (unidades de dosis de radiación absorbida), comparado con 15 miliRads (milésima de un Rad) que es la dosis típica de absorción en un examen radiológico del tórax tomado actualmente.

Es indudable que la radiación ionizante ha sido implicada en el cáncer de seno. De los 41.000 habitantes que sobrevivieron en Hiroshima y Nagasaki, 295 presentaron cáncer de seno, o sea un 50% mayor que el promedio normal en Japón. Los críticos de Gofman afirman que sus aseveraciones son muy exageradas y que el contenido de grasa en la dieta, las hormonas y la herencia juegan un papel más importante que la exposición a los rayos X.

A raíz de las afirmaciones de Gofman, Fred Mettler, jefe de radiología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Nuevo México,

sostiene que lo peor que podría suceder es que las mujeres dejen de hacerse mamogramas.

Gofman, sin embargo, tiene algo de razón. La lista de usos y abusos de los rayos X en los últimos años es larga y diversa. Se utilizaron para el tratamiento de la neumonía, la bronquitis, la eliminación del acné y del vello facial y hasta para medir calzado. Si bien Gofman es algo exagerado, sus temores están bien fundados.

Aun cuando el público tiene muy presente la conexión entre los genes y el cáncer (recientemente se descubrió el gen BRCA responsable del cáncer mamario) y se está dando menos importancia a factores medioambientales, no debe olvidarse que la genética y el medio ambiente están íntimamente ligados y que el abuso de los rayos X en el pasado puede haber sido la causa de la gran incidencia de cáncer de seno en nuestros días.

## METEOROLOGIA

### El invierno ha deteriorado la capa de ozono

La capa de ozono del norte de la tierra sufrió un duro invierno este año. Según datos registrados por los sensores del satélite SBUV/2 de la NASA en marzo pasado, la capa de ozono de la atmósfera terrestre, en especial en el hemisferio norte, ha disminuido en forma muy significativa; la mayor pérdida ocurrió en Siberia, donde se registró una disminución del 35% con relación a los valores registrados en 1979.

Los instrumentos del satélite confirmaron que los químicos clo-

rados, especialmente el monóxido de cloro, han perforado la capa de ozono en el Ártico. Las temperaturas extremadamente bajas ocurridas durante el pasado invierno en esta zona contribuyeron a la pérdida del ozono mediante la creación de nubes de partículas congeladas en la estratosfera. Estas partículas proveen superficies adecuadas para la ocurrencia de reacciones químicas que transforman el cloro inactivo en monóxido de cloro.

También se encontró que la concentración de ozono ha dismi-

nuido en un 20% sobre Estados Unidos y sobre Europa en un 10%.

Los acuerdos internacionales para eliminar los elementos contaminantes que destruyen el ozono podrían ayudar a recuperar la capa en el próximo siglo; sin embargo los científicos esperan que en la próxima década la situación empeore debido a la acumulación de cloro y al enfriamiento de la estratosfera, como consecuencia del calentamiento de la atmósfera baja.

## BIOQUIMICA

### Deficiencia de selenio causa mutaciones en virus

Un grupo de científicos de la Universidad de North Carolina en Chapel Hill, bajo la dirección de la doctora Melinda A. Beck, reportó en la revista *Nature Medicine* de mayo que un virus benigno de la familia *Coxsackie* sufre mutaciones y se vuelve patógeno al carecer de cantidades mínimas del elemento selenio.

Este virus infecta anualmente a más de 20 millones de personas en Estados Unidos, causando desde leves molestias respiratorias hasta inflamaciones del corazón. Sin embargo, es tan benigno que sólo 10.000 personas se enferman cada año. Los científicos habían detectado que individuos que presentaban deficiencias de

selenio desarrollaban inflamaciones cardíacas tales como la enfermedad de Keshan.

Los investigadores de North Carolina encontraron que al introducir virus benignos en ratones cuya dieta carecía totalmente de selenio, se producían virus que al ser inyectados en ratones saludables causaban enfermedades coronarias. Al estudiar el ADN de estos virus encontraron mutaciones en seis sitios específicos. Los investigadores especulan que el virus cambia muy rápidamente en un ambiente que carezca de selenio, puesto que este mineral —un antioxidante— ayuda al organismo a defenderse de toxinas producidas durante el metabolismo.

El hecho de que estos virus de la familia *Coxsackie* y otros sufran mutaciones al infectar a individuos con dietas deficientes explicaría por qué constantemente aparecen nuevas cepas de virus de influenza en la China, en donde habitantes de ciertas regiones carecen de selenio en sus dietas. Los científicos inclusive llegan a especular que estas mutaciones explicarían el fácil paso de ciertos virus (el del sida, por ejemplo) de un hospedero a otro. Sabemos que el virus del sida primero infectó a unos micos en África y de ellos pasó al hombre, en regiones que presentaban dietas pobres en selenio.

## ELECTRONICA

### Microherramientas para escalar nanomontañas

El microscopio de barrido de tunelamiento (STM) se ha convertido en una herramienta esencial para analizar propiedades de superficies a la escala de átomos individuales. Este instrumento, usualmente de la talla de una uña, está provisto de pequeños motores que desplazan la punta de una aguja sobre una superficie varios centenares de veces por segundo. Esas velocidades de barrido, sin embargo, son demasiado bajas para que el aparato pueda ser utilizado como sensor para desplazar átomos y moléculas eficientemente y crear

dibujos de microcircuitos o almacenar cantidades masivas de información. Para poder lograr las velocidades requeridas es necesario miniaturizar aún más el dispositivo.

Después de nueve años de esfuerzos se ha podido fabricar el STM más pequeño del mundo, gracias a la misma tecnología que permite fabricar las pastillas de computador. "Como todo se hace en silicio, todo está integrado", dice Noel McDonal de la Universidad de Cornell. "Ahora sabemos cómo hacer estructuras de silicio suspendidas y cómo hacerlas moverse

en tres dimensiones, y lo podemos hacer a la escala de micras".

De un volumen apenas ligeramente superior a un milímetro cúbico, este STM microelectromecánico es accionado por motores, cada uno de los cuales tiene 200 micras de lado, y puede barrer una superficie un millón de veces por segundo. Este dispositivo, aunque todavía está muy lejos de la aplicación comercial, representa un paso muy importante hacia el objetivo de crear grandes conjuntos de esos instrumentos en una sola pastilla.

A night sky filled with stars of various sizes and colors, including several bright blue stars. In the foreground, the dark silhouette of a person's head and shoulders is visible, looking up at the stars. The overall scene is dark and atmospheric.

¿En qu

# ¿É un universo vivimos?

**Sergio Torres**

Observatorio Astronómico, Universidad Nacional  
y Centro Internacional de Física - CIF

Según los más recientes hallazgos del telescopio espacial Hubble, parece ser que la edad del universo entra en conflicto con los datos de edades de las estrellas más viejas en nuestra galaxia. ¿Está en peligro el modelo «Big Bang» del origen del universo? ¿Cuál es la edad real de nuestro universo? ¿Cuál es el estado actual de la cosmología frente a las nuevas observaciones realizadas por el telescopio Hubble de la NASA?

Las teorías sobre la estructura del universo a gran escala se basan en las observaciones cuidadosas de los astrónomos con instrumentos cada vez más poderosos. Es interesante anotar que cada vez que se perfecciona una técnica de observación o se usa un nuevo instrumento para observar el cosmos, aparecen sorpresas. Cuando Galileo, por ejemplo, utilizó por primera vez el telescopio para escudriñar las profundidades del cosmos, vio que la superficie de la luna tiene irregularidades, que Júpiter tiene satélites y que el sol tiene manchas.

El telescopio espacial Hubble es el instrumento más poderoso que se ha construido con el objetivo de observar el cosmos libre de las perturbaciones y efectos producidos por la atmósfera. Con este nuevo telescopio se han podido ver los efectos gravitacionales de posibles agujeros negros, se ha medido con mucha precisión la distancia a cúmulos vecinos de galaxias (y por tanto se ha podido inferir la edad probable del universo) y ha permitido avanzar en el problema de la materia oscura del universo.

## El debate en torno a la edad del universo

El universo no puede ser más viejo que las estrellas que lo forman, fue el argumento que lanzaron los físicos en contra del modelo del «Big Bang» cuando éste fue propuesto en la década de los años 30. Según el modelo de la gran explosión, el universo es finito y tuvo un comienzo donde la materia existente alcanzó densidades y temperaturas supremamente altas. Recordemos que el modelo se propuso

como una posible explicación a las observaciones de las abundancias de elementos livianos en el universo. Ya para los primeros años de la década de los 30 se había establecido con base experimental, que el universo está formado en un 75% de hidrógeno y un 25% de helio (los elementos más pesados, como los que se encuentran en la Tierra, constituyen menos del 1% de la materia en el universo). Esta observación necesitaba una explicación. En 1947 los físicos George Gamow, Ralph Alpher y Robert Herman de la Universidad de Georgetown en Washington propusieron que los núcleos de helio fueron formados por fusión nuclear en las primeras épocas de un universo que tuvo un comienzo caliente y denso. La posibilidad del origen del universo en una gran explosión, además, incorporaba en forma natural las observaciones de Hubble que demostraron en 1929 que el espacio está en expansión. Este modelo fue bautizado por Fred Hoyle en forma despectiva como el «Big Bang» o gran explosión.

En los cálculos originales de Gamow, Alpher y Herman aparecía una componente de energía en forma de radiación. En un gas de electrones, protones y neutrones a muy alta energía, tal como Gamow suponía que era el universo en sus comienzos, la energía en forma de radiación electromagnética es la que domina el sistema. Más tarde, cuando el universo se expande, la energía en forma de radiación deja de ser dominante y su temperatura correspondiente decrece. Esa energía en forma de radiación electromagnética (radiación cósmica de fondo, RCF), proveniente de los primeros instantes del Big Bang, es una de las predicciones más fuertes del modelo.

Por esos años, el modelo estacionario (es decir, el que sostiene que el universo no tuvo un comienzo sino que por el contrario es infinito), promovido por Hoyle, Bondi y Gold, tendía a ser favorecido por razones teóricas, ya que así como las variables espaciales exhiben simetría en el universo (éste es homogéneo e isótropo) se esperaba que así mismo sucediera con el tiempo. Pero un comienzo en el tiempo rompería

## **E**l debate en torno

### a la edad del universo y la constante de Hubble se reduce a las discrepancias existentes entre las diferentes determinaciones de distancia al cúmulo de galaxias de Virgo.

dicha simetría. Otro golpe fuerte en contra del Big Bang fue la inconsistencia de la edad calculada del universo cuando se comparaba con la edad de la Tierra: ¡el universo resultaba ser más joven que la misma Tierra! Más adelante se descubrió un error en el cálculo de la velocidad de expansión (constante de Hubble) y se pudo corregir dicha inconsistencia. Cuando en 1965 los radioastrónomos Penzias y Wilson del laboratorio Bell de Nueva Jersey, Estados Unidos, descubrieron accidentalmente la radiación cósmica de fondo, el modelo del Big Bang comenzó a ser tomado en serio y los mismos Hoyle y Gold reconocieron las virtudes

de este modelo y las limitaciones del modelo estacionario por ellos propuesto.

#### **La constante de Hubble**

Vivimos en un universo que cada vez se hace más grande, es decir, el espacio está en expansión. La geometría del universo es tal que si uno mide la distancia que separa dos galaxias cualesquiera, ésta aumenta en el tiempo. El aumento en la separación entre cualquier par de galaxias se debe a que existe una velocidad relativa de alejamiento entre ellas, y entre más alejadas se encuentren mayor será esta velocidad relativa. Por ejemplo, la velocidad con la cual se aleja una galaxia situada a una distancia de un millón de años luz de nosotros sería de 15 a 30 km/segundo. Una galaxia a dos millones de años luz se alejaría con el doble de velocidad, y así sucesivamente. Este hecho fue observado por el astrónomo norteamericano Edwin Hubble en 1929 y a la constante de proporcionalidad que da la velocidad en función de la separación se le llama constante de Hubble,  $H$  (velocidad =  $H \times$  distancia). Hubble descubrió esta ley midiendo la velocidad y la distancia de muchas galaxias en direcciones arbitrarias. La velocidad se obtiene mediante el corrimiento hacia el rojo de las líneas en el espectro de la luz proveniente de las galaxias. La distancia se calcula a partir de la luminosidad absoluta de estrellas variables del tipo Cefeida en la galaxia en cuestión.

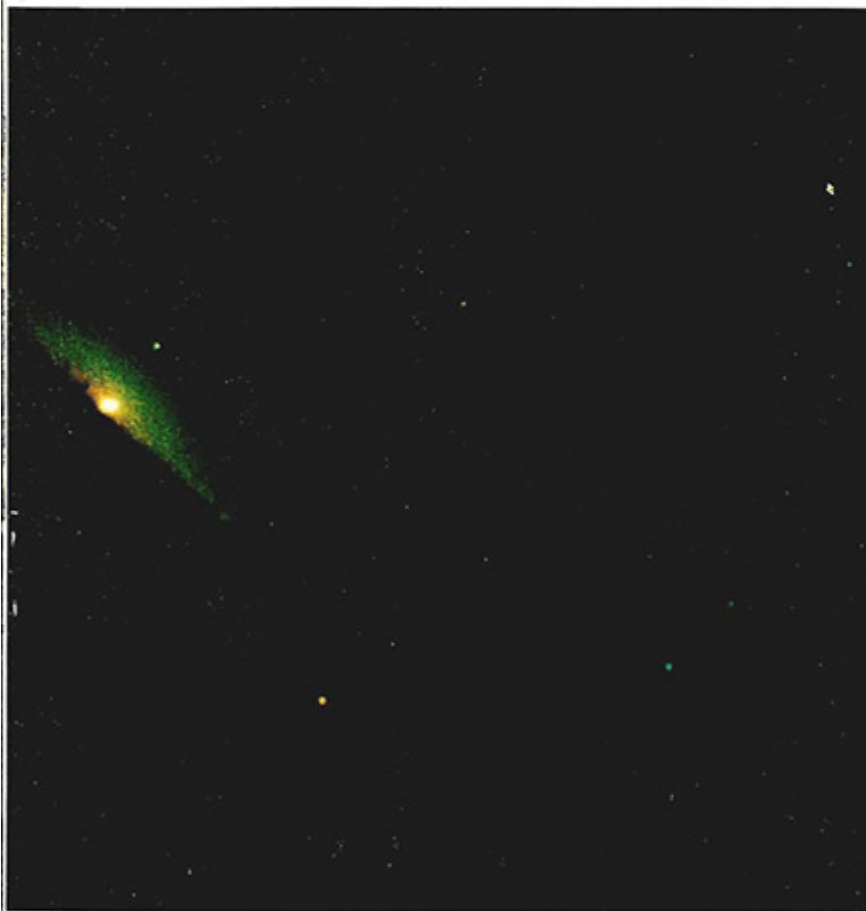
Las estrellas variables del tipo Cefeida tienen la propiedad de cambiar su luminosidad intrínseca en forma periódica (de 1 a 50 días) y además, su luminosidad viene determinada por el período de variabilidad. A mayor período mayor brillo, tal como fue descubierto por la astrónoma Henrietta Leavitt en 1912. Midiendo el período de variabilidad de una Cefeida variable se puede entonces conocer su luminosidad intrínseca. Al comparar el brillo intrínseco de una estrella con el brillo aparente (la cantidad de luz medida por un telescopio en la Tierra) se puede hallar la distancia a la estrella, ya que el brillo aparente de una estrella es el brillo intrínseco disminuido por un factor que depende del inverso de la distancia al cuadrado. De esta manera, las estrellas Cefeidas variables sirven como indicadores de distancia y son usadas para establecer una escala de distancias.

Sin embargo, para que sea útil el proceso descrito, la escala de distancias se debe calibrar haciendo mediciones de Cefeidas variables en galaxias cuya distancia sea previamente conoci-

da con mucha precisión mediante procedimientos diferentes. El problema de la calibración de distancias es el que ha dado mayor trabajo a los astrónomos que quieren medir la constante de Hubble.

Los cosmólogos tienen gran interés en el valor de H, debido a que ellos pueden decir cuál es la edad y el tamaño del universo a partir de H. Para percibir la relación que existe entre estas cantidades basta con pensar qué pasa si en este momento nos devolvemos en el tiempo haciendo que la expansión sea ahora hacia dentro. Como la velocidad de expansión es conocida por la ley de Hubble, podemos preguntarnos cuánto tiempo tomaría el universo en alcanzar el punto en el que todas las galaxias compartan el mismo lugar (separación cero o singularidad). Un cálculo muy sencillo revela que el tiempo desde radio cero hasta hoy (edad del universo) es el inverso de H. Con  $H = 15$  (km/segundo) por millón de años luz =  $1/(20.000$  millones de años), donde se ha usado  $1$  año luz =  $300.000$  (km/segundo)  $\times 1$  año, obtenemos para la edad

Galaxia espiral NGC-4565, en la constelación de Coma Berenices.



del universo,  $T = 1/H = 20$  mil millones de años. En orden de magnitud este resultado coincide con el número obtenido siguiendo un procedimiento más riguroso. Es muy común en la literatura científica encontrar la constante de Hubble H expresada en unidades de km/segundo por Mpc (megaparsecs), con 1 Mpc igual a un millón de parsecs que es equivalente a 3,26 millones de años luz. En estas unidades los valores de H que se han medido utilizando distintos métodos resultan agrupados en valores altos entre 75 y 80, y en valores bajos entre 45 y 50. Las edades del universo resultantes de estos dos grupos serían de 8 a 11 mil millones de años para el primero y de 18 a 20 mil millones de años para el segundo.

### ¿Qué tan lejano está Virgo?

Los ladrillos o «átomos» con los cuales está construido el universo son las galaxias. La Vía Láctea, que es donde se encuentra el sol con la Tierra, es una espiral formada primordialmente por nubes de hidrógeno y por unas 100 mil millones de estrellas como el sol. Toda esta materia se encuentra distribuida en una región en forma de disco con un radio de 50 mil años luz y participa de un movimiento de rotación a una velocidad de una vuelta en 780 millones de años. Se ha observado que debido a la acción de la gravedad, las galaxias tienden a formar grupos. Estos grupos o cúmulos de galaxias son los que forman las metaestructuras del universo y pueden estar formados por pocas galaxias o por cientos de ellas. La Vía Láctea es miembro de uno de esos cúmulos (el Grupo Local). El cúmulo más cercano al nuestro es el cúmulo de Virgo, que se encuentra a 50 millones de años luz de nuestra galaxia y se ha tomado como punto de referencia para la calibración de distancias.

El debate en torno a la edad del universo y la constante de Hubble se reduce a las discrepancias existentes entre las diferentes determinaciones de distancia a Virgo. La constante H es el cociente entre la velocidad de recesión de Virgo y la distancia que nos separa. Una vez que se conozca con precisión la distancia a Virgo se podrá establecer un valor firme para H. Precisamente las noticias recientes sobre la edad del universo obtenidas por Wendy Freedman mediante el telescopio espacial Hubble se refieren a la medición con este telescopio de la distancia a Virgo, por medio de la observación de varias Cefeidas variables en la galaxia espiral M-100 perteneciente a dicho

cúmulo. Según estas mediciones, la distancia a Virgo es de 55,4 Mpc y la constante de Hubble tendría un valor de 80 km/s por Mpc, lo cual implicaría una edad del universo demasiado corta (de 8 a 11 mil millones de años) y en conflicto con las edades medidas de las estrellas en cúmulos globulares de la Vía Láctea. Por otra parte, Michael Pierce también pudo identificar una Cefeida variable en la galaxia NGC-4571 de Virgo, usando el telescopio de Mauna Kea en Hawái. Los resultados de Pierce indican que efectivamente la constante de Hubble tiende hacia los valores altos.

Las estrellas más viejas de nuestra galaxia se encuentran en agrupaciones (llamadas cúmulos globulares) más o menos distribuidas simétricamente en torno al centro de la galaxia. La teoría de la evolución estelar, que está bastante bien establecida desde los años 30, proporciona las edades de estas estrellas y todo parece indicar que las hay tan viejas como 13-14 mil millones de años, mientras que la edad del universo recientemente inferida con las mediciones del Hubble es de tan sólo 8 a 11 mil millones de años. Parece que el modelo del Big Bang está en problemas.

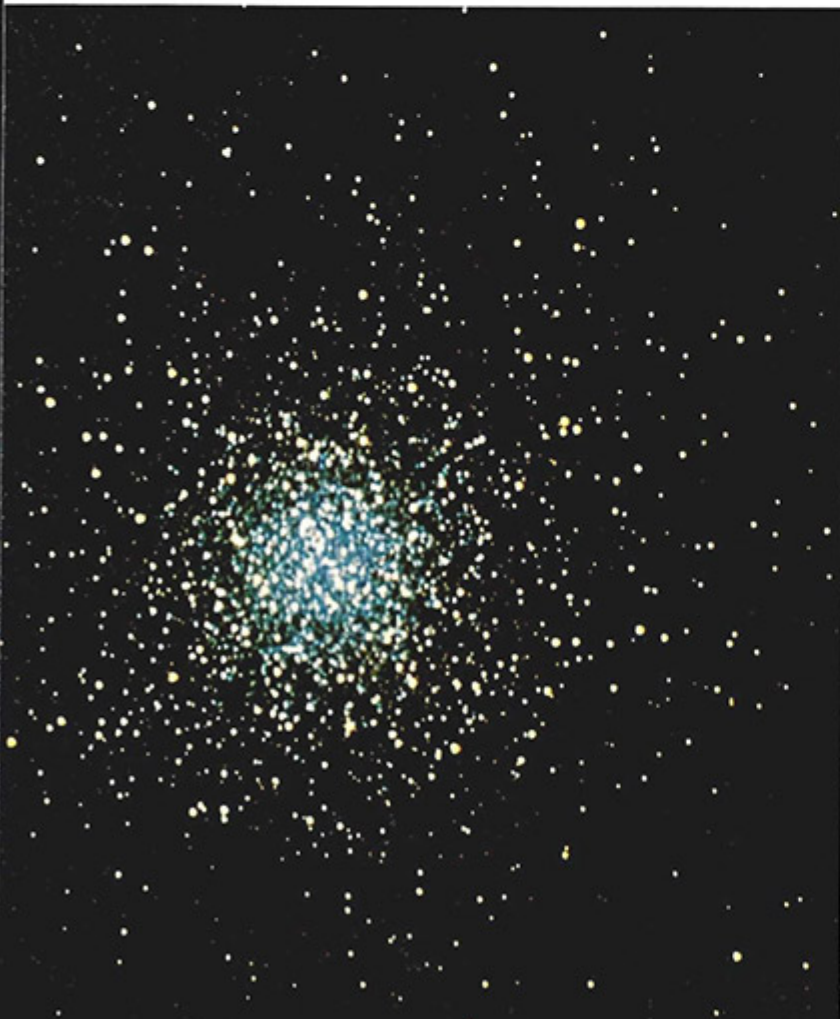
Cúmulo globular M-13, en la constelación de Hércules.

## ¿Realmente está en problemas el modelo cosmológico del Big Bang?

Antes de poder entender qué tan firme es el resultado de «9 mil millones» de años para la edad del universo obtenido por el Hubble y qué tan serias son las implicaciones para la cosmología, tenemos que revisar en detalle la incertidumbre en las mediciones y también debemos tener en cuenta los posibles efectos sistemáticos.

Obtener la distancia al cúmulo de Virgo a partir de pocas galaxias introduce errores sistemáticos porque las galaxias en el cúmulo presentan movimientos peculiares, el cúmulo es bastante grande y la galaxia seleccionada por el Hubble no pertenece a la parte central del cúmulo. Una cosa es la distancia al núcleo del cúmulo y otra cosa es la distancia a algunas de sus galaxias. Estas dos cantidades son diferentes y debido a los movimientos peculiares pueden presentar discrepancias hasta de un 20%. A los efectos gravitacionales locales en el cúmulo de Virgo debemos agregar los errores sistemáticos debidos a la atracción gravitacional de Virgo hacia el Grupo Local donde residimos. Nosotros somos atraídos gravitacionalmente hacia Virgo a una velocidad de 200 km/s; es decir, Virgo no está lo suficientemente lejano de nosotros como para poder medir la constante de Hubble libre de las perturbaciones de origen local.

Otra objeción a las mediciones del Hubble es la inconsistencia que resulta al comparar las distancias por el método de Cefeidas con otros métodos, como el de la luminosidad de las supernovas. El astrónomo Allan Sandage ha usado supernovas como indicadores de distancia y ha obtenido un valor para la constante de Hubble más pequeño (52 km/s por Mpc) que el encontrado por el método de las Cefeidas en Virgo. La edad del universo con esta nueva determinación de la constante de Hubble es de 18 a 20 mil millones de años, la cual no entraría en conflicto con las edades de las estrellas más viejas. Una supernova del tipo 'Ia' es lo que resulta de la explosión de una estrella enana blanca que absorbe la materia de una estrella vecina y al aumentar su masa por encima de 1,4 masas solares colapsa gravitacionalmente. En el proceso del colapso se genera una potentísima onda de choque que hace que las capas más externas de la estrella salgan despedidas en una gran explosión cósmica. El brillo de la estrella durante la explosión aumenta muchísimo y el brillo máximo de la explosión es constante para todas las supernovas del tipo



'la'. De aquí que constituyan una buena referencia de brillo para determinar distancias.

Un tercer punto que debemos considerar antes de saltar a conclusiones de dimensión cosmológica, es que al comparar la edad del universo con la de las estrellas en cúmulos globulares debemos conocer la incertidumbre en la edad de estas estrellas. Brian Chaboyer del Instituto Canadiense de Astrofísica Teórica ha demostrado en un estudio muy reciente que el cálculo de las edades de las estrellas en cúmulos globulares puede alcanzar errores hasta del 20%. Los factores que dominan este

error son la imprecisión con la que se conoce el mecanismo de transporte de energía por convección en la estrella e irónicamente los errores en la determinación de la distancia a estas estrellas. Al combinar las diferentes fuentes de incertidumbre en la determinación de las edades de las estrellas en cúmulos globulares, se encuentra que la edad absoluta de los cúmulos globulares más viejos está en el rango 11-21 mil millones de años.

Por último, debemos anotar que se han hecho algunas suposiciones en el momento de calcular la edad del universo a partir del pará-

## El proyecto GEM y la participación colombiana

¿Cuál es la masa del universo? ¿Existe la materia oscura? ¿En qué universo vivimos? ¿Cuál es su geometría? ¿Cómo se formaron las galaxias y metaestructuras? ¿Cuál es la edad y tamaño del universo? Estas son algunas de las preguntas fundamentales en astrofísica y cosmología que aún no han encontrado respuesta satisfactoria.

En Colombia se está llevando a cabo un proyecto de observaciones sistemáticas de la emisión difusa de radio de nuestra galaxia, con el fin de estudiar muy profundamente un sistema galáctico cercano y así poder contribuir a resolver algunos de los problemas fundamentales. El proyecto GEM (Galactic Emission Maps) es una colaboración internacional (Brasil, Colombia, Estados Unidos e Italia) formada con el interés de hacer mapas de la radioemisión galáctica a longitudes de onda larga.

El estudio de la galaxia no solamente nos dará informa-

ción sobre la distribución de la materia en la galaxia y sobre su campo magnético, sino que también permitirá hacer correcciones a los mapas existentes de radiación cósmica de fondo que están contaminados por la radiación de origen galáctico. El análisis de los datos de RCF libre de contaminación galáctica y el estudio de la dinámica galáctica con los datos del proyecto GEM ayudará a probar modelos cosmológicos con materia oscura y modelos de formación galáctica y formación de estructuras en el universo.

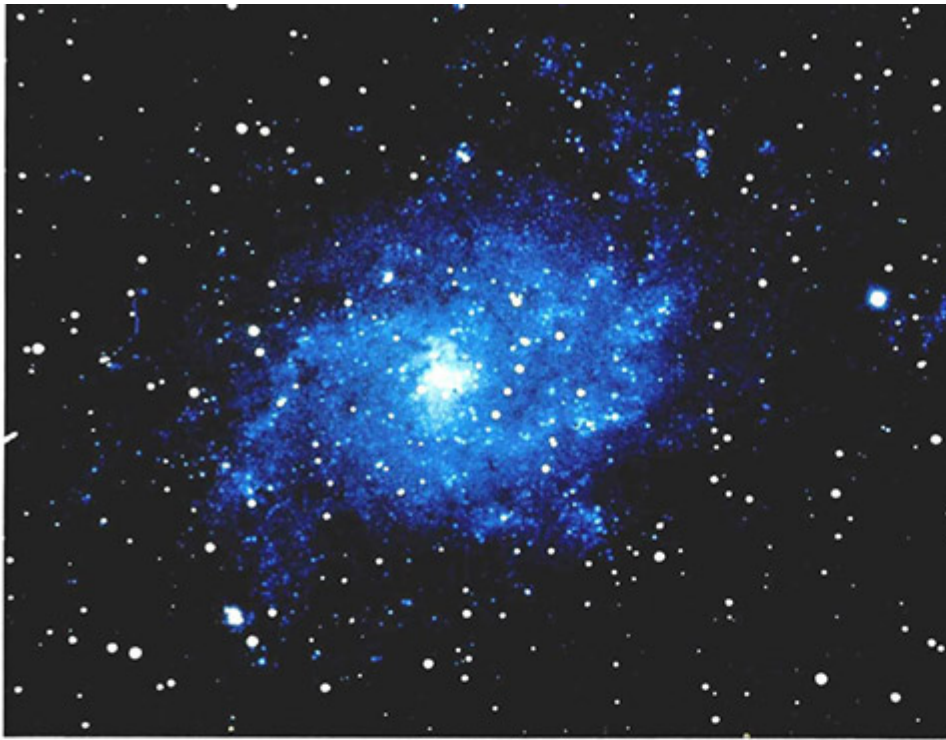
Los científicos colombianos, del Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional y del Centro Internacional de Física (CIF), bajo la dirección de Sergio Torres, se han propuesto la tarea de hacer los mapas galácticos más precisos que existen hasta el momento.

El grupo de astrofísica de Torres trabaja en cooperación con científicos de Berkeley (California), Brasil e Italia, y ya ha

completado más de mil horas de observación de la galaxia con el radiotelescopio GEM que funciona en cuatro frecuencias (408, 1465, 2300 y 5000 Mhz). Las observaciones se llevan a cabo desde las instalaciones del proyecto en el área de Villa de Leyva.

La emisión de radio percibida por el radiotelescopio GEM tiene origen en los electrones en movimiento en el campo magnético de la galaxia. Este proceso de radiación sincrotrón permitirá estudiar el campo magnético de la galaxia y la distribución y densidad de rayos cósmicos en el disco galáctico.

El conocimiento de la distribución de masa en la galaxia es esencial para poder resolver el problema de la materia oscura del universo, que es uno de los dilemas más serios que confronta la cosmología.



**Galaxia espiral M-33, en la constelación del Triángulo.**

metro  $H$ . En particular, lo que normalmente se hace es suponer que el universo tiene la suficiente masa para hacer que su geometría corresponda a la de un espacio plano. Esta elección viene sugerida por los modelos cosmológicos inflacionarios que explican la isotropía en la radiación cósmica de fondo. La edad del universo viene dada por  $b/H$ , donde  $H$  es la constante de Hubble y  $b$  un factor que depende de la geometría del universo. En un universo euclídeo  $b$  es cercano a 1. No sabemos cuál es

realmente la curvatura del universo. Este parámetro depende de la masa total en el universo y si nos basamos en la materia observable sólo encontramos un 2% de la materia necesaria para que el universo alcanzara a tener una geometría plana; es decir, su geometría es la de un espacio abierto de curvatura negativa.

Independiente de la geometría, existe otro parámetro teórico (la constante cosmológica  $\lambda$ ) que podemos ajustar para hacer la edad del universo más grande inclusive con un valor alto para  $H$ . Las ecuaciones sobre las que viene elaborado el modelo del Big Bang se basan en la teoría de la gravedad desarrollada por Einstein. Cuando se usa la Teoría General de la Relatividad

de Einstein para describir el comportamiento del universo, aparece en forma natural la expansión del espacio. En estas ecuaciones se puede usar el parámetro  $\lambda$  que actúa como una presión negativa y hace que el universo se expanda más lentamente y así su edad se hace mayor independientemente del valor de  $H$ .

Como se ha visto, la incertidumbre en las edades de las estrellas más viejas, los errores sistemáticos en las mediciones de la constante de Hubble, la incompatibilidad de

los resultados de la edad del universo con métodos alternos, y el gran número de suposiciones teóricas en el cálculo de la edad del universo, hacen que sea prematura cualquier afirmación categórica referente a la validación o rechazo del modelo cosmológico del Big Bang. Aunque quedan muchas dudas por resolver, el Big Bang sigue siendo la posibilidad teórica más atractiva para poder explicar coherentemente los hechos conocidos sobre nuestro universo: a) se expande, b) pasó por etapas calientes y densas de donde proviene la radiación cósmica de fondo, c) la radiación cósmica de fondo tiene una temperatura de 2,726 grados Kelvin y una distribución espectral característica de cuerpos en equilibrio termodinámico, d) existen macroestructuras en el universo, e) está lleno de hidrógeno y helio en proporción 75% y 25% respectivamente, y f) tiene una edad finita.

*(Para la investigación que ha realizado el autor sobre este tema se ha contado con el apoyo financiero de Colciencias).*

**El Big Bang sigue siendo la posibilidad teórica más atractiva para poder explicar coherentemente los hechos conocidos sobre nuestro universo.**

#### **Bibliografía**

*Torres, Sergio (ed.): De la astronomía a la cosmología. Estudios y resultados recientes. CIF y Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1995.*

# Declaración final X Convención Científica Nacional

Manizales, mayo 27 de 1995

**L**a X Convención Científica Nacional, reunida en Manizales, convoca a la sociedad colombiana a iniciar un proceso de largo plazo que permita modificar su actual modelo de desarrollo, basado en un sistema de producción y modelos de consumo altamente contaminantes, e intensivos en el uso de recursos naturales, e instaurar uno fundamentado en el desarrollo humano sostenible, basado en el principio de que la producción y el consumo presentes no deben comprometer la producción y el consumo de futuras generaciones, por la inadecuada utilización de nuestra riqueza natural.

Colombia enfrenta innumerables problemas en las esferas política, social y económica, los cuales debe resolver si pretende alcanzar la sostenibilidad de su desarrollo. Los principales y más claros indicadores son la violencia, el narcotráfico, la inseguridad, la pobreza, la indigencia, la baja competitividad de nuestra producción, la dependencia, el desempleo, la concentración de la riqueza y la poca capacidad de la clase dirigente.

Pero, seguramente, el principal problema, del cual se derivan todos los demás, es la pobreza. El mayor contaminante político, social, económico, cultural, es la miseria asociada con el desempleo. Su erradicación constituye un prerrequisito para cualquier desarrollo humano sostenible. Para ello se requiere decisión, voluntad y acción política, tanto por parte del sector público como del privado.

Frente a los retos presentes y futuros, la X Convención Científica Nacional hace un llamado al pueblo colombiano para que ejecute una acción concertada sobre la base de dos grandes propósitos, los cuales, de cumplirse, contribuirán decididamente al desarrollo humano sostenible:

1. La expansión y fortalecimiento cualitativo del sistema educativo colombiano en todos sus niveles. En la educación está la clave de nuestro desarrollo. Eliminación del analfabetismo, cubrimiento de la educación básica hasta el noveno grado para toda la población, pertinencia y expansión de la educación superior, son objetivos que debemos alcanzar en los próximos cinco años. Todo lo anterior, con el reconocimiento social y económico para maestros y profesores y con el compromiso de ellos en lo que respecta a calidad.
2. La creación de una masa crítica de investigadores y el fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología que incluye el fomento a la investigación básica social y aplicada y un claro esfuerzo hacia la apropiación social de la ciencia. La raíz de nuestro

desarrollo político, social, económico y cultural, está en la capacidad científica y tecnológica del país. Su nivel educativo está relacionado con su capacidad científica, y su nivel productivo, con su capacidad de innovación y cambio técnico. Lo anterior conlleva al compromiso de la comunidad científica con los problemas y con la realidad colombiana. Sin ciencia y tecnología no hay futuro.

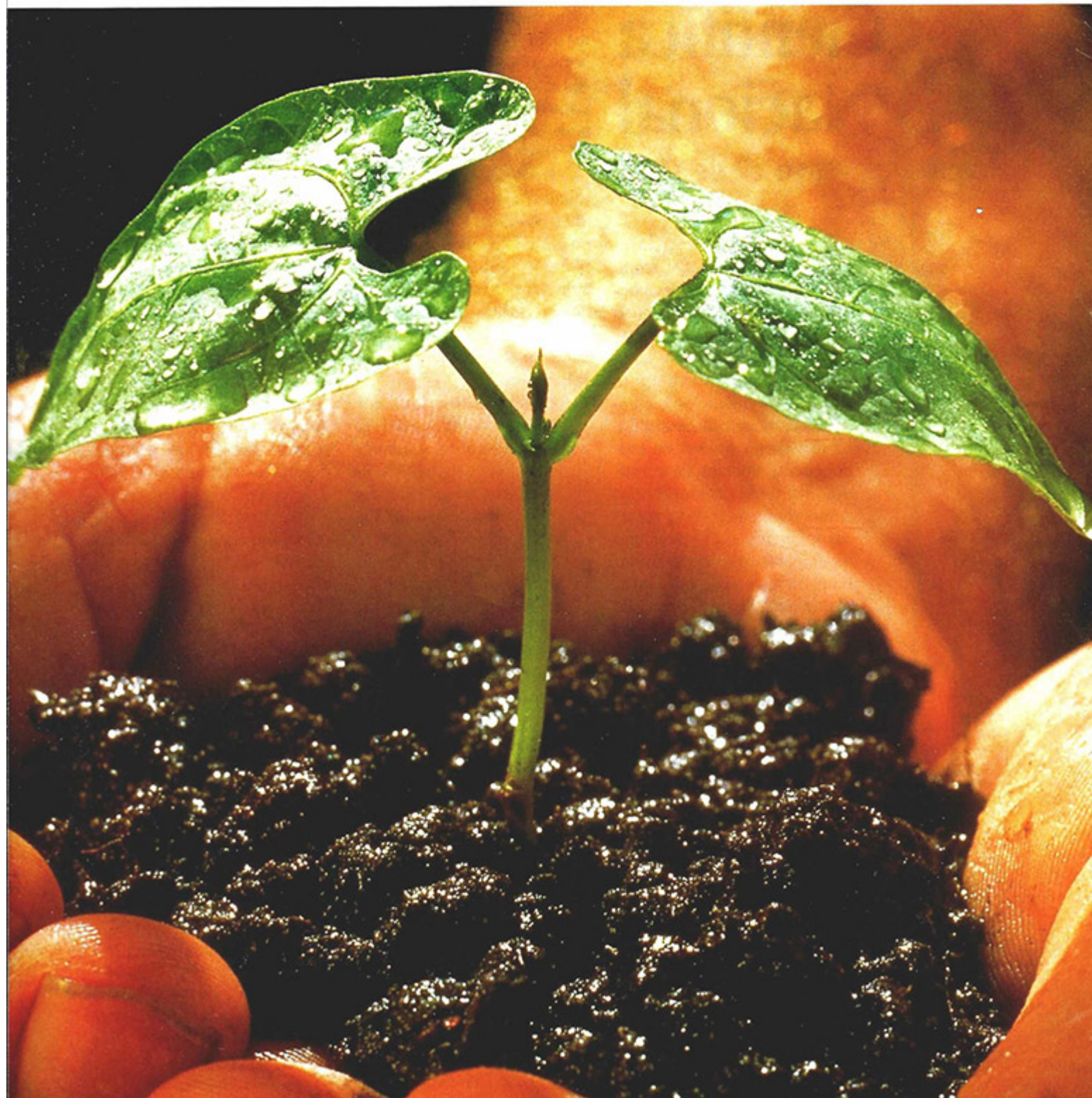
El desarrollo humano sostenible plantea una interdependencia entre el entorno natural y el desarrollo humano, lo que implica que el aumento del nivel de vida de la población debe considerar que la base de los recursos naturales es finita. Lo anterior determina que el desarrollo científico y tecnológico deba construirse a través de innovaciones que concilien lo finito con lo productivo.

La biodiversidad no será verdaderamente nuestra, aunque los recursos genéticos se encuentren en nuestro territorio, si no contamos con los científicos e ingenieros que hagan posible conocerla, conservarla, utilizarla y enriquecerla.

Los dos grandes propósitos arriba expuestos constituyen los pilares para la construcción de una sociedad colombiana más equitativa, más sostenible, más participativa y más democrática. No una sociedad virtual sino una sociedad real.

La declaración que hoy hacemos, en el marco de esta X Convención Científica Nacional, es un llamado a todos los colombianos para que nos comprometamos con un verdadero desarrollo humano sostenible.

# Industria e ingeni



# ería genética de plantas

Mario Posada, M.D.  
Instituto de Inmunología,  
Hospital San Juan de Dios  
Santafé de Bogotá, D.C.

Hace sólo un poco más de una década se demostró por primera vez que era posible obtener plantas transgénicas, es decir, plantas en las que se introducen genes de otros organismos que les confieren propiedades novedosas. Aunque la modificación genética de plantas y animales se ha practicado desde las épocas de los primeros asentamientos humanos mediante cruzamientos entre las distintas variedades de una especie, el proceso es lento y se circunscribe a la limitada variabilidad que se puede obtener de los genes presentes de esa especie particular. Sólo el conocimiento generado en los grandes centros de investigación en la última mitad de este siglo, que detalla los mecanismos y las moléculas involucrados en el

proceso hereditario, ha permitido que el proceso se realice de una manera predecible y reproducible<sup>3</sup>.

Las técnicas utilizadas para crear plantas transgénicas pueden ser tema de revisión de un artículo posterior. Sea suficiente por ahora decir que aunque durante muchos años sólo fue posible transformar plantas dicotiledóneas, en los últimos años se ha demostrado que es igualmente posible transformar monocotiledóneas, un grupo de plantas entre las cuales se encuentran varias especies que forman parte esencial de la dieta alimentaria del humano: los cereales. Con este adelanto podemos aseverar que es posible introducir y expresar (producir la proteína correspondiente) un gen determinado en cualquier tipo de planta.

La ingeniería genética constituye una herramienta de la que dispone el hombre para abstraerse de la naturaleza y modificarla, para bien o para mal.

Este artículo pretende mostrar algunas de las características que es posible conferir a las plantas transgénicas. La lista no es ni extensiva ni exclusiva, y por ser presentada a manera de introducción al tema, no pretende entrar en mayor detalle técnico ni científico. Más bien puede ser una invitación a los lectores interesados para profundizar en esta materia. Lo que sí deseo resaltar, a riesgo de sesgar la presentación, es el papel esencial que ha desempeñado la empresa privada de los países industrializados al tomar esta tecnología en sus manos, abstrayéndola del ámbito exclusivamente académico y colocándola en un contexto en el cual jugará un rol importante en la economía mundial. Quizá lo que pretendo es que este énfasis sirva de ejemplo a los habitantes de un país que, dadas las ventajas competitivas que sus condiciones naturales le ofrecen, podrá sacar un enorme provecho económico y social de la aplicación de esta tecnología.

## Resistencia a plagas

**Resistencia a insectos:** Varias estrategias se han utilizado para conferir a las plantas resistencia a los insectos que las atacan. Una de estas estrategias consiste en transformar la planta con genes que codifican para las toxinas insecticidas producidas por la bacteria *Bacillus thuringiensis*. El primer uso exitoso de esta técnica fue reportado en 1987 por la compañía belga Plant Genetic Systems. Los genes que codifican para las diferentes toxinas identificadas hasta el momento han sido introducidos y expresados en varios tipos de plantas de interés comercial.

Recientemente, investigadores de la Ciba-Geigy en Estados Unidos han reportado pruebas de campo exitosas con plantas transgénicas de maíz resistentes a infestaciones severas del insecto *Ostrinia nubilalis*<sup>5</sup>, un lepidóptero cuyas larvas se alimentan de las hojas de la planta y luego taladran su tallo, que causa en ese país pérdidas anuales estimadas en US\$ 50 millones. Otros investigadores de la compañía Monsanto y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos han informado sobre plantas transgénicas de papa resistentes al ataque del escarabajo *Leptinotarsa decimlinea-*

ta, que al comerse las hojas de la planta causa allí pérdidas anuales estimadas en US\$ 100 millones<sup>9</sup>.

**Resistencia a virus:** Desde hace muchos años los agricultores han inoculado plantas con cepas poco patógenas de virus con el ánimo de estimular en la planta una respuesta que le confiera resistencia a virus altamente patógenos. Esta «vacunación» en las plantas ha recibido el nombre de protección cruzada. Aunque se desconoce el mecanismo involucrado en este tipo de protección, se han propuesto varias teorías. La más aceptada propone que la cubierta proteica del virus «vacuna» encapsula el ácido nucleico de la cepa virulenta después de que éste ha sido introducido en la célula, impidiendo su replicación.

La protección cruzada, sin embargo, no es una técnica libre de problemas. Por una parte, se han reportado casos en los que la cepa «vacuna» muta y se convierte en una cepa más virulenta que aquella contra la que se pretendía proteger a la planta vacunada. Por otra, y aunque la evidencia no es clara, se cree que el virus «vacuna» pueda recombinarse con otra cepa de virus no relacionada para dar origen a cepas nuevas de virus completamente desconocidos. Dada la alta tasa de mutación de los virus, las posibilidades de que esto ocurra no son del todo lejanas. De ahí que la investigación se haya dirigido hacia la expresión de componentes virales subunitarios, es decir, de alguna(s)

de las proteínas que forman parte de la partícula viral pero que por sí solas sean incapaces de causar la enfermedad.

La primera aproximación en este sentido la dieron investigadores de la Universidad de Washington y de la compañía Monsanto, quienes insertaron en plantas de tabaco el gen que codifica para la cubierta proteica del virus del mosaico del tabaco (VMT). Las plantas transgénicas demostraron ser resistentes a la infección experimental por VMT<sup>10</sup>. Actualmente existen muchos tipos de plantas transgénicas que expresan genes de cubiertas proteicas de virus que las atacan, y han demostrado ser resistentes, en grados variables, a la infección viral<sup>1</sup>. Este es sin duda uno de los grandes avances



de la biotecnología agrícola, y aunque todavía quedan dificultades técnicas por solucionar, esta tecnología está a punto de ser una realidad comercial.

**Resistencia a hongos:** Dos mecanismos están siendo utilizados para conferir a las plantas resistencia a varios hongos fitopatógenos. La primera estrategia se basa en la búsqueda de mecanismos específicos que intervienen en la relación planta-patógeno. Para ello es imprescindible conocer, en exquisito detalle, el mecanismo molecular utilizado por el hongo para infectar a su hospedero. Tal es el caso de algunos cultivares de maíz, en los cuales se ha encontrado un gen que codifica para una proteína que detoxifica la toxina producida por el hongo *Helminthosporium carbonum*<sup>4</sup>, de tal manera que los cultivares que posean este gen son resistentes a la infección por el hongo.

Sin embargo, para la gran mayoría de los cultivos, y en especial para los cultivos del trópico, las relaciones planta-patógeno son completamente desconocidas. Por ello una segunda estrategia busca inducir en estas plantas resistencia no específica a los hongos patógenos. Dado que no son específicas a un patógeno determinado, se considera que las estrategias de resistencia inespecífica son más

**E**n los últimos años  
se ha logrado  
modificar  
genéticamente plantas  
que forman parte  
esencial de la dieta  
alimentaria  
del ser humano.



fácilmente burladas por los hongos. No obstante, se han logrado grandes avances con la introducción de genes que codifican para unas enzimas denominadas quitinasas en diversos tipos de plantas. Las quitinasas son enzimas que rompen los enlaces que forman la quitina, componente estructural de la pared de la mayor parte de los hongos. En 1991, investigadores de la DuPont en Estados Unidos transformaron plantas de tabaco con el gen de la quitinasa, y demostraron que éstas eran resistentes a la infección por el hongo *Rhizoctonia solani*, un hongo que causa putrefacción en raíces y tallos de muchas especies de plantas<sup>2</sup>. Dada la importancia de los hongos fitopatógenos en cualquier tipo de cultivo comercial,

muchos otros grupos de investigación, tanto a nivel académico como comercial, están buscando otras estrategias que ayuden a controlar ataques por parte de hongos.

Aparte de la búsqueda de resistencia contra plagas, existen muchas otras áreas de investigación en las que la ingeniería genética de plantas está logrando grandes avances. Algunas de estas se mencionan a continuación.

### Retardo en la maduración de los frutos

A mediados de 1994, la compañía norteamericana de biotecnología Calgene (con patrocinio de Campbell Soups) obtuvo de la FDA (Food and Drug Administration) una licencia para sacar al mercado la primera planta modificada genéticamente. Se trata de un tomate que ha sido llamado «Flavr Savr», que puede permanecer en los estantes del supermercado más del doble de tiempo antes de dañarse que un tomate normal. El truco genético utilizado por los investigadores de la compañía consiste en suprimir la expresión de una enzima, la poligalactouronidasa, cuya función en la fruta normal es la de romper los fuertes enlaces que unen las moléculas de las paredes celulares de las frutas, permitiendo la liberación de las

semillas<sup>7</sup>. Al actuar la enzima, la fruta madura cambia de color, sabor y textura, y su cubierta exterior se reblandece, facilitando la entrada de los hongos. Al detener la acción de esta enzima, los investigadores lograron un retardo en la maduración del tomate, lo que alarga su vida útil después de ser cosechado. Aunque el precio del Flavr Savr es casi el doble del de un tomate normal, y su utilización ha suscitado un gran debate en la sociedad norteamericana, se espera que éste sea el primero de una larga línea de productos agrícolas alimenticios modificados genéticamente.

Como otro ejemplo, Frito-Lay está trabajando sobre un tipo de papa con un contenido de almidón más alto que absorbe menos aceite al ser freída. En este sentido los investigadores han demostrado tener una imaginación bastante prolífica.

### Mejoramiento de la calidad de aceites vegetales

Una aplicación con mucho potencial consiste en modificar la estructura o composición de lípidos de almacenamiento de las plantas. Aunque las plantas acumulan más de doscientos tipos distintos de ácidos grasos, sólo una docena de éstos se acumulan a niveles significativos, los cuales difieren entre sí únicamente por la longitud de su esqueleto de carbono y su grado de insaturación. Por tanto, los primeros esfuerzos en esta área se han dirigido hacia el aislamiento de genes involucrados en la biosíntesis de ácidos grasos. Los aceites ricos en ácidos grasos saturados, como el ácido oleico, no se oxidan tan fácilmente como los insaturados y poliinsaturados, como los ácidos linoleico y linolénico, y tienden a tener mejores características organolépticas que éstos.

La mayoría de los aceites vegetales contienen más del 50% de ácidos grasos poliinsaturados, y requieren una hidrogenación química parcial si han de ser usados para cocinar. En la producción de margarinas se requiere una extensiva hidrogenación de los aceites vegetales. Durante los últimos diez años se han llevado a cabo varias investigaciones tendientes a desarrollar plantas transgénicas con una composición de aceite modificada<sup>6</sup>. Compañías como Unilever, Lubrizol, DuPont, Allelix, Pioneer HiBred International y Calgene ya están compitiendo activamente en este campo, patentando varios de sus inventos, que en algunos casos incluyen plantas transgénicas de soya y maíz con contenidos incrementados de ácido oleico, o contenidos menores de ácido esteárico y linolénico.

## Expresión de vacunas en plantas

Hasta hace pocos años todas las vacunas disponibles en el mercado consistían en organismos muertos o atenuados. Hace cerca de una década se creó la primera vacuna producida por ingeniería genética, la de la hepatitis B. La vacuna es una proteína de superficie del virus de la hepatitis B (HBsAg) producida en levaduras transgénicas y purificada a partir de grandes cultivos de éstas. Actualmente existe mucha investigación en este campo, con un énfasis dirigido hacia la producción de nuevas vacunas por métodos recombinantes. Aunque este método tiene muchas ventajas frente a los métodos de producción que pretende superar, adolece de una gran desventaja: su alto costo, que se debe primordialmente a la dificultad que implica purificar la proteína de la levadura que la produce.

Un proyecto de investigación conjunto entre la compañía Agristar y Texas A&M University ha tenido éxito al expresar la proteína HBsAg en plantas<sup>8</sup>. De poder probar que su método es efectivo para la producción de vacunas, y que éstas son tan eficaces como las producidas por otros métodos, los investigadores estarían detrás de un producto realmente novedoso. Las vacunas podrían ser producidas en frutos, lo

cual implica dos grandes ventajas: disminuiría tanto el costo de producción de la vacuna como el de su aplicación; de esta manera se podrían crear nuevas vacunas fácilmente disponibles para las poblaciones más alejadas de los países en vía de desarrollo, que son por lo general los que mayor necesidad tienen de estas vacunas.

El conjunto de posibilidades que ofrece la biotecnología de plantas es en realidad mucho más extenso de lo que se presenta aquí, y todos los días se amplía. Los productos nuevos que se están investigando son innumerables y varían desde plásticos biodegradables hasta rosas azules, pasando por plantas resistentes a ambientes extremos y plantas en las cuales gran parte de

su energía se canaliza en la producción de frutos y semillas. La genética que subyace a todos los organismos, y con la cual el hombre ha experimentado desde que domesticó las primeras plantas y animales, se ha convertido en **ingeniería genética**, una herramienta que tiene el hombre para abstraerse de la naturaleza que lo rodea y modificarla, para bien o para mal.

Sería una lástima que nuestro país ignorara las ventajas que posee para poner en marcha programas exitosos de investigación en biotecnología, y despertara de su letargo dentro de una década sólo para encontrar que debe comprarle a los países industrializados la tecnología que ha debido generar internamente.

.....

**De poderse producir vacunas en plantas transgénicas, se reducirían los costos de producción y de aplicación de la vacuna y aumentaría su disponibilidad.**

## Referencias



1. Baulcombe D: Novel strategies for engineering virus resistance in plants. *Current Opinion in Biotechnology* 1994; 5: 117-124.
2. Broglie K, et al.: Transgenic plants with enhanced resistance to the fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. *Science* 1991; 254: 1194-1197.
3. Horsch R, et al.: Inheritance of functional foreign genes in plants. *Science* 1984; 223: 496-498.
4. Johal GS, Briggs SP: The HMI disease resistance gene in maize encodes a reductase activity. *Science* 1992; 258: 985-987.
5. Koziel MG, et al.: Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 1993; 11: 194-200.
6. Kinney AJ: Genetic modification of the storage lipids of plants. *Current Opinion in Biotechnology* 1994; 5: 144-151.
7. Kramer M, et al.: Progress towards the genetic engineering of tomato fruit softening. *Trends in Biotechnology* 1989; 7: 191-194.
8. Mason HS, et al.: Expression of hepatitis B surface antigen in transgenic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 1992; 89: 11745-11749.
9. Perlak FJ, et al.: Genetically improved potatoes: protection from damage by Colorado Potato Beetles. *Plant Molecular Biology* 1993; 22: 313-321.
10. Powell-Abel P, et al.: Delay of disease development in transgenic plants that express the Tobacco Mosaic Virus coat protein gene. *Science* 1986; 232: 738-743.

# El café te vivifica

## Realza tu ánimo



\*Hay consenso general, en el sentido de que el consumo del café mejora el desempeño humano durante el ejercicio prolongado o de resistencia\*.  
Revista Sports Medicine. Vol. 15, No. 1, pp 14 - 23 (1993) Dr. DODD, COSIC - Centro de Información para la Ciencia del Café

-  Tu deporte, no importa cuál sea el que practiques, demanda de ti gran vivacidad, inteligencia, equilibrio, creatividad. Prepárate para hacerlo bien.
-  El café te ofrece la alternativa refrescante, que te reactiva después de la competencia. Lo importante no es ganar o perder; lo importante es disfrutar tu momento del deporte. Practica el deporte en tu vida.

TONO

**UN MENSAJE SALUDABLE DEL CAFE, PARA TI.**

**PROGRAMA  
EL CAFE Y TU SALUD  
CENTROS DE  
PREPARACION  
DE CAFE**





# Psicología

Rubén Ardila  
Departamento de Psicología  
Universidad Nacional de Colombia,  
Santafé de Bogotá, D.C.

Con el desarrollo social de los pueblos se ha empezado a pensar no sólo en la satisfacción cuantitativa de las necesidades básicas (alimentación, vivienda, educación y salud) sino también en la importancia de mejorar cualitativa y globalmente la calidad de vida.

La calidad de vida es un concepto multifacético, con implicaciones inter y multidisciplinares, que requiere un análisis detallado del problema de las motivaciones y necesidades humanas; por ello debe ser abordado desde diversas disciplinas como la psicología, la economía, la ecología, la demografía, la sociología y la filosofía.

Existe un gran interés por el problema de la calidad de vida en grupos específicos (por ejemplo, los ancianos, los niños, los estudiantes), que contrasta el énfasis excesivo de la psicología tradicional en la solución de déficits y no en el avance del individuo, y se ha intentado medir la calidad de vida utilizando instrumentos psicométricos y partiendo de conceptualizaciones diversas. Dichas aproximaciones han llevado a concluir que la psicología puede hacer una importante contribución en esta área del desarrollo social.

Tradicionalmente la psicología, sobre todo en su aspecto clínico, ha cumplido una función de carácter remedial y no preventivo, centrándose en la solución de problemas asociados con comportamientos desviados de la norma. En la actualidad, la terapia constituye la actividad básica más importante del psicólogo clínico; antes lo fue el diagnóstico, en tanto que la prevención y la investigación ocupan un lugar



secundario. Sin embargo, en el desarrollo de nuestra práctica profesional los psicólogos hemos aprendido a solucionar problemas y, a diferencia de nuestros vecinos en la jerarquía de las ciencias, estamos interesados no sólo en la comprensión del mundo sino también en la modificación de la conducta humana.

Gran parte del quehacer psicológico tiene que ver con áreas de déficit: retardos en el desarrollo; neurosis, psicosis, psicopatías; trastornos en el comportamiento familiar, social, laboral, ciudadano, etc. La educación también ha sido objeto de interés y estudio, sobre todo

# gía y calidad de vida

la de aquellos seres humanos que no consiguen alcanzar los estándares de su sociedad. En el campo industrial y organizacional se pide a la psicología que solucione problemas relacionados con la motivación de los empleados, el ausentismo laboral y la productividad.

Si pasamos al área social encontramos que los psicólogos intentan entender la sociedad y modificarla, pero a un nivel distinto del que concierne a la sociología. Se buscan las causas

de los problemas y se proponen soluciones. En algunos contextos se habla de "patología social", en otros de "diseño de culturas", pero siempre se insiste en la necesidad de empezar con un diagnóstico de la sociedad y se procede a proponer una terapia, que puede ser incluso *Walden Dos*<sup>19</sup> o *Walden Tres*<sup>1</sup>.

Citamos los ejemplos anteriores para indicar que, a lo largo de los 115 años de existencia de la psicología como disciplina independiente,

el trabajo del psicólogo ha sido remedial y terapéutico. Hemos buscado que las personas o los grupos con déficits en su comportamiento alcancen un nivel de «normalidad», es decir, que se comporten de manera estadísticamente igual. Sin duda esto es valioso y en muchos casos es una meta adecuada; pero es importante entender que existen niveles más altos de desarrollo, de avance, de realización personal, y que la solución de necesidades de déficit no agota el campo de acción de la psicología. Alcanzar la normalidad estadística no debe ser el objetivo único. Debemos avanzar hacia la consecución de una vida plena y la realización de nuestras potencialidades, y esto se asocia con las necesidades de crecimiento y da origen al concepto de calidad de vida.

## La calidad de la vida

Que se puede vivir en formas muy distintas y con diferentes niveles de calidad es un hecho de todos conocido, como también que hay vidas más positivas y autorrealizadas que otras. El concepto de calidad de vida es muy reciente, aunque, por supuesto, tiene antecedentes. Sin duda, para llevar una vida de «calidad» es preciso que se hayan satisfecho ciertas necesidades fundamentales relacionadas con la alimentación, la vivienda, la salud, el trabajo, la recreación y las relaciones interpersonales.



**Es importante entender que existen niveles más altos de desarrollo, de avance, de realización personal, y que la solución de necesidades de déficit no agota el campo de acción de la psicología.**

En el Primer Mundo (capitalista industrializado) y en el Segundo (comunista y excomunista) las necesidades básicas se han solucionado en diversos grados y con cierto nivel de eficacia. No sucede lo mismo en el Tercer Mundo (en vía de desarrollo), donde el concepto de calidad de vida es, obviamente, una preocupación fundamental, pero no se le ha dado el énfasis que merece, debido a la existencia de importantes déficits en las áreas básicas arriba mencionadas. Antes de pensar en vivienda y alimentación «de calidad» hay que tener techo y alimento. No obstante, el logro de una vida mejor es una cuestión que interesa a todos los habitantes del planeta.

En su libro *Social Indicators*, Bauer<sup>3</sup> analizó el impacto primario y secundario

de los programas de calidad de vida en los Estados Unidos; esfuerzo pionero que sirvió de base para estudios posteriores. Varios de los trabajos desarrollados más adelante (en Estados Unidos, Canadá, Inglaterra y otros países) se centraron en comparaciones estadísticas del número de médicos, enfermeras, maestros, escuelas, camas de hospital, etc., por habitante. Indudablemente se trata de datos de gran importancia, relacionados con la calidad de vida.

La necesidad de establecer indicadores sociales objetivos ha sido explicitada por los investigadores, pero no es tarea fácil. En sus estudios sobre áreas urbanas y calidad de vida en los Estados Unidos, Flax<sup>10</sup> utilizó los siguientes:

1. Porcentaje de la fuerza laboral actualmente desempleada.
2. Porcentaje de familias que ganan menos de US\$ 3000 por año (este era el nivel de pobreza en Estados Unidos en ese momento).
3. Ingresos per cápita, ajustados por el costo de vida.
4. Costo de una vivienda moderada para una familia de 4 personas.
5. Costo del transporte para una familia de 4 personas.

6. Muertes de niños, de menos de 1 año, por cada 1000 niños.
7. Suicidios por cada 100.000 habitantes.
8. Robos por cada 100.000 habitantes.
9. Número estimado de drogadictos por cada 100.000 habitantes.
10. Relación entre tasas de empleo para población blanca y población «no blanca» (un problema muy relevante en Estados Unidos).
11. Contribuciones per cápita a obras benéficas.
12. Porcentaje de la población en edad de votar que votó en las últimas elecciones presidenciales.
13. Número promedio de años de escolaridad de la población adulta.
14. Concentraciones anuales promedio de tres elementos contaminantes del aire y cambios en las concentraciones de las partículas.

Con base en estos 14 indicadores sociales, que sin duda tienen implicaciones psicológicas, además de ecológicas y económicas, se puede trabajar el problema de la calidad de vida en las poblaciones urbanas. Sin embargo, existen otros aspectos. Así, Bradburn<sup>4</sup> investigó el estado afectivo (positivo y negativo), con el fin de establecer un puntaje de satisfacción vital. Campbell y cols.<sup>7,8</sup> estudiaron muestras gran-



des de población, indagando acerca del grado de satisfacción en relación con: familia, trabajo, amistades, vivienda y salud, así como satisfacción con la vida en general.

Estos fueron trabajos pioneros que recibieron numerosas críticas, relacionadas sobre todo con los instrumentos de medición. Al parecer se concedía poco valor a una medida general de calidad de vida y se consideraban más importantes las medidas específicas, relacionadas con áreas concretas. También se cuestionó el que las medidas fuesen siempre subjetivas, haciendo énfasis en la necesidad de hallar mediciones objetivas de la satisfacción con la vida.

Desde entonces la investigación sobre la calidad de vida se ha refinado significativamente; se han analizado problemas de definición y medición, postulado teorías y explorado las relaciones entre la investigación y la política pública en el área. En la actualidad se considera que la calidad de vida se correlaciona con factores tales como el estatus socioeconómico, la participación social, las relaciones interpersonales, el estado civil, el ambiente comunitario y la salud, entre otros, y se estudia desde el punto de vista ecológico, psicológico y económico, para citar sólo los más importantes. Buena parte del esfuerzo se ha dedicado a la elaboración de escalas de satisfacción vital y su aplicación a poblaciones específicas. La calidad de vida en el trabajo ha merecido mucha atención, al igual que la de grupos especiales: individuos con retardo en el desarrollo, enfermos crónicos o terminales, ancianos y otros.

## Trabajo

Los conceptos de calidad de vida y trabajo han estado siempre relacionados. Las investigaciones en esta área son abundantes y han llegado a importantes conclusiones.

Las experiencias y los resultados laborales pueden afectar la calidad general de la vida tanto directa como indirectamente, debido a sus efectos sobre otros aspectos de la vida como las interacciones familiares, las actividades de ocio y recreación y los niveles de salud y energía. Greenhaus y cols.<sup>13</sup> utilizaron tres indicadores de bienestar personal: ajuste marital, conflictos entre el trabajo y la familia, y calidad de vida. Encontraron relaciones entre el ambiente de trabajo, los conflictos de roles, el tiempo dedicado al trabajo y uno o varios de los indicadores de bienestar;

las relaciones entre estas variables cambiaban en función del sexo, el grado de conflicto de roles y el compromiso con el trabajo.

El estrés y el interés en el trabajo también se correlacionan con la calidad de vida. El interés por la tarea se asocia con un alto grado de satisfacción y estabilidad: los empleados tienden a permanecer en un trabajo, incluso si es estresante, siempre y cuando la actividad que desarrollan les resulte interesante.

En 1984, Kalra y Ghosh<sup>14</sup> condujeron una investigación en la India, con el fin de averiguar los factores que en opinión de ejecutivos jóvenes y de edad madura contribuían a mejorar la calidad de vida en sus organizaciones. Los resultados mostraron que los sujetos daban más importancia a la relación ambiente-trabajo, a las interacciones con personas y a la seguridad en las condiciones laborales, que a los factores económicos.

Brief y Hollenbeck<sup>6</sup> estudiaron la relación entre organización tecnológica y social del trabajo y calidad de vida, concluyendo que las personas más satisfechas eran aquellas cuya actividad se caracterizaba por una gran complejidad y un alto estatus.

La investigación realizada por Arias Galicia<sup>2</sup>, de la Universidad Nacional Autónoma de México, encontró correlaciones significativas entre factores organizacionales (por ejemplo la claridad de las metas de la organización) y grados de ansiedad y felicidad en la vida familiar.

Existen además numerosas investigaciones sobre otros aspectos que influyen en la calidad de vida de los trabajadores, como la motivación, el horario, el trabajo en casa, el salario, las limitaciones impuestas por los hijos, etc. Se trata, indudablemente, de un área de gran desarrollo que ha recibido mucha atención por parte de expertos e investigadores.

## Adulterez y vejez

La vida humana es un continuo de evolución y, por tanto, es equivocado pensar que el desarrollo de las personas comienza al nacer y termina en la adolescencia. La verdad es que empieza en el momento de la concepción y finaliza con la muerte. Evolucionamos a lo largo de la vida, como niños, como adultos, como ancianos. De ahí la necesidad de entender el concepto de calidad de vida en un contexto evolutivo.

Existen numerosos estudios sobre ancianos y no tantos sobre adultos. Reich y Zautra<sup>18</sup> propusieron un enfoque (al que llamaron de "eventos causales diarios") para estudiar la cali-





dad de vida de los ancianos, el cual considera que ciertos aspectos de la vida cotidiana son afectados de manera diferencial por los procesos de envejecimiento. Los autores estudiaron el retiro laboral, la muerte de una persona significativa, la reubicación y la institucionalización.

Staats<sup>20</sup> empleó el concepto de "esperanza", entendido como la expectativa de eventos futuros deseables, afirmando que se trata de la diferencia entre afecto positivo y afecto negativo esperados. Aplicó las medidas de esperanza y de felicidad, y varias medidas globales de calidad de vida, a una muestra de adultos entre los 25 y los 72 años, y encontró que la edad se correlaciona positivamente con la esperanza y la felicidad. El afecto negativo esperado disminuye con la edad: a mayor edad, mayor esperanza de felicidad. El concepto de esperanza se correlacionó con otras medidas de bienestar en forma muy significativa.

La influencia del estatus marital, la forma de vida y el bienestar de los ancianos fue estudiada por Lawton y cols.<sup>16</sup> Los indicadores de bienestar empleados incluyeron funcionamiento cognoscitivo, salud, uso del tiempo, interacción familiar y con amistades, ambiente percibido y calidad objetiva del ambiente. El estatus marital resultó ser un factor positivo importante (mejor calidad de vida para personas casadas); los individuos que vivían solos eran más sanos, pero mostraban menos bienestar subjetivo; quienes vivían con hijos tenían menos competencia básica y menor bienestar subjetivo. En general, estar casado tenía más consecuencias favorables.

En nuestro artículo<sup>9</sup> sobre trabajo y retiro en América Latina, el concepto de calidad de vida y su relación con los problemas del retiro laboral se estudió en un contexto transcultural. Sin duda la calidad de vida de un anciano es diferente en Paraguay y en Suecia. La influencia de la red familiar de apoyo, las limitaciones económicas, el nivel educativo, los servicios médicos son todos factores que juegan un papel decisivo en la explicación de dicha diferencia.

## Educación

Como lo han demostrado muchos estudios, la calidad de vida se relaciona con la educación; se puede aprender a lo largo de toda la vida y la educación no tiene que ser privilegio de niños y jóvenes.

Bolton<sup>5</sup> analizó la aplicabilidad potencial de un estilo de vida para las personas mayores, que permita un crecimiento y desarrollo personal máximos, y conceptuó que la clave radica en lograr que la persona crea en su eficacia y participación, adoptando un estilo de vida proactivo que le proporcione mayor satisfacción y deseo de mantenerse independiente. La eficacia educativa y una filosofía proactiva constituyen precursores importantes para la adquisición



sición de conocimiento, de tal manera que ese aprendizaje se correlaciona con mejor salud en la vejez.

### Enfermedad

Es difícil pensar que personas con enfermedades físicas o comportamentales puedan tener un nivel alto de calidad de vida. Por tal razón se ha investigado este tema en enfermos terminales, pacientes de cáncer, individuos con problemas de cirugía, trastornos cardíacos y pulmonares, pacientes sometidos a diálisis y enfermos mentales, entre otros.

En lo relativo a pacientes terminales, merece especial atención el trabajo de Folts y cols.<sup>11</sup>, quienes encontraron que la terapia ocupacional puede contribuir a mejorar la calidad de vida de estos pacientes, y presentaron un modelo de cuidado hospitalario en cinco fases.

Franklin y cols.<sup>12</sup> evaluaron la calidad de vida de pacientes mentales. Describieron un modelo explicativo, para el caso de aquellos que viven en la comunidad, en términos de necesidades modificables mediante terapia, el cual incluye tres partes: indicadores objetivos de las situaciones vitales, satisfacción con esas situaciones y adaptación a las mismas. Los resultados señalan la importancia de las condiciones objetivas de vida y su relación con las escalas de adaptación.

Los dilemas que han surgido en los últimos años con respecto a la cirugía del corazón fueron discutidos por Omara<sup>17</sup>. El corazón artificial y los artefactos diseñados para apoyar el funcionamiento cardíaco han introducido dificultades nuevas, relacionadas con la calidad de vida de los pacientes: información y consentimiento, consecución de recursos, motivación para utilizar tecnologías avanzadas, etc.

En cuanto a problemas neuropsicológicos, cabe destacar el trabajo de Klonoff y cols.<sup>15</sup> con pacientes que habían sufrido heridas en la cabeza. La calidad de vida estaba relacionada con el puntaje inicial de estado de coma y con trastornos en las áreas de funcionamiento motor, memoria y habilidad constructiva. La gravedad del daño cerebral inicial y las secuelas motoras residuales presentaban una correlación negativa importante con la calidad de vida.

## Evolucionamos

a lo largo de la vida,  
como niños, como  
adultos, como ancianos.  
De ahí la necesidad  
de entender el concepto  
de calidad de vida en  
un contexto evolutivo.

---

### Conclusiones

Hace un par de décadas el tema de la calidad de vida no se consideraba dentro de las áreas de investigación psicológica. A nivel de praxis la labor de la psicología consistía primordialmente en solucionar déficits, no en fomentar el crecimiento y desarrollo personales. Hoy la situación es diferente, en buena parte gracias a los avances socioeconómicos, al interés por investigar nuevos problemas y a la adopción por parte de la psicología de un marco de referencia más amplio y sistemático.

Este nuevo campo de trabajo ha hecho evolucionar la psicología y la ha llevado a integrarse con otras disciplinas, ya que muchos problemas de

calidad de vida se relacionan directa e indirectamente con la ecología, la economía, la ciencia política, la filosofía y la antropología.

En el Tercer Mundo, que incluye la mayor parte de la población del planeta y la casi totalidad de África, Asia y América Latina, el concepto de calidad de vida no había sido investigado. No se pensaba que fuera relevante tener mejor nivel de vida, mejor educación, mejor vivienda, mejor alimentación; por el contrario, se luchaba por tener educación (buena o mala), vivienda (adecuada o no), alimentación (balanceada o no). La calidad de vida era un problema que interesaba a los pueblos e individuos que habían satisfecho sus necesidades básicas. Contar con un trabajo, una estabilidad y seguridad social mínimas, cierta planeación del futuro, constituían metas suficientes en el Tercer Mundo. No así poseer un empleo adecuado, garantías y derechos laborales, certeza del porvenir. Eso sería pedir demasiado...

Ahora hemos comenzado a adquirir una cosmovisión amplia, que considera que las necesidades humanas no se limitan a tener techo, alimentación, salud y educación básicos. Que los hombres y las mujeres del planeta necesitan realizar sus potencialidades, desarrollarse, avanzar, crear nuevos marcos de referencia y encontrar nuevos caminos. Que millones de personas nacen y mueren sin saber de la existencia de Beethoven, Einstein, Picasso, Darwin; personas cuya vida se limita al aquí y al ahora y no se atreven a mirar hacia adelante por miedo a no hallar respuestas a los problemas que los aquejan.

**Ahora hemos  
comenzado  
a adquirir una  
cosmovisión amplia,  
que considera que las  
necesidades humanas  
no se limitan a tener  
techo, alimentación,  
salud y educación  
básicos.**

Lo trágico es que se trata de la mayoría de los seres humanos durante la mayor parte de la historia. Sus problemas han estado con nosotros desde los comienzos de la humanidad y sólo muy recientemente hemos empezado a tratar de entenderlos y buscarles soluciones. Para la mayoría de hombres y mujeres de ayer y de hoy, la vida ha sido muy poco grata. Para ellos hubo y hay muy poca calidad de vida.

En esta área, como en todo camino nuevo que se comienza a transitar, existen más preguntas que respuestas. No sabemos a dónde nos conducirán las sendas que estamos empezando a recorrer. Sabemos que se trata de una tarea apoyada en dos pilares fundamentales: la ciencia, porque la psicología es una ciencia en el sentido más estricto de la palabra, y la relevancia social, porque los problemas de calidad de vida están entre los más relevantes de nuestra época. Esperemos que el enfoque científico que reconoce la importancia de la relevancia social encuentre respuestas a problemas que hace una generación nadie se atrevió siquiera a plantear.



**DIRECTORIO  
NACIONAL DE  
COMPUTADORES  
USUARIOS Y AFINES  
1995**

**SOLICITELO GRATIS PRESENTANDO  
CARTA EN PAPEL MEMBRETEADO**

<b>BOGOTA</b>	: Calle 100 No. 18-36 Of. 301
<b>BARRANQUILLA</b>	: Carrera 53 No. 76-79 Of. 220
<b>BUCARAMANGA</b>	: Carrera 32 No. 49-84
<b>CALI</b>	: Carrera 18 No. 10-65
<b>MANIZALES</b>	: Carrera 22 No. 25-57 P. 2
<b>MEDELLIN</b>	: Carrera 76 No. 33-8 Of. 201
<b>MONTERIA</b>	: Calle 25 No. 3-67
<b>NEIVA</b>	: Centro La Inmaculada L. 105
<b>PASTO</b>	: Calle 13 No. 24-83

**OTRAS CIUDADES FAVOR ENVIAR  
\$ 2.500 PARA PORTES DE CORREO**

**Referencias**

1. **Ardila R:** *Walden tres*. Ceac, Barcelona, 1979.
2. **Arias Galicia F:** *Some organizational factors and psychological quality of life*. *Organization Development Journal* 1984; 2: 2-3.
3. **Bauer RA (ed.):** *Social indicators*. MIT Press, Cambridge, 1966.
4. **Bradburn NM:** *The structure of psychological well-being*. Aldine, Chicago, 1969.
5. **Bolton C:** *Lifestyle management, proaction, and educational efficacy*. *Educational Gerontology* 1985; 11: 181-190.
6. **Brief AP, Hollenbeck JR:** *Work and the quality of life*. *International Journal of Psychology* 1985; 20: 199-206.
7. **Campbell A, Converse PE, Rodgers WL:** *The quality of American life*. Sage, New York, 1976.
8. **Campbell A:** *The sense of well-being in America*. McGraw-Hill, New York, 1981.
9. **Dulcey E, Ardila R:** *Work and retirement in Latin America*. In: Maddox GL, Busse EW (eds.): *Aging: The universal human experience*. Springer Publishing, New York, 1987.
10. **Flax MJ:** *A study in comparative urban indicators: Conditions in 18 large metropolitan areas*. The Urban Institute, Washington, D.C., 1972.
11. **Folts D, Tigges K, Weisman T:** *Occupational therapy in hospice home care: A student tutorial*. *American Journal of Occupational Therapy* 1986; 40: 623-628.
12. **Franklin JL, et al.:** *Assessing quality of life in the mentally ill: A three-dimensional model*. *Evaluation and the Health Professions* 1986; 9: 376-388.
13. **Greenhaus JH, Bedeian AG, Mossholder KW:** *Work experiences, job performance, and feelings of personal and family well-being*. *Journal of Vocational Behavior* 1987; 31: 200-215.
14. **Kalra SK, Ghosh S:** *Quality of work life: A study of associated factors*. *Indian Journal of Social Work* 1984; 45: 341-349.
15. **Klonoff PS, Costa LD, Snow WG:** *Predictors and indicators of quality of life in patients with closedhead injury*. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 1986; 8: 469-485.
16. **Lawton MP, Moss MS, Kleban MH:** *Marital status, living arrangements, and the well-being of older people*. *Research on Aging* 1984; 6: 323-345.
17. **Omara R:** *Dilemmas in cardiac surgery: Artificial heart and left ventricular assist device*. *Critical Care Nursing, Quarterly* 1987; 10: 48-55.
18. **Reich JW, Zautra AJ:** *Daily event causation: An approach to elderly life quality*. *Journal of Community Psychology* 1984; 12: 321-322.
19. **Skinner BF:** *Walden Dos*. 1948.
20. **Staats S:** *Expected positive affect in an adult sample*. *Journal of Genetic Psychology* 1987; 148: 357-364.

**NO SE ACEPTAN CHEQUES**

# DESDE HOY SON LO MAS EFECTIVO

Ahora recibiendo Cheques, obtenga las ventajas del pago en efectivo.

Afiliase a COVICHEQUE y deje que sus cheques sean seguros y efectivos.

**COVICHEQUE**®

*Su cheque efectivo*

BOGOTA: 2820384 CALI: 894625 MEDELLIN: 2419156 BARRANQUILLA: 325526 BUCARAMANGA: 425889 PEREIRA: 35157

## Premio Nacional al Mérito Científico

Septiembre 28 de 1995

*La ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA,  
con el auspicio de GRANAHORRAR,  
exalta la contribución que un ciudadano colombiano residente en el país haya hecho o esté haciendo  
al desarrollo científico y tecnológico del país.*

### Categorías

#### VIDA Y OBRA

La obra de un científico cuya vida haya estado dedicada a la ciencia.

#### JOVEN INVESTIGADOR

El trabajo de un investigador cuya actividad en los últimos 10 años haya constituido un aporte significativo al desarrollo científico y tecnológico del país.

#### DIVULGACION DE LA CIENCIA

La contribución destacada de un individuo o entidad a la divulgación o popularización del conocimiento científico y tecnológico en Colombia.

### Requisitos para la inscripción

1. Carta de presentación de alguna de las siguientes entidades:
  - Organismos nacionales dedicados al fomento de la ciencia y la tecnología
  - Universidades
  - Academias y/o asociaciones científicas y tecnológicas
  - El Consejo Directivo de la A.C.A.C.
  - Institutos y centros de investigación
2. Indicar a qué categoría se presentan
3. Hoja de vida que incluya:
  - Formación académica, pre y postgrados
  - Entidades donde ha trabajado
  - Cargos desempeñados y tiempo de servicio
  - Dirección y teléfonos

Fecha límite para recepción de material: Agosto 7 de 1995

100



# años de los rayos X

**Bernardo Gómez Moreno**  
Profesor Titular  
Departamento de Física  
Universidad de los Andes

Se conmemoran actualmente los 100 años del descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Konrad Röntgen, descubrimiento que marca el inicio de la segunda revolución científica, el nacimiento de la física moderna. Es el hallazgo de la física que mayor impacto directo ha tenido en la medicina. Con el descubrimiento de Röntgen nacen la radiología y la medicina nuclear y se inicia una tradición científica: los estudios de los físicos sobre la estructura de la materia ofrecen a la medicina muy importantes y novedosas herramientas de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

## El descubrimiento

Es el viernes 8 de noviembre de 1895. En la Universidad de Würzburg, en Baviera, Alemania, el rector de la Universidad, el físico Wilhelm Konrad Röntgen, ha concluido su período 94/95 al frente de la institución y se dispone a trabajar de lleno y con mucho entusiasmo en su investigación científica: ¿cuál es la naturaleza de los rayos catódicos? Estos rayos, que inquietan a Röntgen, vienen siendo objeto de estudio de tiempo atrás, pues en ellos se espera hallar la clave para comprender la electricidad. Röntgen sabe que su colega Philipp Lenard ha logrado recientemente extraer los rayos catódicos del tubo donde se generan (figura 1), sacándolos del tubo de vidrio a través de una muy delgada ventana de aluminio. ¿Cómo se comportan estos rayos catódicos en el aire fuera del tubo? ¿Qué tan lejos llegan? ¿Qué efectos tienen? Estas son las cuestiones que Röntgen desea investigar.

Wilhelm Konrad Röntgen está solo en su laboratorio al atardecer de aquel viernes 8 de noviembre de 1895. Sobre su mesa de trabajo está el carrete de inducción, carrete de Rühmkorff, conectado a las baterías y listo para operar. De los bornes del carrete de inducción salen los alambres a los electrodos del tubo de rayos catódicos, donde tiene ya un buen vacío de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  mm de Hg, que ha alcanzado con la bomba de mercurio de Sprengel. Alrededor del tubo de rayos catódicos coloca una cartulina negra, que envuelve completamente al tubo sin dejar ranura. Acaba de cerrar el interruptor activando así el carrete de inducción, cuando su vista capta un resplandor proveniente de una placa fluorescente, que casualmente está sobre su mesa de trabajo. El resplandor es notorio pues el laboratorio está ya bastante oscuro.

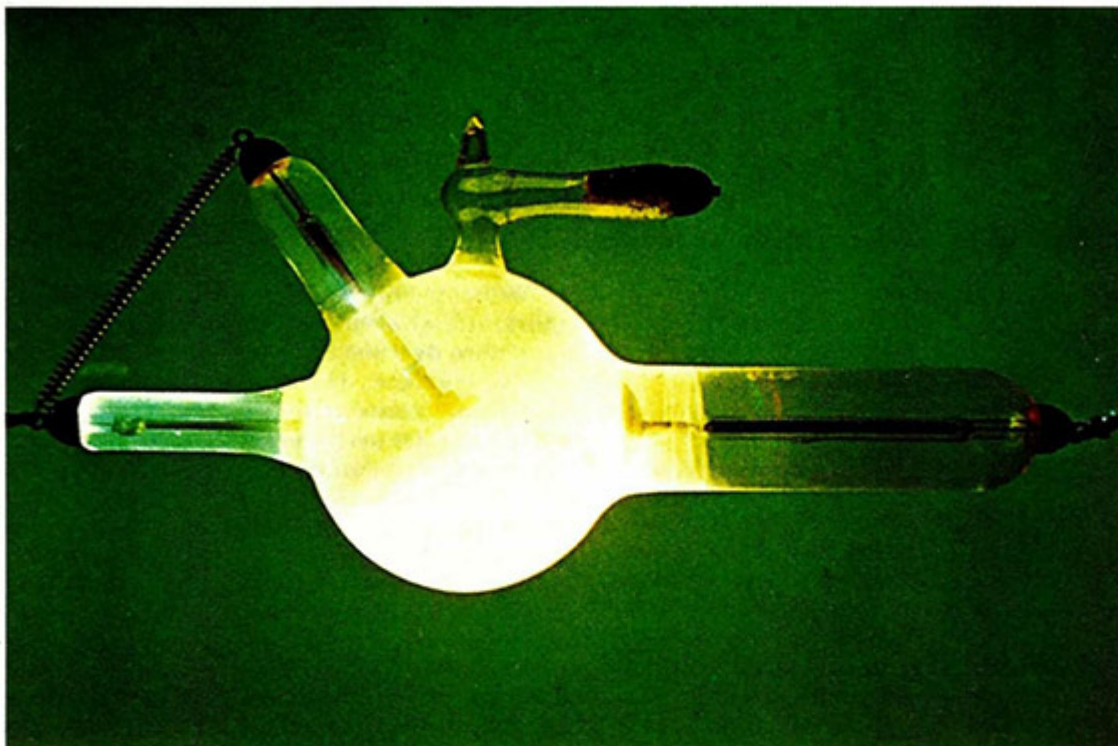
Röntgen cierra las ventanas del laboratorio y en plena oscuridad la fluorescencia es más notoria aún. Pero la fluorescencia es la respuesta del platinocianuro de bario de la placa a la luz que incide sobre ella: recibe luz y emite entonces un resplandor característico. Aquí Röntgen observa el resplandor sin que la luz incida sobre la placa,

en plena oscuridad. Röntgen está ante algo nuevo... ¿Qué es lo que excita al material de la placa fluorescente? El resplandor se ha iniciado al activar el carrete de inducción y con él su tubo de rayos catódicos. ¿Podrá ser éste el causante del efecto?

Conectando y desconectando una y otra vez el carrete de inducción confirma que efectivamente la fluorescencia observada en la placa de platinocianuro de bario es una respuesta a la actividad del tubo de rayos catódicos. Pero estando el tubo completamente cubierto por la cartulina negra, no hay luz que le pueda estar enviando a la placa fluorescente. Röntgen concluye que tiene que haber un agente desconocido, que partiendo del tubo de rayos catódicos, atraviesa la cartulina que envuelve al tubo y llega hasta la placa de

*“En la ciencia,  
en el campo  
de la observación,  
la casualidad sólo  
favorece a la mente  
preparada.”*

**Louis Pasteur**



*Figura 1. Tubo de rayos catódicos semejante al que utilizaba Röntgen cuando descubrió los rayos X.*

platinocianuro de bario activando la fluorescencia. Este agente tiene un alcance apreciable, pues al ubicar la placa fluorescente a varios metros de distancia del tubo, todavía obtiene claramente el resplandor. También tiene un gran poder de penetración en diferentes materiales: Röntgen ensaya con diversas cantidades de hojas de papel, con cuadernos, con libros, incluso con madera, ubicando el material como obstáculo entre el tubo de rayos catódicos y la placa fluorescente, y observa que el resplandor se mantiene, aunque su intensidad disminuye al aumentar la densidad y el espesor del material.

Ensayando así el efecto de diversos objetos, Röntgen llega al momento más glorioso de su vida, cuando pone su propia mano entre el tubo y la placa fluorescente. ¡Cuál no sería su sorpresa cuando en la placa fluorescente observa no la sombra normal, sino claramente los huesos de su mano! Röntgen es así la primera persona que ve el interior de su cuerpo sin tener que abrirlo quirúrgicamente.

### **La frialdad de Röntgen: el secreto y el anuncio al mundo**

Aquel 8 de noviembre de 1895, Wilhelm Konrad Röntgen sabe que la naturaleza se está manifestando ante él de manera verdaderamente grandiosa; sabe que él es poseedor de un conocimiento extraordinario sobre la naturaleza, que

nadie más tiene, que a partir de ese instante el mundo no es el mismo, que la humanidad dispone de una herramienta muy poderosa para la medicina y seguramente para muchas otras aplicaciones. Es un momento sublime. Pero a diferencia de Arquímedes, quien en una ocasión tan extraordinaria para la ciencia como esta, salió gritando al mundo entero "¡EUREKA!, ¡EUREKA!, ¡EUREKA!"..., Röntgen, con la mayor frialdad posible, decide callar y mantener en secreto su descubrimiento hasta no estudiarlo científicamente, para comprender la naturaleza del nuevo fenómeno y para comunicar claramente al mundo con una publicación científica que es lo que ha descubierto.

Muy excitado llega a casa, donde también calla, pues ni siquiera hace partícipe del descubrimiento a su esposa Bertha Röntgen, quien sí detecta de inmediato que algo especial le ocurre a su marido. Dos días después Röntgen lleva a su esposa al laboratorio en la Universidad. Han sido dos días de intenso trabajo experimental y para entonces ha descubierto que los efectos de los rayos X, que se observan con la placa fluorescente, se pueden registrar y con mayor claridad en placas fotográficas, lo que le permite además demostrar al mundo cuál es exactamente su descubrimiento. Bertha Röntgen pone su mano con anillos y pulseras entre el tubo de rayos X y la placa fotográfica. El resultado es la fotografía (hoy llamada «radiografía») que más tarde le da la vuelta al mundo: la mano de Bertha (figura 2).

Luego de esta impactante demostración ante su esposa, Röntgen le solicita mantener el secreto y se traslada a vivir al laboratorio, reclusivo allí solo y aislado del mundo para dedicarse exclusivamente y sin interrupciones al estudio de los rayos X por el tiempo necesario hasta tener claridad sobre lo que ha descubierto. Su único contacto con el exterior está en recibir los alimentos en una bandeja, que su esposa coloca diariamente frente a la puerta del laboratorio mientras "Röntgen hace experimentos". Pasan así siete semanas de reclusión, al cabo de las cuales Röntgen comunica al mundo el descubrimiento de los rayos X, enviando el 28 de diciembre de 1895 una publicación titulada *Sobre un nuevo tipo de rayos, una comunicación preliminar* a la Sociedad de Física Médica de Würzburg. Es la gran publicación de su vida, una obra maestra de la física experimental (véase recuadro).

### Impacto mundial

El mundo se estremeció de manera excepcional con la noticia del descubrimiento de los rayos X por Röntgen. Nunca antes en la historia un hallazgo científico había tenido tal impacto en el mundo entero ante la gente común y nunca después otro descubrimiento científico ha logrado un impacto comparable.

El 23 de enero de 1896 Röntgen presenta su descubrimiento en una conferencia magistral ante la Sociedad de Física Médica de Würzburg. Es la única conferencia que dicta sobre rayos X, aunque recibe numerosas invitaciones de todo el mundo, que quedan sin respuesta. Röntgen evita la prensa, pero la noticia es sensacional y en pocos días le da la vuelta al mundo.

La publicación de Röntgen describe claramente la forma de obtener los rayos X. Los equipos requeridos están en todos los laboratorios de física de la época y son de fácil adquisición. Así en las universidades e institutos de investigación los científicos pueden reproducir rápida y exitosamente las observaciones descritas por Röntgen, y esto no sólo en Alemania o en Europa, sino en todos los continentes. El 2 de enero de 1896, cinco días después de la publicación de Röntgen, en la Universidad de Columbia en Estados Unidos, el profesor Michael Pupin reporta que ha reproducido con éxito la generación de rayos X como lo indica Röntgen. A los

pocos meses del descubrimiento circulan por el mundo las radiografías que muestran el esqueleto humano: ¡el esqueleto de los vivos, no de los muertos! (figura 3). Esto resulta muy impactante, pues hasta ese momento ver el esqueleto es algo asociado sólo con la muerte.

Todos desean tener la fotografía de sus huesos, bañarse en rayos X, recibir los rayos para mantenerse joven, limpiar la piel y rejuvenecer. Son rayos mágicos, tal vez fuente de salud y juventud. Los carretes de inducción y los tubos de rayos catódicos, ahora llamados «tubos de rayos X», se popularizan en versiones de bajo costo. Para los médicos en sus consultorios se hace ya casi obligatorio ofrecer la facilidad de rayos X para el diagnóstico y para el tratamiento de las más diversas enfermedades. Así en Francia el *Lyon Medicale* registra a comienzos de 1896 los éxitos logrados con los rayos X en el tratamiento del cáncer de estómago y del cáncer en la boca. También el *Chicago Times* informa en 1896 sobre tratamientos igualmente exitosos del cáncer en el estómago con dosis prolongadas de rayos X. ¡La ciencia está contribuyendo así con rayos milagrosos al bienestar de la humanidad! Este es el sentir del mundo.

**Nunca antes  
en la historia un  
hallazgo científico  
había tenido  
tal impacto en el  
mundo entero  
ante la gente  
común.**



Figura 2. Radiografía de la mano de Bertha Röntgen con pulseras y anillos.

# La publicación de Röntgen

**E**n su publicación *Sobre un nuevo tipo de rayos, una comunicación preliminar*, Röntgen presenta primero su descubrimiento como ocurrió aquel 8 de noviembre de 1895. Luego informa sobre los resultados de sus experimentos para dilucidar qué es lo que ha descubierto. Habla de un agente activo que produce la fluorescencia y que pasa a través de la cartulina negra que envuelve al tubo de rayos catódicos. A este agente lo llama rayos X: "X" por desconocidos, "rayos" por la formación regular de sombras de los objetos ubicados entre el tubo y la pantalla fluorescente y también por las fotografías de este agente con cámara de agujero; es decir, este agente se propaga en línea recta en todas las direcciones.

- Todos los cuerpos son transparentes a los rayos X en muy diversos grados, lo que ha estudiado extensamente. Incluye una serie de observaciones, donde muestra cómo la transparencia de las diferentes sustancias a los rayos X disminuye entre más densa sea la sustancia y al aumentar su espesor. La transparencia la obtiene de la apreciación de las impresiones fotográficas con rayos X para iguales tiempos de exposición, pero anota que están pendientes mediciones fotométricas, algo que realizará cuando disponga del fotómetro adecuado.

- Presenta los resultados de sus observaciones sobre los efectos de fluorescencia producidos por rayos X en diferentes sustancias, sobre los efectos en diversas placas fotográficas, sobre efectos de calentamiento en largas exposiciones a los rayos.

- Se pregunta por la naturaleza de los rayos X y hace comparaciones con los rayos catódicos y con los rayos de luz:

- \* Los rayos X son bien diferentes de los rayos catódicos, pero son generados por éstos, donde inciden sobre la pared del tubo de descarga o sobre otros obstáculos, por ejemplo sobre la placa metálica del anticátodo del tubo. A diferencia de los rayos catódicos que se desvían en campos magnéticos, los rayos X no responden ni a los más intensos campos magnéticos.

- \* Al compararlos con la luz, lo más notorio es que los rayos X resultan completamente invisibles: la retina del ojo humano no es sensible a estos rayos, ni acercando los ojos al tubo de descarga, algo que él mismo experimentó. Tampoco observa efectos de refracción al pasar los rayos X a través de prismas de diversos materiales; es decir, el índice de refracción es muy cercano a 1,0 para rayos X; concluye así que no es posible producir lentes para concentrar rayos X. Tampoco puede observar fenómenos de interferencia con la doble rendija, ni múltiple interferencia con diversas rejillas. Encuentra así marcadas diferencias entre los rayos X y la luz. Se pregunta entonces: ¿podrán ser estos nuevos rayos vibraciones longitudinales de luz en el éter?

En Menlo Park, Estados Unidos, el gran inventor Thomas Alva Edison también trabaja ya desde comienzos de 1896 en su laboratorio con los rayos X. Su propósito es mejorar con nuevas sustancias las placas fluorescentes para conseguir una respuesta muy rápida de la fluorescencia, que permita imágenes de rayos X en movimiento (1895 es el tiempo del cine también). Edison experimenta así con lo que llama "fluoroscopio", que permite observar el interior del cuerpo humano mientras la persona está en movimiento, ingerir alimentos, etc. Esto lleva a exposiciones muy prolongadas, de muchas horas, con rayos X de mucha intensidad, y así en el laboratorio de Edison se empieza a palpar una realidad dolorosa: uno de los colaboradores de Edison sufre serias quemaduras producidas por los rayos X; tan grave es el accidente que Edison suspende estos trabajos.

Con el transcurrir del tiempo, con la experiencia acumulada, el mundo va reconociendo que los rayos X pueden ser muy peligrosos también; que además de ser un magnífico aliado en la medicina para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades como el cáncer, también pueden producir cáncer. Se aprende que los rayos X deben manejarse con máximo cuidado y sólo en dosis muy reducidas, estrictamente lo indispensable. Aparece así la seguridad radiológica.

Dentro de las normas de seguridad el mundo entero se beneficia con los rayos X: donde el odontólogo, donde el médico, en los exámenes rutinarios de los pulmones para la oportuna detección y tratamiento de la tuberculosis, etc. También en la industria, en la técnica, en el control de calidad y en estudios de materiales, los beneficios obtenidos gracias a los rayos X son notables.

## Incidencia en la física

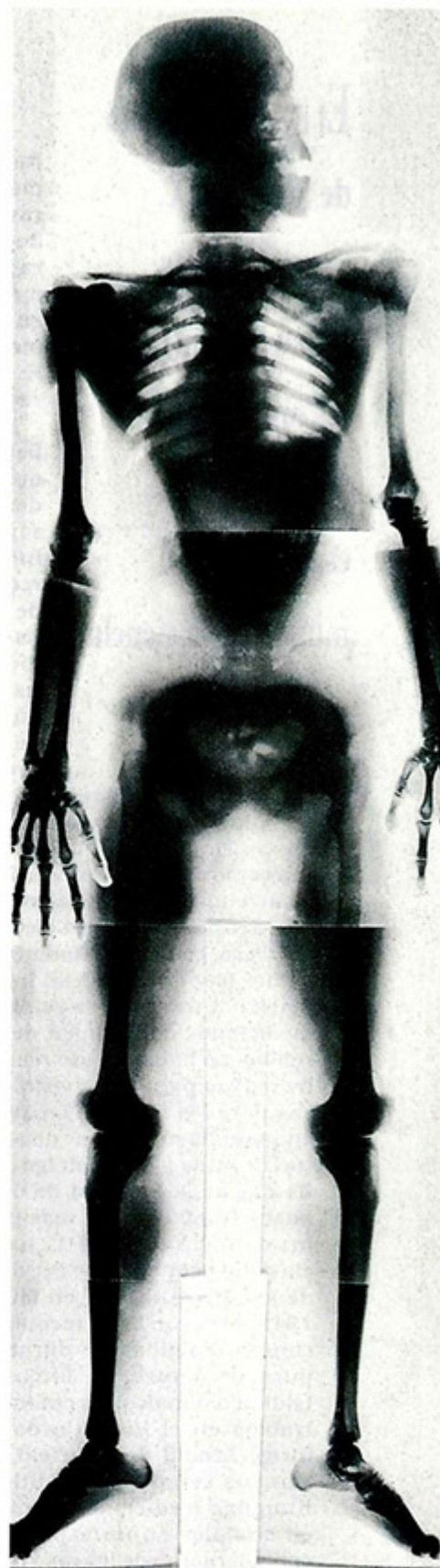
Han pasado tan sólo 15 días desde el anuncio del descubrimiento de los rayos X, cuando en enero de 1896 se lee en París la publicación de Röntgen en una sesión memorable de la Academia de Ciencias. Está presente Antoine-Henri Becquerel, quien ha heredado de su padre (destacado físico también) la misión de comprender la naturaleza de la fluorescencia. Para Becquerel resulta de enorme interés la observación de Röntgen, que dice muy claramente que los rayos X provienen de la pared del tubo de descarga, donde se observa la fluorescencia al incidir los

rayos catódicos sobre el vidrio. "¿Acaso la fluorescencia produce rayos X?", se pregunta Becquerel.

Muy motivado por el descubrimiento de Röntgen, Becquerel inicia a finales de enero de 1896 una serie de experimentos con sustancias fluorescentes colocadas sobre placas fotográficas muy bien cubiertas con su envoltura protectora. Al incidir la luz del sol sobre las muestras fluorescentes, éstas emiten la radiación de la fluorescencia, que si incluye rayos X debe dejar una huella en las placas fotográficas: los rayos X (pero no la luz del sol) deben atravesar la cubierta protectora del material fotográfico. Pero en enero y febrero el poco sol del invierno no es suficiente para excitar la fluorescencia en las muestras como Becquerel lo desea, y así las guarda sobre las pla-

cas fotográficas en cajones cerrados, esperando mejores condiciones de luz. En marzo de 1896, cansado de esperar que brille el sol, Becquerel revela las placas fotográficas, donde posiblemente podría haber una tenue huella de la poca fluorescencia que logró generar, pero enorme es la sorpresa cuando la huella resulta ser mucho más intensa que en sus cálculos más optimistas, y esto prácticamente sin fluorescencia. Becquerel ha descubierto la radiactividad natural, una radiación emitida siempre por las sales de uranio independientemente de cualquier efecto de fluorescencia. Y esta nueva

**C**on el transcurrir  
del tiempo y la  
experiencia acumulada,  
se aprende  
que los rayos X  
deben manejarse  
con máximo cuidado  
y sólo en dosis  
muy reducidas.



*Figura 3. Primera impresión radiográfica de la totalidad del cuerpo humano obtenida por Röntgen en 1896.*

**El descubrimiento  
de los rayos X,  
por su enorme  
impacto, centra  
las miradas, la  
atención y las  
esperanzas del  
mundo en la ciencia.**

---

radiación resulta ser más penetrante que los rayos X. Así el anuncio de Röntgen sobre los rayos X tiene a los dos meses un gran efecto en la física: Becquerel, motivado por los rayos X, ha descubierto la radiactividad natural.

Sin embargo, en la física no es tan rápido que se logra comprender la naturaleza de los rayos X, pese a los esfuerzos de Röntgen. Se requieren varios años de trabajo de muchos físicos para ir entendiendo el fenómeno. Así, después de 11 años los experimentos de dispersión de rayos X en diversas sustancias, experimentos realizados por el físico Charles Glover Barkla en Inglaterra, lo llevan a descubrir en 1906 que los rayos X se comportan como ondas transversales (como la luz) y no como ondas longitudinales. Barkla prueba que los rayos X son ondas electromagnéticas.

Pero, ¿cuál es su longitud de onda? Simplemente hay que medirla, haciendo pasar la radiación a través de la rejilla de difracción. Las mediciones de Röntgen de 1895 con diversas rejillas no habían dado resultado, pues utilizaba rejillas para la luz visible, que son gigantescas para los rayos X. La distancia entre líneas en la rejilla debe estar de acuerdo con la longitud de onda y Röntgen ignoraba lo muy pequeña que es la longitud de onda de los rayos X: hasta 100.000 veces más pequeña que la de la luz visible. Ya para 1912 hay suficiente evidencia de lo pequeña que sería la longitud de onda de los rayos X y así, en Munich en ese año de 1912, Max von Laue reconoce que no hace falta construir rejillas de difracción para rayos X, pues la naturaleza ofrece hermosas rejillas tridimensionales: *los cristales*. Von Laue, quien trabaja en el Instituto de Física Teórica que dirige Arnold Sommerfeld en Munich, realiza con sus estudiantes Walther Friedrich y Paul Knipping mediciones de difracción de rayos X en cristales en un experimento, que Einstein considera uno de los más hermosos de la física. Con este tipo de experimentos es posible, conociendo el cristal, obtener información sobre los rayos X (como su longitud de onda), y una vez

conocidos los rayos X, es posible estudiar otros cristales. Se tiene así una poderosa herramienta para el estudio de la materia.

### **El comienzo de la segunda revolución científica**

Si Copérnico, Galileo y Newton inician la primera revolución científica, Röntgen con su descubrimiento de los rayos X marca el comienzo de la segunda revolución, el comienzo de la física moderna, que lleva a reconocer la existencia de un universo microscópico en el interior de la materia, algo insospechado hasta entonces. En rápida sucesión, uno tras otro, los hallazgos y logros científicos, que siguen al descubrimiento de los rayos X, cambian el mundo científico: la radiactividad natural, el electrón, la teoría cuántica de Planck, el núcleo atómico, la radiactividad inducida, la relatividad, la mecánica cuántica, la comprensión del átomo, etc.

El descubrimiento de los rayos X, por su enorme impacto, centra las miradas, la atención y las esperanzas del mundo en la ciencia. Esto estimula y promueve la actividad científica en el mejor de los momentos, cuando se ponen los pilares de la nueva física. La segunda revolución científica se inicia impetuosamente y también con aspectos algo casuales: en ocasiones ante el experimentalista en su laboratorio, se presenta la naturaleza con todo su esplendor revelando un nuevo fenómeno, y lo hace accidentalmente. Le ocurre así a Oersted con los efectos magnéticos de la electricidad, a Röntgen con los rayos X, a Becquerel con la radiactividad natural.

Pero no siempre el tener el fenómeno ante los ojos lleva al descubrimiento científico. Así, 25 años antes del descubrimiento de los rayos X por Röntgen, en Inglaterra el físico y químico Sir William Crookes solicita repetidamente del proveedor de placas fotográficas la restitución del material, pues siempre encuentra veladas las placas que guarda muy cuidadosamente dentro de su sobre protector en su mesa de trabajo, al lado del tubo de descarga de rayos catódicos. Crookes tiene ante sí los rayos X, pero no reconoce el efecto, ni siquiera intenta investigarlo.

*"En la ciencia, en el campo de la observación, la casualidad sólo favorece a la mente preparada."*

**Louis Pasteur**

¡La mente de Röntgen estaba preparada!

# Wilhelm Konrad Röntgen



**E**l 27 de marzo de 1845 nace Wilhelm Konrad Röntgen en la pequeña población de Lennep, en el distrito del Ruhr, zona industrial, rica en carbón, al norte de Colonia en Alemania. Pero no vive en este país, pues siendo su madre holandesa su familia se traslada a Apeldoorn, Holanda, cuando Wilhelm Konrad tiene apenas tres años. Allí pasa toda su infancia, hasta cuando tiene edad para iniciar estudios universitarios, entonces marcha a Suiza y se matricula en la Escuela Politécnica de Zurich, donde se gradúa de ingeniero eléctrico. Su pasión son la física y las matemáticas, y desea dedicar su vida a la ciencia.

Buscando un tema para su postgrado, trabaja primero un corto tiempo en Zurich con Rudolf Clausius, luego con August Kundt, famoso ya por sus estudios de acústica y quien dirige su tesis de doctorado en física experimental sobre "Estudios sobre gases". Como colaborador de Kundt, Wilhelm Konrad Röntgen inicia su carrera científica.

Kundt y Röntgen conforman un magnífico equipo de trabajo durante seis años; pasan de Zurich

a la Universidad de Würzburg, donde laboran hasta 1872, cuando van a Estrasburgo. Allí inicia Röntgen su carrera académica como docente, actividad en la cual se destaca y no sólo como maestro, como conferencista, sino también como experimentalista. Röntgen es muy activo, muy estudioso, un gran conocedor de la literatura científica de su época, exitoso en la investigación. Su mayor contribución, anterior al descubrimiento de los rayos X, es la prueba, que efectuó en 1888, de los efectos magnéticos producidos en dieléctricos cuando éstos se mueven en campos eléctricos y cómo esto coincide con las ecuaciones de Maxwell. Poco después volvió a la Universidad de Würzburg en Baviera, ahora como director del nuevo Instituto de Física, donde pasó sus años más productivos como científico.

En reconocimiento a su dedicación y por su notable actividad académica, Röntgen fue nombrado rector de la Universidad de Würzburg en 1894, cargo que desempeñó hasta noviembre de 1895, cuando descubrió los rayos X mientras estudiaba experimentalmente los efectos de fluorescencia producidos por los rayos catódicos. Como

científico muy afamado, Röntgen fue nombrado en 1900 por el gobierno de Baviera director del Instituto de Física de la Universidad de Munich, donde laboró como siempre con máxima dedicación y éxito hasta pensionarse en 1920.

Röntgen se esforzó por evitar que su grandioso descubrimiento de los rayos X cambiara su vida. Sin embargo, se le tributaron gran cantidad de honores, entre ellos la medalla Rumford de 1896, que compartió con Philipp Lenard, y luego el primer Premio Nobel concedido en física, el Nobel de 1901. En Potsdam el kaiser Guillermo II erigió una estatua de Röntgen sobre un nuevo puente, pero Röntgen ignoraba estos honores y llevaba una vida modesta. Nunca patentó el método para producir rayos X, ni el «tubo de rayos X», que otros sí patentaron rápidamente y que aprovecharon para hacerse ricos. Röntgen, por el contrario, empobreció en medio de la hiperinflación que afectó a Alemania después de la primera guerra mundial y murió en Munich en condiciones muy difíciles a la edad de 78 años, el 10 de febrero de 1923.



# Historia y sug

*“José almacenó  
trigo como  
si fuera arena  
del mar,  
en tal cantidad  
que se desistió  
de contarlo,  
porque  
sobrepasaba  
toda medida”.*

Génesis 41.49

.....

# Sistemas numéricos

# encias para el progreso futuro

C. Marchal  
Chatillon, Francia

## Introducción

Alguna vez ha tratado de multiplicar con números romanos? Los romanos tuvieron excelentes ingenieros y artesanos pero la verdad es que no se distinguieron como científicos, posiblemente dada la dificultad de su sistema de numeración. Por otro lado, hace 4000 años los caldeo-babilonios ya dominaban el teorema de Pitágoras, el concepto de raíz cuadrada, el orden de los números y habían hecho tablas de raíz cuadrada con una aproximación extraordinaria. Por esta razón fueron grandes astrónomos, establecieron el ciclo de eclipses de sol y de luna y predijeron eclipses.

El progreso de los sistemas de numeración fue bastante lento; el orden de los números y el cero fueron inventados y olvidados varias veces, hasta que los hindúes los descubrieron definitivamente hacia el año 600 de nuestra era. Ellos, a su vez, los enseñaron a los árabes quienes cuatrocientos años después, tras algunas modificaciones, los transmitieron a los occidentales. Hoy día los llamamos «números arábigos».

Sin embargo, el sistema de numeración estaba lejos de ser perfecto y fue así como Francois Viète y Simon Stevin inventaron los números decimales alrededor de 1580.

En el siglo XX ha surgido la necesidad de disponer de un método sencillo y entendible para escribir números muy grandes y muy pequeños, ya que estos números son esenciales para la comprensión y la popularización de la ciencia moderna.

## Cinco sistemas numéricos antiguos

### Números romanos

Estamos acostumbrados a leer los nombres de reyes con números romanos: Enrique

VIII de Inglaterra, Luis XIV de Francia, Carlos XII de Suecia. Los títulos sin duda resultan mucho más atractivos que si tuvieran números comunes y corrientes: Enrique 8, Luis 14 o Carlos 12...

Los números romanos que más usamos son los siguientes:

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

Los romanos contaban de una manera muy natural, tal como nosotros actualmente contamos, por ejemplo, nuestro dinero:

$$267 = \text{CCLXVII}$$

Sumar y restar con estos números es relativamente fácil, pero multiplicar resulta complicado y es necesario usar un ábaco u otra tabla de cómputo, aun para las cuentas más sencillas. Consideremos el siguiente ejemplo:

¿Cuál es el precio de 18 bolsas de trigo a 44 pesos cada una?

Tendríamos que multiplicar 18 (XVIII) por 44 (XLIV) para obtener 792 o sea DCCXCII.

Debemos recordar que en el número XLIV, el X y el I son negativos puesto que están ubicados a la izquierda de un número mayor, por tanto,

$$\text{XLIV} = 50 - 10 + 5 - 1 = 44.$$

### Números egipcios

1	10	100	1000	10.000	100.000
---	----	-----	------	--------	---------

Las flores y los pájaros de los números egipcios eran realmente atractivos pero poco prácticos y daban lugar a números muy largos. Por ejemplo:

$$541 = \begin{cases} \text{ⓄⓄⓄⓄⓄⓄ ⓂⓂⓂⓂⓂⓂ I} & \text{(egipcio)} \\ \text{DXLI} & \text{(romano)} \end{cases}$$

### Números griegos

Los griegos usaban su propio alfabeto, con tres letras adicionales: ζ (vau), Ϛ (koppa) y ϗ (sampi).

α = 1	ι = 10	ρ = 100	} σ̄μη = 248	
β = 2	κ = 20	σ = 200		
γ = 3	λ = 30	τ = 300		
δ = 4	μ = 40	υ = 400		
ε = 5	ν = 50	φ = 500		
ζ = 6	ξ = 60	χ = 600		} σ̄η = 208
ζ = 7	ο = 70	ψ = 700		
η = 8	π = 80	ω = 800		
θ = 9	Ϛ = 90	ϗ = 900		

Nótese especialmente la ausencia del cero y también la presencia de la barra superior que representa la palabra "número". Las reglas para hacer cálculos con estos números son complejas pero no muy diferentes a las nuestras (del sistema arábigo).

### Números chinos

—	=	≡	☐	⊥	⋈
1	2	3	4	5	6
⋈	八	九	+	百	千
7	8	9	10	100	1000

Cada dígito tiene su propio símbolo y esto da lugar a expresiones más cortas:

$$78 = \begin{cases} \text{⋈} + \text{八} & \text{números chinos} \\ \text{LXXVIII} & \text{números romanos} \end{cases}$$

Más tarde los chinos adoptaron el cero hindú y en esa forma su sistema numérico alcanzó el nivel moderno.

### Números babilonios

Los babilonios tenían solamente dos números: | = 1; < = 10, lo cual dio lugar a expresiones tan complejas como las de los números egipcios:

$$53 = \begin{matrix} < < < & ||| \\ < & & \\ & & & \end{matrix}$$

Dos factores hacen que este sistema numérico sea superior a otros:

A) Un verdadero orden numérico (de base 60 y no de base 10 como es usual):

$$< < < || = 32$$

$$| < < < || = 60 + 32 = 92$$

$$|| \begin{matrix} < < < & | < < & & || \\ < & & & & & \end{matrix} = \\ = 2 \times 60^2 + 51 \times 60 + 32 = 10.292$$

Hoy día utilizamos este sistema babilonio «sexagesimal» para referirnos a la división del tiempo:

11 horas 32 minutos 46 segundos

Nótese que la palabra «segundo» significa «la segunda división sexagesimal de la hora».

B) La otra ventaja de los números babilonios es la facilidad con que se usan para representar números fraccionarios y para designar números pequeños, como se analizará más adelante.

### Comparación entre los números fraccionarios romanos y los babilonios

Los romanos utilizaban expresiones y números particulares para expresar:

A) Los doceavos.

B) Algunos recíprocos específicos de números enteros. Por ejemplo:

$$3/4 = \text{"Dodrans"} = \text{☉} \text{ o } \text{☉}$$

$$7/12 = \text{"Septunx"} = \text{☉} \text{ o } \text{☉}$$

$$1/2 = \text{"Semis"} = \text{☉}$$

$$1/72 = \text{"Sextula"} = \text{☉} \\ \text{(un sexto de un doceavo)}$$

$$1/216 = \text{"Tremissis"} = \text{☉} \\ \text{(un tercio de una sextula)}$$

**Una comprensión adecuada de los números muy grandes es crucial para la popularización y divulgación de la ciencia moderna.**

Este sistema, complicado e insuficiente, da lugar a cálculos difícilísimos especialmente al multiplicar.

Los babilonios, por el contrario, establecieron que los fraccionarios naturales, los doceavos, podían expresarse en un sistema de base 60, usando reglas de cálculo idénticas a las de los números enteros.

Es admirable y a la vez impresionante observar las tabletas babilonias con demostraciones matemáticas y encontrar en una tableta que data del año 2000 a.C., el dibujo de un cuadrado con sus diagonales y sobre una de ellas el número:

1 < < |||| < < < < 1 <

o sea:

$$1 + \frac{24}{60} + \frac{51}{60^2} + \frac{10}{60^3} = 1,4142129...$$

esto es, el número  $\sqrt{2}$  expresado con la exactitud de una millonésima.

Los babilonios conocían el teorema de Pitágoras y por consiguiente asociaban naturalmente la diagonal del cuadrado con  $\sqrt{2}$ . El cálculo de este número era exacto hasta el último dígito.

No es, por tanto, sorprendente que los científicos más notables de la antigüedad hayan surgido en civilizaciones que poseían los

sistemas de numeración más sofisticados: babilonios, griegos y chinos. Los romanos y los egipcios fueron sin duda excelentes ingenieros y artesanos pero entre ellos surgieron pocos científicos.

El mismo fenómeno sucedió en el continente americano, donde los mejores astrónomos fueron los mayas, que también inventaron el cero alrededor del año 450 d.C.

## Las tres invenciones del cero

Los babilonios inventaron el cero alrededor del año 400 a.C. Ellos poseían un símbolo numérico, <, para llenar un vacío:

13 h 00 m 12 s = < | | | < < | |

También descubrieron que al poner el cero a la derecha de un número entero, lo multiplicaban por la base (o sea por 60 en este caso). El cero se convertía entonces en el «operador».

Infelizmente, Babilonia fue destruida varias veces por invasores y por último abandonada en el año 50 a.C. Esta primera invención del cero quedó, por tanto, en el olvido.

Los segundos inventores del cero, ocho o nueve siglos más tarde, fueron los mayas de Guatemala y el oriente de México (quienes usaron un sistema numérico de base 20). Sin embargo, la triste historia de los babilonios se repitió con los mayas y esta civilización fue arrasada por los invasores toltecas del centro de México alrededor de los siglos X y XI.

Por fortuna, hacia el año 600 d.C., los matemáticos hindúes volvieron a inventar el cero. Esta vez el invento sí perduró. Los hindúes enseñaron su sistema numérico a los árabes quienes a su vez lo transmitieron al Papa Silvestre II en el año 1000. Después de sufrir algunas modificaciones, este es el sistema numérico que utilizamos actualmente y nos referimos a él como «números arábigos»:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Los primeros numerales hindúes eran:

१ २ ३ ४ ५ ६ ७ ८ ९ ०

Hoy día muchos países del Medio Oriente usan los números hindúes modernos:

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ٠

- Estos tres sistemas son equivalentes; el cero y el orden de los números los hacen muy eficientes y mantienen las mismas reglas en todos los niveles.
- Un niño de diez años se demora hoy tres minutos haciendo un cálculo que le hubiera tomado varias horas a un contador romano.

# Numeración basada en cifras y tamaños

Usando este tipo de numeración, los números muy grandes y muy pequeños, como  $N$  y  $1/N$ , se escriben así:

$$N = \begin{matrix} 6,022p23 \\ \text{cifra} & \text{tamaño} \end{matrix} \quad \frac{1}{N} = \begin{matrix} 1,661n24 \\ \text{cifra} & \text{tamaño} \end{matrix}$$

En estas expresiones  $p$  significa "potencia de diez positiva" y  $n$  significa "potencia de diez negativa".

La regla esencial es que la cifra debe estar siempre entre uno y diez:

$$1 \leq \text{cifra} < 10$$

Esto proporciona un sistema único, no ambiguo, para representar un número, y a la vez provee la definición del tamaño.

El tamaño es la parte más importante de los números muy grandes y muy pequeños; en muchos casos es lo único que se conoce.

## Progreso posterior

Durante la Edad Media el mayor progreso en matemáticas fue logrado por musulmanes y judíos que escribían en árabe. La palabra «álgebra» es netamente árabe.

Abu Abd Allah Muhammad ben Musa al-Huwarizmi (conocido comúnmente como Aljorizmi) vivió y trabajó en Asia Central en el siglo IX. De su nombre proviene la palabra «algoritmo», que significa "procedimiento de cálculo".

Entre las innovaciones más interesantes de este período está el reconocimiento de que el cero es un número, un número que significa «nada»:  $17 - 17 = 0$ .

En años posteriores surge la barra empleada en los números fraccionarios:

$$3 \text{ dividido por } 4 = \frac{3}{4};$$

Como ejemplo, clasifiquemos los países con base en su población:

- En 1991 había un país de tamaño 9 (más de mil millones de personas): China con 1,15p9 personas.
- Nueve países de tamaño 8 (entre 100 millones y mil millones): India (8,6p8), Unión Soviética (2,92p8), Estados Unidos (2,53p8), etc.
- 56 países de tamaño 7 (entre 10 y 100 millones).
- 64 países de tamaño 6 (entre 1 y 10 millones).
- 34 países de tamaño 5 o menos (por debajo de 1 millón).

El progreso logrado con la numeración "por cifras y tamaños" para números muy grandes y muy pequeños es comparable al del paso de fraccionarios a decimales:

$$\left. \begin{matrix} 13\frac{21}{75} \\ 13\frac{7}{25} \\ 13\frac{28}{100} \end{matrix} \right\} = 13,28 \quad \left. \begin{matrix} 6,022 \times 10^{23} \\ 602,2 \times 10^{21} \\ 0,6022 \times 10^{24} \end{matrix} \right\} = 6,022p23$$

En ambos casos encontramos:

A) Un método único y sin ambigüedad: dos números iguales tienen la misma estructura decimal y también la misma escritura por cifra y tamaño.

$$12 \text{ dividido por } 22 = \frac{12}{22}$$

Esta barra aclaró mucho las expresiones y permitió la formulación de reglas de cálculo y simplificación de los fraccionarios.

Alrededor del año 1400, el matemático persa Al-Kashi, usando el método de Arquímedes, logró calcular el número  $\pi$  con una exactitud de  $10^{-17}$ . El empleó el sistema sexagesimal y obtuvo la más famosa expresión de  $\pi$  en ese sistema:

$$\pi = 3 \text{ } 8^I 29^{II} 44^{III} 0^{IV} 47^V 25^{VI} 53^{VII} 7^{VIII} 25^{IX}$$

Este excelente cómputo de  $\pi$  fue sin duda el más acertado hasta que Ludolf van Keulen, unos doscientos años más tarde, lo perfeccionó gracias a otro importante paso: la invención de los números decimales con su separación por punto o coma, por parte de Francois Viète y Simon Stevin alrededor de 1580.

Las principales ventajas de los números decimales son las siguientes:

A) Las reglas de cálculo son muy sencillas y similares a las de los números enteros.

B) Al comparar  $3/4$  y  $17/22$  ¿sabe usted cuál es mayor? No es fácil decidir a primera vista. Sin embargo, si comparamos los números decimales correspondientes, 0,75 y 0,7727, es obvio cuál es mayor e inclusive sabemos en cuánto es mayor.

C) Los números decimales son únicos y no se prestan a ambigüedades:

$$\frac{996}{75} = 13 \frac{21}{75} = 13 \frac{7}{25} = 13 \frac{28}{100}$$

Todos estos fraccionarios equivalen a 13,28. Es claro que dos números iguales tienen la misma expresión decimal.

B) La comparación de números diferentes es inmediata. El tamaño más grande da el número mayor y, si los tamaños son iguales, comparamos las cifras.

C) Estos números pueden escribirse fácilmente en máquinas de escribir y procesadores de palabra; no hay escritura superflua y la parte importante está escrita en caracteres grandes (de fácil lectura).

D) Las reglas de cálculo son muy sencillas, como se puede comprobar en la siguiente pregunta, planteada en otra sección del artículo: ¿cuántos julios hay en el producto de 200 gigavatios por 30 microsegundos?

$$\begin{aligned} 200 \text{ gigavatios puede escribirse } 2p11 \text{ W} \\ 30 \text{ microsegundos puede expresarse } 3n5 \text{ s} \\ p11 \times n5 = p6, \text{ porque } 11 - 5 = 6 \end{aligned}$$

De aquí que

$$\begin{aligned} 2p11W \times 3n5s &= p6 \times 2W \times 3s = 6p6J = \\ &= 6 \text{ millones de julios} \end{aligned}$$

De igual modo: ¿cuántos vatios hay en el producto de 60 kilovoltios por 4000 amperios?

$$\begin{aligned} 6p4V \times 4p3A &= p4 \times p3 \times 6V \times 4A = \\ & \quad p7(4+3=7) \quad 24W \\ &= 2,4p8 \text{ vatios, debido a que la cifra está siempre} \\ & \text{entre 1 y 10} \end{aligned}$$

Debemos mencionar también las dos ventajas siguientes para la popularización de la ciencia, en cuanto al

uso de numeración por "cifras y tamaños" por personas ajenas al campo científico.

La primera ventaja es la comprensión fácil, inclusive para personas que ignoran las potencias de diez.

Podemos considerar los siguientes tipos de números:

A) Números redondos, o sea aquellos con un solo dígito diferente de 0.

$$\begin{aligned} 6p13 &= 6 \text{ seguido de 13 ceros} \\ &= 60.000.000.000.000 \\ &= 60 \text{ billones (millones de millones)} \\ 7p13 &= 7 \text{ seguido de 13 ceros} \\ &= 70 \text{ billones} \end{aligned}$$

B) Otros números positivos

$$\begin{aligned} 6,5p13 &= \text{intermedio entre } 6p13 \text{ y } 7p13 \\ &= 65.000.000.000.000 \text{ (65 billones)} \\ 6,341p13 &= \text{entre } 6p13 \text{ y } 7p13 \text{ empezando} \\ & \text{por } 6341 \end{aligned}$$

C) Números negativos

$$\begin{aligned} 7n11 & \text{ estos números de tamaño } n11 \\ 7,64n11 & \text{ empiezan por 11 ceros, incluyendo} \\ & \text{el cero que está a la izquierda} \\ & \text{de la coma o el punto decimal.} \\ & \text{Luego viene 7 en el primer caso} \\ & \text{y 764 en el segundo, de modo que:} \\ 7,64n11 &= 0,000 \ 000 \ 000 \ 076 \ 4 \end{aligned}$$

## Los números utilizados actualmente

En la actualidad conocemos muchos tipos de números:

Tipo	Ejemplo	Innovador
Enteros	328	
Fraccionarios	1/3; 37/122	
Números algebraicos	$\sqrt{2}$	Pitágoras
Números trascendentales	$\pi$	Liouville, Hermite
0 como número		
Números negativos	-28	
Números decimales	328,16	Viète, Stevin
Números complejos	$3 + 2i$	Bombelli, Girard
Números transfinitos	$\omega, \aleph_0, \aleph_1$	Cantor
Números generalizados (matrices, etc.)	$\begin{pmatrix} 2 & 7,1 \\ \pm 3 & 3 + 2i \end{pmatrix}$	

La mayor parte de estos tipos de números son usados únicamente por los matemáticos. En la vida diaria se usan sólo los siguientes:

- Los números enteros y los decimales.
- Los números negativos (especialmente para representar las temperaturas en invierno).
- Los números «muy grandes».

Se justifica plenamente introducir una categoría especial para los números «muy grandes», por las siguientes razones:

A) Estos números son muy cotidianos y la gente sueña con ellos; por ejemplo, soñamos con ganarnos 1.000.000 de dólares.

La segunda ventaja es que este sistema permite expresiones más claras con menor posibilidad de confusión.

Cualquier niño sabe que  
7 manzanas - 4 manzanas = 3 manzanas  
Por tanto, es fácil entender que  
 $7n6 - 4n6 = 3n6$

o sea:  
7 millonésimas - 4 millonésimas = 3 millonésimas

Compare esto con la expresión matemática común y corriente:

$$7E-06 - 4E-06 = 3E-06$$

Esta expresión es más larga y más confusa con sus cuatro signos negativos que tienen dos significados diferentes.

## Ejemplos de números muy grandes y muy pequeños

### A) Algunas masas conocidas:

Tierra =  $6p24$  kilogramos  
Sol =  $2p30$  kg  
Vía Láctea = alrededor de  $2p41$  kg  
(cerca de  $p68$  átomos)

Universo observable = alrededor de  $p52$  kg  
(cerca de  $p79$  átomos)  
Átomo de hidrógeno =  $1,7n27$  kg

### B) Datos sobre la energía del sol:

Energía del sol =  $3,82p26$  vatios  
Proporción de la energía solar que cae sobre la Tierra =  $4,53n10$   
Energía del sol que cae sobre la Tierra =  
 $= 3,82p26 \text{ W} \times 4,53n10 = 1,73p17$  vatios,  
o sea 1360 vatios por metro cuadrado normal a la dirección del sol.

Esta energía solar es naturalmente mucho mayor que la de otras fuentes disponibles para el hombre:

- Energía geotérmica:  $3p13$  vatios
- Energía de las olas:  $p13$  vatios
- Energías artificiales:  $5p12$  vatios

Todos estos datos nos llevan, por ejemplo, a lo siguiente: la masa de 100 gramos, o un hectogramo, es el promedio geométrico entre la masa de la Tierra y la de un átomo de hidrógeno.

La Tierra con sus montañas, sus océanos y sus profundidades insondables contiene  $6p25$  hectogramos de materia, y a su vez un hectogramo de hidrógeno contiene el mismo número de átomos de hidrógeno. ■

B) Se usan a diario en la prensa. Por ejemplo, en 1987 la población del mundo alcanzó 5000 millones de personas. Pero en dólares el déficit del gobierno federal de los Estados Unidos es muchísimo mayor.

C) Las expresiones teóricas para significar estos números no son satisfactorias y la mayoría de los periodistas prefieren usar 5 billones y no 5.000.000.000.000 ó  $5 \times 10^{12}$ .

D) Una comprensión adecuada de los números muy grandes es crucial para la popularización y divulgación de la ciencia moderna.

Por estas razones creemos que es necesario implementar un sistema fácil, eficiente y exacto para representar «números muy grandes» (véase recuadro).

## Expresiones comunes para representar números muy grandes y muy pequeños

Consideremos un número famoso muy grande: el número N de Avogadro, equivalente al número de átomos de carbono en 12 gramos de carbono, y aproximadamente el número de átomos de hidrógeno en un gramo de hidrógeno.

Este número N se escribe en varias formas:

$$\begin{aligned} N &= 6,022 \times 10^{23} \\ &= 602,2 \times 10^{21} \\ &= 0,6022 \times 10^{24} \\ &= 602,2 \times 10^{+21} \\ &= 6,022p23 \\ &\quad (\text{p significa potencia de } 10) \\ &= 6,022E23 \\ &\quad (\text{E significa exponente}) \\ &= 0,6022E24 \end{aligned}$$

Existe también la confusa "notación de Berg":  $N = 6,022^{23}$ , donde 23 significa  $10^{23}$  y no la veintitresava potencia de 6,022.

Consideremos ahora números pequeños como  $1/N$ .

$1/N$  es aproximadamente la masa (en gramos) de un átomo de hidrógeno y  $12/N$  es por definición la masa de un átomo de carbono.

$1/N$  tiene solamente dos expresiones (y no ocho como anotamos arriba para N):

$$\begin{aligned} \frac{1}{N} &= 1,661 \times 10^{-24} \\ &= 1,661E-24 \end{aligned}$$

Con el propósito de explicar más claramente la representación de números muy grandes

y muy pequeños se crearon los siguientes prefijos:

$10^3$	- kilo	$10^{-3}$	- mili
$10^6$	- mega	$10^{-6}$	- micro
$10^9$	- giga	$10^{-9}$	- nano
$10^{12}$	- tera	$10^{-12}$	- pico

Por ejemplo, consideremos la pregunta: ¿cuántos julios hay en el producto de 200 gigavatios por 30 microsegundos?

Estos prefijos son complicados e insuficientes. La masa de un átomo es mucho más pequeña que un picogramo y a su vez la masa de la Tierra es mucho más grande que una teratonelada.

Con estos ejemplos nos damos cuenta de que es mejor «contar» con números y no con palabras.

## Conclusiones

En la historia de la humanidad el progreso de la numeración ha sido muy lento debido a pérdidas y olvidos; los mejores métodos numéricos siempre se han asociado con las civilizaciones que han producido eminentes científicos.

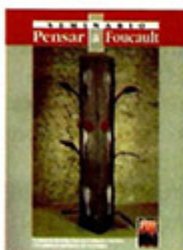
El método de numeración que utilizamos hoy día es eficiente y excelente, excepto cuando se trata de números muy grandes y muy pequeños. Es por esto que los periodistas prefieren escribir 5 billones y no  $5 \times 10^{12}$  ó 5.000.000.000.000.

La numeración que se propone en este artículo, por cifras y tamaños, proporciona expresiones numéricas simples y eficientes de números muy grandes y muy pequeños, con operaciones fáciles de ejecutar. Este método, sin duda, ayudaría a la popularización de la ciencia moderna.

*El presente artículo fue publicado originalmente, en inglés, en la revista Vistas in Astronomy, Vol. 36, pp. 191-202, 1993, Gran Bretaña. Para su inclusión en este número se cuenta con la debida autorización.*

# Novedades editoriales

## SEMINARIO PENSAR A FOUCAULT



**Víctor Manuel Moncayo,  
Carlos Eduardo Maldonado y otros**

Facultad de Derecho,  
Ciencias Políticas y Sociales  
Universidad Nacional de Colombia  
Instituto para el Desarrollo de la  
Democracia Luis Carlos Galán

Resultado del trabajo individual y colectivo de un grupo de catorce expositores, este libro reúne las ponencias y reflexiones presentadas en desarrollo del seminario «Foucault vs. Foucault», llevado a cabo en la sede del Instituto para el Desarrollo de la Democracia Luis Carlos Galán, entre el 16 y el 18 de septiembre de 1994.

Convocado con el ánimo de conmemorar los primeros diez años del fallecimiento de Michel Foucault, especialmente en relación con temas como las formas jurídicas y la función punitiva, la problemática ética, la arqueología del saber, genealogía y poder, y el pensamiento de Foucault en Colombia, este libro constituye un aporte académico para pensar de manera viva y actual los asuntos del poder, la política, la democracia, la vida y las instituciones. Es, en otras palabras, otra manera de relacionar los saberes con las necesidades de Colombia.

## DIEZ CASOS EXITOSOS DE INNOVACION TECNOLÓGICA

Colciencias

Este libro es una publicación de Colciencias que presenta la experiencia de igual número de industrias colombianas e iberoamericanas cuando decidieron, de una vez por todas, iniciar el proceso interno de innovación tecnológica.

El libro resume las conferencias presentadas durante el «Encuentro sobre Casos Exitosos de Innovación Tecnológica» realizado en Santafé de Bogotá en agosto de 1993, evento que permitió intercambiar información sobre las diferentes estrategias de gestión tecnológica adoptadas por cada una de ellas.

## LA CIENCIA EN EL TERCER MILENIO Desafíos, direcciones y tendencias



**Manuel Calvo Hernando**

McGraw-Hill Interamericana  
de España, S.A.

Esta obra es una recopilación de una persona que ha dedicado su vida a la divulgación de la ciencia y la tecnología. El autor nos ofrece temas para la información y la reflexión que nos permiten asomarnos al tercer milenio y a los vertiginosos cambios que nos acercan a él.

Después de una introducción, donde se da una panorámica actual de nuestro tiempo, se describen las investigaciones realizadas en el último cuarto de siglo. Se incluyen estudios sobre el futuro, se recuerda la historia de los milenarismos y los nuevos terrores del año 2000. También se analiza la evolución de la ciencia y los descubrimientos actuales más importantes, así como los cambios que nos afectan más directamente en los campos de la medicina y la comunicación.

## FISICA CUANTICA Teoría y aplicaciones - Tomo II

**Guillermo Castillo Torres**

Academia Colombiana de Ciencias  
Exactas, Físicas y Naturales

Este libro es el resultado de la experiencia del autor, quien ha enseñado mecánica cuántica a diferentes niveles durante más de dos décadas. En él se tratan los conceptos, métodos y aplicaciones básicas de la mecánica cuántica. Hacia el final presenta la primera gran síntesis entre la mecánica cuántica y la relatividad especial y concluye con una breve introducción a la teoría de campos cuánticos.

La obra incluye los temas de la mecánica cuántica necesarios para la carrera de física y para el primer año de postgrado. También puede ser de utilidad para los estudiantes de ciencias de la educación, especialidad en física, y para estudiantes de química e ingeniería.

# Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

La ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA, con el apoyo de BANCOLDEX y la asesoría técnica de la FUNDACION TECNOS, otorga el

## Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

El Premio tiene como objeto reconocer y estimular el talento y la actitud empresariales que permiten la introducción de nuevos procesos o productos, o la modificación de los mismos dentro de la empresa, independientemente de su origen nacional o importado.

Para otorgar la distinción se tendrá en cuenta principalmente la existencia en la empresa de una cultura de la innovación, la cual comprenda no sólo los procesos productivos sino también la gestión empresarial.

### Participantes

El Premio está abierto a las empresas de todos los sectores de la economía, con sede en Colombia, cualquiera que sea su naturaleza.  
Se mantendrá absoluta reserva sobre la información recibida.

### Categorías de participación

CATEGORIA I:	MICROEMPRESA
CATEGORIA II:	PEQUEÑA EMPRESA
CATEGORIA III:	MEDIANA EMPRESA
CATEGORIA IV:	GRAN EMPRESA

Informes: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, Cra. 50 No. 27-70, Bloque C, Módulo 3. Tels.: 221 3313 - 221 6769 - 221 7348. Fax: 221 6950

# Premio Nacional al Mérito Científico

Septiembre 28 de 1995

La ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA, con el auspicio de GRANAHORRAR, exalta la contribución que un ciudadano colombiano residente en el país haya hecho o esté haciendo al desarrollo científico y tecnológico del país.

### Categorías

#### VIDA Y OBRA

La obra de un científico cuya vida haya estado dedicada a la ciencia.

#### JOVEN INVESTIGADOR

El trabajo de un investigador cuya actividad en los últimos 10 años haya constituido un aporte significativo al desarrollo científico y tecnológico del país.

#### DIVULGACION DE LA CIENCIA

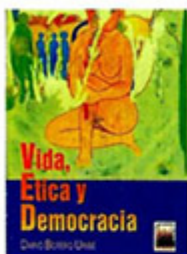
La contribución destacada de un individuo o entidad a la divulgación o popularización del conocimiento científico y tecnológico en Colombia.

### Requisitos para la inscripción

- Carta de presentación de alguna de las siguientes entidades:
  - Organismos nacionales dedicados al fomento de la ciencia y la tecnología
  - Universidades
  - Academias y/o asociaciones científicas y tecnológicas
  - El Consejo Directivo de la A.C.A.C.
  - Institutos y centros de investigación
- Indicar a qué categoría se presentan
- Hoja de vida que incluya:
  - Formación académica, pre y postgrados
  - Entidades donde ha trabajado
  - Cargos desempeñados y tiempo de servicio
  - Dirección y teléfonos

Fecha límite para recepción de material: Agosto 7 de 1995

## VIDA, ETICA Y DEMOCRACIA



**Darío Botero Uribe**

Instituto para el Desarrollo de la Democracia Luis Carlos Galán

No es posible pensar en la construcción de la democracia, sin antes detenerse a considerar a la vida y la ética, como dos de los ejes sobre los cuales discurre la existencia de todo ser humano en sociedad.

Más que dos elaborados conceptos, vida y ética son imbricados espacios de reflexión a los cuales, quiérase o no, está estrechamente articulado el devenir de toda sociedad que se precie de transitar senderos posibles, ciertos, en busca de fortalecer su organización política.

Esta es la principal de las virtudes de este texto que el Instituto para el Desarrollo de la Democracia Luis Carlos Galán ofrece a la opinión pública, seguros de que esta obra entrega nuevos aportes para llevar a cabo el necesario ejercicio de escrutar, de modo permanente, el proyecto de educar para la democracia.

## DE ESTOCOLMO A RIO DE JANEIRO Un balance hecho por ambientalistas



**Eloísa Trélez Solís (editora)**

Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello  
Fundación Konrad Adenauer

El presente volumen recoge los planteamientos centrales de un grupo de expertos latinoamericanos y europeos

sobre los veinte años transcurridos entre las importantes reuniones mundiales convocadas por Naciones Unidas, Estocolmo, 1972 (*Una sola Tierra*, sobre el medio ambiente humano) y Río de Janeiro, 1992 (*De una Tierra a un Mundo*, sobre el ambiente y el desarrollo).

Los especialistas, provenientes de experiencias y países diversos, presentan un análisis de lo ocurrido en el mundo y en particular en América Latina, en esas dos décadas, y manifiestan sus opiniones con respecto a los problemas fundamentales contemporáneos en la región.

## ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS de los países del Convenio Andrés Bello - Tomo X



**Henry Yesid Bernal M.,  
Jaime Enrique Correa Q.**

Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello  
Ministerio de Educación y Ciencia,  
España  
Corporación Andina de Fomento

Este tomo X de la obra *Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello* se publica con ocasión de los 25 años de la firma del tratado internacional de la Organización del Convenio Andrés Bello y se espera, con la edición de esta obra, seguir contribuyendo decididamente al conocimiento y uso de los recursos naturales de los países signatarios.

## HACIA LA CONSTRUCCION DE UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO REGIONAL

**Felipe Vega González (compilador)**

Gobernación de Risaralda

Esta compilación, enmarcada dentro del objetivo de la actual administración departamental de Risaralda, de dejar abierta una ventana al nuevo milenio con el conjunto de reflexiones y procesos que se dieron en el empeño de hacer de Risaralda una empresa con futuro, recoge un conjunto rico y amplio de esfuerzos de los distintos sectores que confluyen hacia la construcción colectiva de una estrategia de desarrollo.



### ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS, ¡UTILICELOS!

Correo ordinario  
Correo certificado  
Certificado especial  
Encomiendas aseguradas  
Encomiendas contra reembolso  
Cartas aseguradas  
Filatelia  
Giros  
Electrónico burofax  
Internacional APR/SAL  
"Corra"  
Respuesta comercial  
Tarifa Postal Reducida  
Especiales

Teléfonos para quejas y reclamos: 334 0304 - 341 5536, Bogotá  
CUENTE CON NOSOTROS Hay que creer en los Correos de Colombia



**E**ste aviso es para recordarle que del **14 al 23 de julio**, el campo se trasladará a Corferias. Durante diez días lo mejor del sector agropecuario estará en Bogotá, en **Agroexpo 95**. No olvide que Agroexpo es la mayor vitrina de exposición y venta del sector agropecuario.

**Reservas:**  
Tels. 3 377 676  
Fax: 3 377 272 - 3 377 271  
Agroexpo 95. Julio 14 al 23.



**AGROEXPO**  
Julio 14 al 23 1995  
X FERIA INTERNACIONAL AGROPECUARIA Y DE INDUSTRIAS AFINES

# TENGA SU CASA PROPIA Y CÓMPRELA COMO SI TUVIERA PLATA EN MANO



## GRANCASA

El nuevo certificado que GRANAHORRAR expide a su nombre,  
en sólo 5 días hábiles, por el monto total de su crédito aprobado\*.

¡ Así de fácil !

1. Venga hoy mismo a GRANAHORRAR, solicite GRANCASA y en sólo 5 días hábiles, obtenga su certificado.
2. Con su certificado en mano busque y escoja la casa que siempre soñó.



3. Cómprala como si tuviera plata en mano.
4. Comience a disfrutar desde ya la emoción de tener su casa propia.

Venga hoy mismo a cualquier oficina  
Granahorrar y solicite su GRANCASA

Para mayor información comuníquese al 9800-15711 y en Bogotá al 312 5211

Es nuevo. Es de Granahorrar.



**Granahorrar**  
CORPORACIÓN FINANCIERA DE AHORRO Y CREDITO  
Usted nos tiene a nosotros