



# Innovación y Ciencia

VOLUMEN IV, Nº 5, 1995



**La Vía Láctea  
y el proyecto GEM**

**La violencia en Colombia**  
**Dengue hemorrágico**

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$4.000.00




**IMAGENES RECIENTES  
DEL SISTEMA  
SOLAR**

# CONVOCATORIA NACIONAL DE APOYO A PUBLICACIONES CIENTIFICAS SERIADAS

Programa COLCIENCIAS-BID III



COLCIENCIAS

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

## ■ DIRIGIDA A

Publicaciones científicas y tecnológicas seriadas colombianas.

## ■ REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN

- Tener ISSN.
- Tener temática comprendida por alguno de los once programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (Salud; Ciencias Básicas; Energía y Minería; Ciencias Agropecuarias; Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad; Ciencias del Mar; Ciencias Sociales; Educación; Biotecnología; Medio Ambiente y Habitat; Electrónica, Telecomunicaciones e Informática).
- Tener como función principal la publicación de resultados de investigación científica o tecnológica, que aporten nuevos conocimientos y metodologías en los programas antes descritos del SNCyT.

## ■ PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS

Las propuestas deberán ser presentadas por el propio director o editor principal de las publicaciones científicas y tecnológicas seriadas colombianas.

## ■ CRITERIOS GENERALES DE SELECCIÓN

Los criterios generales de selección de las publicaciones científicas y tecnológicas seriadas colombianas son los siguientes:

- |                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| 1. Calidad científica | 4. Antigüedad                         |
| 2. Comité Editorial   | 5. Periodicidad y puntualidad         |
| 3. Arbitraje          | 6. Cobertura nacional e internacional |

## ■ FORMATO ÚNICO DE INSCRIPCIÓN

Para participar en la convocatoria se ha diseñado un formato único de inscripción que puede obtenerse en las oficinas de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia A.C.A.C.

Además puede consultarse y retirarse por Internet en la portada institucional COLCIENCIAS:<http://www.colciencias.gov.co> o accediendo al *gopher* en:<gopher.colciencias.gov.co>.

El formato único de inscripción no tiene ningún costo.

## ■ ENVÍO DE DOCUMENTOS

El formato debidamente diligenciado deberá ser remitido a las oficinas de A.C.A.C., personalmente o por correo certificado (Carrera 50 No. 27-70. Edificio Camilo Torres, Bloque C Módulo 6 Of. 102, Bogotá, Tel.: 221 98 98, Fax: 221 6950, correo electrónico: [acolavci@hemeroteca.icfes.gov.co](mailto:acolavci@hemeroteca.icfes.gov.co)).

## ■ FECHA Y HORA LÍMITES DE RECEPCIÓN

29 de diciembre de 1995, a las 5 p.m.

## ■ PUBLICACIÓN DE RESULTADOS

La publicación de resultados se realizará el 28 de abril de 1996 en la prensa nacional.

Las publicaciones seriadas nacionales que cumplan con los criterios de selección serán incluidas en un índice electrónico nacional. Un Comité de expertos nombrado por la junta directiva de COLCIENCIAS seleccionará las publicaciones que recibirán apoyo financiero por parte del Instituto.



**EL  
ARCO  
DEL  
TRIUNFO  
ESTA EN  
COLOMBIA**

## **CALENDARIO FERIAL 1996**

**XXIX COLOMBIAN LEATHER MARKET**  
FEBRERO 20 AL 23

**XV VITRINA TURISTICA DE ANATO**  
FEBRERO 27 AL 29

**III EXPOSPORT**  
MARZO 13 AL 17

**XXVI SALON NACIONAL DE ARTISTAS**  
MAYO 3 AL 20

**IX FERIA INTERNACIONAL DEL LIBRO**  
MAYO 8 AL 20

**MATEXCO**  
MAYO 29 A JUNIO 1

**XI EXPOPARTES**  
JUNIO 4 AL 7

**XXI FERIA INTERNACIONAL DE BOGOTA**  
JULIO 4 AL 14

**XXX COLOMBIAN LEATHER MARKET**  
JULIO 25 AL 28

**TEXTILMODA**  
JULIO 31 A AGOSTO 2

**EXPOTRANSPORTE**  
AGOSTO 28 A SEPTIEMBRE 1

**XIII FERIA DEL HOGAR**  
SEPTIEMBRE 6 AL 22

**III SALON DEL ESTUDIANTE - II EXPOIDIOMAS**  
OCTUBRE 2 AL 5

**XV COMPUEXPO - SOFTWARE**  
OCTUBRE 17 AL 22

**V TELEXPO**  
OCTUBRE 17 AL 22

**EXPOPETROLEOS**  
OCTUBRE 30 A NOVIEMBRE 1 (15-21)

**IV SALON INTERNACIONAL DEL AUTOMOVIL**  
NOVIEMBRE 15 AL 24

**VI EXPOARTESANIAS**  
DICIEMBRE 5 AL 15



**CORFERIAS**

MOTOR DE DESARROLLO DE AMERICA LATINA



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

**JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1995-1997**

**PRINCIPALES**

Eduardo Posada **Presidente**  
Fabio Chaparro **1º Vicepresidente**  
Guillermo Hoyos **2º Vicepresidente**  
María Cristina Plazas **Secretaria**  
Carlos Corredor **Tesorero**  
Pedro Amaya **Vocal**  
Gloria Tamayo de Echeverry **Vocal**  
Paulo Orozco **Vocal**

Asociación Colombiana  
de Sociedades Científicas  
Instituto Colombiano del Petróleo  
Centro de Investigaciones Oceanográficas  
e Hidrográficas - CIOH

**Vecedor**

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,  
Juan Posada

**Corrección de Estilo**

Jorge Iván Cadavid

**Digitación de textos**

Yenny Yuliett Arias

**Pre-prensa Electrónica**

Elograf Ltda.

**Impresión**

D'Vinni Editorial Ltda.

**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: acac1@colciencias.gov.co

Santafé de Bogotá - Colombia

# CONTENIDO



## PORTADA

En las páginas 38 y 39 vea las últimas imágenes del sistema solar logradas por la NASA a través de diversas sondas espaciales y del telescopio espacial Hubble.

## NOTA DEL EDITOR

Sí futuro

7

## CORRESPONDENCIA

• Mensajes para INNOVACIÓN Y CIENCIA

8

## NOTICIAS & COMENTARIOS

### BIOINGENIERÍA

La ingeniería bioquímica y su relación con las tecnologías indígenas latinoamericanas

*Marcelo Riveros Rojas*

10

### MEDIO AMBIENTE

La investigación en el páramo

*Carlos A. Navas*

14

### ANTROPOLOGÍA

La violencia, aprendizaje o determinismo

*Ismael Roldán Valencia*

17

### TECNOLOGÍA

Los rayos T. Nueva técnica de producción de imágenes

*Martha Patricia García*

20

## PREMIOS NOBEL 1995

Medicina y Fisiología, Física, Química y Economía

22

## VISTAZOS

Ciencia y Tecnología

26

# Innovación y Ciencia

Volumen IV, N° 5 - 1995

## ARTÍCULOS

### ASTRONOMÍA

#### LA VÍA LÁCTEA. Estudios recientes y aportes del proyecto GEM en Colombia

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, es un laboratorio ideal para probar las teorías más recientes sobre la formación de estructura en el universo. El proyecto GEM en Colombia ha completado más de 1500 horas de observación de la radiación difusa de la galaxia desde un observatorio en Villa de Leyva. De estos datos saldrá uno de los modelos galácticos más precisos que haya hasta el momento.

Sergio Torres  
Centro Internacional de Física

30

### FILOSOFÍA

#### KANT Y LA CIENCIA MODERNA

La presencia de la ciencia en nuestra vida no se expresa sólo como conocimiento y dominio tecnológico del mundo que nos rodea. Desde el momento de su aparición en los albores de la época moderna, la ciencia viene retando y cuestionando una concepción de lo humano con raíces en las tradiciones más genuinas de la cultura occidental. La ciencia pone así, al menos a primera vista, una nota disonante y se constituye en un reto. El propósito de este ensayo es exponer el modo como este reto fue enfrentado por uno de los grandes pensadores modernos.

Alejandro Rosas  
Dpto. de Filosofía - Universidad Nacional de Colombia

40

### MEDICINA

#### EL DENGUE

El dengue es una enfermedad infecciosa viral transmitida por la picadura de un mosquito que convive con el hombre porque se cría en los tanques de agua para beber y en los pozos de agua lluvia. Existen 4 variedades de virus que producen una enfermedad similar y no generan inmunidad cruzada, por lo cual puede repetir cuatro veces. La segunda vez puede resultar en el dengue hemorrágico, enfermedad grave que puede ser mortal y que se explica porque los anticuerpos contra el primer dengue pueden amplificar esta segunda infección. El tratamiento es sintomático y existe una vacuna en experimentación, pero la única forma efectiva de impedir el incremento de la morbimortalidad por esta enfermedad es educando a la comunidad para que contribuya al control del insecto vector.

Jorge Boshell  
Instituto Nacional de Salud

46

### HISTORIA DE LA CIENCIA

#### LOS 250 AÑOS DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

Pierre-Louis Moreau de Maupertuis publicó hace 250 años la obra «Dissertation physique a l'occasion du nègre blanc», donde por primera vez en la historia propuso la idea de la evolución orgánica y anticipó el concepto de mutación. Este escrito describe los postulados fundamentales de la teoría de Maupertuis.

Nelson Papavero, Jorge Llorente-Bousquets  
Universidad de Sao Paulo y Universidad Autónoma de México

52

### MÚSICA E INGENIERÍA

#### CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL STEELPAN

El tambor de acero o «steelpan», instrumento musical originario de las islas de Trinidad y Tobago, se derivó de instrumentos de percusión rudimentarios como baldes o conecas metálicas. El artículo describe los resultados de investigaciones realizadas sobre este instrumento en las áreas de mecánica, metalurgia, acústica y electrónica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de West Indies en Trinidad.

Clement Imbert, Derek Gay, Brian Copeland

62

### NOVEDADES EDITORIALES

70

**LA CIUDAD DEL FUTURO... HOY HACE**

# CON CIENCIA

**Y TECNOLOGIA**

**EL CENTRO INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**, una nueva forma, didáctica y recreativa de enseñar los adelantos científicos y técnicos en un lugar que está destinado a convertirse en modelo de los centros culturales del país y sitio de visita obligada para estudiantes, educadores y turistas.

**El futuro ya empezó, y en Ciudad Salitre se hace con ciencia.**

Con la promoción de:  
**ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA  
CIENCIA "ACAC".**

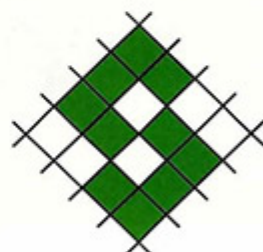
Y el aporte de:

- COLCIENCIAS
- DISTRITO CAPITAL
- GOBIERNO NACIONAL
- SECTOR PRIVADO

Un proyecto de Fiducia  
Inmobiliaria Integral  
Administrado por:



Filial del BCH



**CIUDAD  
SALITRE**

*Un ejemplo a seguir*

FUTURA PUBLICIDAD

VIGILADO SUPERINTENDENCIA BANCARIA

**CENTRO INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

# NOTA

# DEL EDITOR

## Sí futuro

**H**ace algunos días concluyó en Santafé de Bogotá la cuarta edición de Expociencia y Expotecnología, feria única en su género en todo el mundo de habla hispana, que se ha convertido poco a poco en uno de los eventos más importantes que se celebran en el coliseo de ferias de Bogotá.

El resultado global de esta versión sobrepasó ampliamente las expectativas más optimistas, al haber recibido 180.000 visitantes, es decir, 55% más que en la edición de 1993, y el triple que en la de 1991, destacándose un aumento del 45% en el número de visitantes adultos, contra tan sólo un 10% entre 1991 y 1993. Igual cosa ocurrió con el área neta de exhibición, que se incrementó casi en un cincuenta por ciento, lo mismo que el número de proyectos presentados para la feria de la creatividad juvenil.

¿Cuáles son las razones de tan inusitado avance, que mantiene a Expociencia-Expotecnología como la feria de mayor crecimiento entre las que tienen lugar en Bogotá, como ya había ocurrido entre el 91 y el 93? Dado que el cubrimiento del evento por parte de los medios de comunicación fue similar en esta oportunidad al de 1993 y los gastos en publicidad inferiores, la única respuesta plausible a este interrogante es que el amplio público, los planteles educativos, los maestros y los jóvenes, están empezando a mostrar un mayor interés por la ciencia, la tecnología y, en general, las diversas expresiones de la creatividad, confirmando los resultados similares obtenidos en la encuesta de opinión sobre ese tema realizada dentro del marco de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo.

Globalmente, la feria constituye una clara demostración de que las acciones adelantadas por el gobierno y la comunidad científica en los últimos años en pro del desarrollo de la ciencia y la tecnología están rindiendo sus frutos, ya que,

además del ya mencionado interés manifestado por el público en general, se debe destacar el incremento innegable en la calidad y la proyección de las exhibiciones, tanto en la muestra juvenil como en el área reservada a la industria, los centros de investigación y las universidades. A causa de ello, uno de los objetivos centrales de la feria, que era el de permitir la negociación de tecnologías y productos, con el fin de favorecer la interacción universidad-industria, aún tan tenue en nuestro país, se cumplió con creces, como lo atestigua el éxito de la rueda de negocios, mucho más concurrencia y fructífera que en la edición anterior.

Expociencia y Expotecnología/95 constituye una demostración fehaciente de que Colombia es un país mucho más complejo y rico que el que a diario nos muestran los medios de comunicación, hasta el punto de que es difícil de creer que tanta pujanza, tanta creatividad y tanto optimismo puedan nacer y desarrollarse en medio de la violencia, la corrupción y el narcotráfico. No puede uno menos que preguntarse con nostalgia cómo sería Colombia si esos flagelos desaparecieran, dejando libre curso a la creatividad, el espíritu emprendedor y la laboriosidad de nuestros compatriotas.

**EDUARDO POSADA F.**  
Presidente

**NOHORA ELIZABETH HOYOS T.**  
Directora Ejecutiva



# MENSAJES

Para Innovación y Ciencia

Apreciados Señores:

Quiero felicitarlos por la realización de tan bello esfuerzo en apoyo de la ciencia y los científicos colombianos, toda vez que la revista constituye un mensaje positivo y de estímulo a quienes con tantas dificultades tratamos de realizar algún aporte al país en estos campos.

Por la atención a la presente les quedo muy agradecido.

Cordialmente,

Alfredo Constaín Aragón  
Popayán

Estimados Señores:

Reciban un cordial saludo. Estudiar los artículos que se publican en la revista INNOVACIÓN Y CIENCIA se constituye en el grato placer de ver la ciencia y la tecnología en discursos muy serios, acompañados de un exquisito diseño lleno de color e ilustración seductora.

Gracias por hacer de ese saber sobre la ciencia y la tecnología algo tan agradable.

Fraternalmente,

Marco Fidel Chica Lasso  
Asesor de la Decanatura de Investigación  
Corporación Universidad Católica de Manizales



**EMISORA H.J.C.K.**  
**EL MUNDO EN BOGOTA F.M. ESTERO 89.9**

...Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría...

Oficinas: Carrera 12 N° 82-23 • Teléfonos: 236 38 40 - 236 39 96 - 616 02 35

Fax: 257 0595 - 236 88 61 • Bogotá D.C.

# Convocatoria para Financiación de Investigaciones sobre Biodiversidad

## Proyectos aprobados en noviembre de 1995



FONDO FEN COLOMBIA

THE JOHN D. AND CATHERINE T.  
MACARTHUR FOUNDATION

Evaluación de lombricompuestos en el proceso de rehabilitación de suelo degradado por minería en el Bajo Cauca, aplicable a nivel de finca, Miryam Uribe & Andrea M. Brand, Politécnico Colombiano "Jaime Isaza Cadavid", Centro de Investigación y Desarrollo Experimental Tecnológico (CIDET) y Universidad de Antioquía (Medellín).

Recuperación de la biodiversidad en la parte baja de la cuenca del río frío (Chía-Cundinamarca), Yolanda Sarmiento de Ewert, Orlando Rangel & Thomas van der Hammen, Fundación ECOSABANA, (Chía - Cundinamarca).

Identificación, distribución y abundancia de las larvas de lenguados - Písces, Pleuronectiformes en el litoral Pacífico colombiano durante 1991, Catalina Rueda Montenegro, Particular (Bogotá).

Diseminación de semillas en paisajes montañosos tropicales afectados por perturbaciones naturales y antropogénicas de escala mediana, Carla Restrepo & Andres Etter, University of Florida, Department of Zoology & Universidad Javeriana, IDEADE (Bogotá).

Estudio de la flora y la vegetación del bosque en los Montes de María correspondientes a los municipios de Colosó (Cerro La Piche) y Chalán (Sucre), Rubén Darío Patiño & Wilmer Nobles, Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias y Humanidades, Departamento de Biología (Sincelejo).

Un año de monitoreo de la diversidad de abejas euglosinas en la cuenca baja del río Anchicayá (Buenaventura, Valle del Cauca), Joel Tupac Otero, Diana Díaz & Claudia Restrepo, Fundación Herencia Verde (Cali).

Diversidad, uso de hábitat y abundancia de aves del género *Grallaria* en el Parque Regional Ucumarí, Gustavo Kattan, Fundación Eco-Andina (Cali).

Variación de la biodiversidad de mariposas y hormigas a lo largo de un gradiente altitudinal en la cuenca del río Gazaguan (Cundinamarca), Giovanni Fagua & Fernando Fernández, Fundación Nova Hyalea (Bogotá).

Estudio molecular y de comportamiento del sistema de apareamiento de tres especies de primates (*Cebus apella*, *Ateles belzebuth* y *Lagothrix lagotricha*) en el Parque Nacional Tinigua (Meta), Patricia Escobar Páramo, State University of New York at Stony Brook, Departamento de Ecología y Evolución, Programa de Doctorado (New York).

Composición, biomasa y productividad primaria del fitoplancton del lago Resaca (Amazonía colombiana), Santiago Duque, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales - sede Leticia.

Evaluación del estatus ecosistémico y de manejo de los bosques de fagáceas (*Quercus humboldtii* y *Trigonobalanus excelsus*) en el norte de la cordillera oriental (Cundinamarca, Santander y Boyacá), Carlos Alfonso Devia & Luis Alberto Villa, Universidad Javeriana, IDEADE (Bogotá).

Monitoreo limnológico mediante macroinvertebrados bentónicos en cuatro estaciones localizadas en los ríos Barandillas y Frío del departamento de Cundinamarca, Amparo Bohorquez & Jorge Luis Ardila, Universidad INCCA de Colombia, Facultad de Postgrados (Bogotá).

Sicopedagogía para la constitución de una conciencia ecológica contemporánea, Gonzalo Arcila Ramírez, Particular (Bogotá).

Estimación de la población de caimanes (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807) de Bahía Portete (Guajira) 1995 e implementación de programas de manejo y recuperación para la especie, Gerardo Abadía Klinge, INTERCOR - CARBOCOL (Barranquilla).

# La ingeniería bioquímica

como puente  
entre las  
tecnologías  
indígenas  
latinoamericanas  
y el desarrollo  
racional de  
nuevos productos  
comerciales

El mundo de hoy se encuentra en la búsqueda de nuevos paradigmas, alternativos a los modelos actuales de desarrollo industrial y de explotación indiscriminada de recursos naturales, los cuales tienen a la humanidad al borde de una catástrofe ecológica. Se trata de vislumbrar cambios de estrategia, integrando una realidad ambiental con consideraciones económicas, para evitar el conflicto con el medio ambiente, dentro de un marco real de desarrollo sostenible.

Conscientes del avance científico colosal que se ha dado en la biología molecular, la manipulación genética y la bioquímica, el reto moderno para los bioingenieros estriba en identificar nichos de aplicación, en los cuales pueda darse con rapidez el cambio de lo científicamente posible a lo técnico y ecológicamente factible, y por último, a lo económicamente rentable. No hay duda de que, en nuestro caso, para la selección de estos nichos deben tenerse en cuenta la idiosincrasia y los valores de los pueblos latinoamericanos, de tal forma que los biotecnólogos se acerquen con respeto y despojados de

arrogancia científica a conocer más sobre sus tecnologías y fundamentos, aunque no fuese más que para aprender algo de ellos, en relación con el respeto a la naturaleza, la preservación de la biodiversidad y los procesos sostenibles.

Anton Moser, ingeniero químico y biotecnólogo, ha liderado desde 1992 un movimiento en Europa, bajo

el nombre de "bioprocesamiento ecológico", como una nueva dimensión tecnológica, basada en una serie de "principios biológicos", cuyos elementos más importantes son:

1. Empleo del potencial existente en la biosfera, dentro de los esquemas productivos actuales, haciendo uso de la información genética y de la actividad fisiológica de los seres vivos y utilizando juiciosamente la capacidad asimilativa de los ciclos naturales.

2. Protección de la diversidad de la biosfera a través del estímulo de su evolución.

3. Perfeccionamiento de las bases económicas que permitan una proyección y acción a largo plazo, de tal manera que la calidad de vida sustituya el estándar de vida, dentro de los parámetros de evaluación del beneficio de las tecnologías.

4. Inmersión de la tecnología dentro de la biosfera, por medio del



desarrollo de bioprocesos que empleen materias primas renovables y minimicen la generación de subproductos contaminantes.

5. Mejoramiento de la eficiencia productiva, mediante la integración de operaciones.

6. Ubicación global de las acciones productivas, atendiendo las necesidades locales y estableciendo nichos de tecnologías adaptadas y apropiadas a las circunstancias, sustentadas en tecnologías locales y relativamente aisladas, consideradas con frecuencia como obsoletas por el mundo académico e industrial, pero cuya supervivencia enriquece la biotecnología regional moderna.

Es interesante señalar que las tecnologías biológicas son una herramienta esencial, no sólo en el tratamiento de la contaminación sino fundamentalmente en su prevención; es decir, la biotecnología no contempla únicamente el tratamiento de efluentes y residuos, sino también la producción de energía, y se constituye en alternativa para una agricultura ecológica y una industria bioquímica, además de su aporte tradicional en materia de alimentación y salud.

A continuación se presentan algunos casos, a partir de procesos biotecnológicos que guardan relación con la actividad presente y comprenden acciones de carácter tecnológico-artesanal que se originaron en las culturas mesoamericanas, donde se muestra un profundo respeto a la naturaleza, dentro de los principios antes mencionados en el modelo de Moser.

**Colorantes.** Existe una tendencia actual en la industria alimentaria internacional para encontrar sustituyentes naturales de los colorantes sintéticos. Ejemplos son el color rojo obtenido del insecto hembra conocido como cochinilla (*Coccus cacti* L.) que se cultiva en cactus, la tinta púrpura extraída de un molusco (*Purpura pansa*) encontrado en el océano Pacífico y que luego se recupera, la producción de índigo de las hojas de la planta xihquilitl, la extracción de una tinta naranja del achiote, la obtención de color rojo del palo de Brasil y la extracción de xantófilas de la flor de cempazuhitl y de varios tipos de chiles mexicanos. Hoy día algunos de estos productos se obtienen a través de cepas de *E. coli* recombinantes o del uso de cultivos de células vegetales.

**Maíz.** La mayor parte de los productos indígenas fermentados tiene que ver con bebidas y, entre ellas, las que utilizan maíz como materia prima son las más importantes. Un alto porcentaje de los productos derivados del maíz requiere el proceso de nixtamalización (calentamiento con agua y cal viva), lo que marca una diferencia importante con los productos del maíz consumidos en África y otras partes del mundo. El pozol es un producto particularmente interesante, que consiste en un alimento tomado como bebida, como medicamento y como elemento básico en ceremonias de la cultura Maya, cuya microbiología es sorprendente, a tal grado que su proteína se incrementa en calidad y cantidad, debido a un proceso de fijación de nitrógeno llevado a cabo por microorganismos especiales, cuya extraordinaria actividad contra bacterias patógenas ha sido recientemente descubierta mediante estudios en la Universidad de Minnesota. Un punto adicional de importancia es el uso integral de la planta: hojas, vellosidades y aun el hongo parásito del maíz (cuitlacoche).

**Pulque.** El papel de esta bebida alcohólica ligera era de singular importancia en el contexto social y económico de algunas culturas indígenas. Se trata del resultado de la fermentación del aguamiel, jugo extraído de diferentes variedades del maguey. La diversidad microbiológica del pulque es un ejemplo de la riqueza de estas tecnologías; en efecto, *Zymomonas mobilis*, ampliamente estudiada por su elevada velocidad específica de producción de alcohol, fue aislada del pulque en 1924; además, en el pulque se desarrollan tres tipos de fermentación: alcohólica, láctica y viscosa, siendo responsable de esta última la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*, la que le confiere su textura característica.

**Alimentos: amaranto y espirulina.** Las semillas de amaranto presentan un alto contenido de proteína y podrían, entonces, ubicarlo entre los cereales y las leguminosas, además de su gran contribución como complemento en aminoácidos azufrados y lisina. Este recurso, que jugó un



Foto Garcés - Villegas Editores

papel importante en la dieta prehispánica y en la medicina de la época, fue abandonado después de la conquista, pero redescubierto en la segunda mitad de este siglo, gracias a su valor. En 1979, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos lo seleccionó para ser estudiado a nivel internacional; adicionalmente, México ha gestado dos empresas para su investigación y procesamiento y ha generado más de diez productos comerciales y una tecnología para el reventado continuo y eficiente de la semilla. En fin, este producto ha atraído la atención de biotecnólogos para aplicar diferentes bioprocesos a su almidón y sus proteínas.

Los aztecas fueron pioneros en el consumo de biomasa microbiana, puesto que utilizaban una sustancia lodosa que flotaba en la superficie del lago Texcoco, la cual empleaban como queso, gracias a su similitud en sabor y aroma. Es interesante que, simultáneamente, a más de diez mil kilómetros, en la república africana de Chad, se hubiese cultivado también el alga azul *Spirulina*. La industrialización de la producción en México fue apo-

yada en la década del 70 por el Instituto Francés del Petróleo y la empresa Sosa Texcoco; sin embargo, no fue posible extender su producción y consumo en este país. De todas formas, la bioquímica y el potencial industrial del alga son tan promisorios, que a partir de 1985 se han revisado con horizontes comerciales.

**Insectos.** Desde tiempos antiguos en Mesoamérica muchas especies de insectos se han empleado por sus propiedades curativas (ungüentos, pomadas o infusiones) y nutritivas. Es el caso del gusano del maguey, los escamoles, los jumiles y los chapulines, entre muchos ejemplos. Hoy día, la biotecnología permite plantear diferentes estrategias, basadas en el conocimiento tradicional y provenientes de tierras de «baja productividad», generalmente fundamentadas en la dinámica de poblaciones de insectos.

Es interesante observar que en el documento Conpes-Colciencias-DNP-UDE "Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1978", del 2 de noviembre de 1994, se establece en el área de Medio Ambiente y Hábitat como componente estratégico el "de-

sarrollo de programas orientados a recuperar y complementar el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad y su manejo que detentan comunidades indígenas, negras y campesinas del país, y articular este esfuerzo en beneficio del mejoramiento de las condiciones de vida de esas comunidades". En consecuencia, nuestro país, con uno de los índices más altos de biodiversidad en el mundo, está llamado a integrar los conocimientos tradicionales y los bioprocesos modernos, dentro de un marco de desarrollo sostenible, empleando la ingeniería bioquímica como una herramienta viable e importante.

#### Marcelo Riveros Rojas

Ingeniero Químico, DIC, M.Sc.  
 Profesor Asociado,  
 Dpto. de Ingeniería Química,  
 Universidad Nacional

Fuente: López-Munguía, Agustín; Wachter, Carmen; Rolz, Carlos; Moser, Anton: "Integración de tecnologías indígenas y biotecnologías modernas: ¿una utopía?". *Interciencia*, Vol. 19, No. 4, julio-agosto 1994, pp. 177-182.

**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
- \* Mufflas
- \* Determinación de humedad/sólidos
- \* Reacción/síntesis orgánicas

**PEAK SCIENTIFIC**

GASES PARA LABORATORIO

- \* Nitrógeno
- \* Hidrógeno
- \* Aire
- \* Compresores
- \* Bombas de vacío

**TECNOLOGIA SIN LIMITES**

CIENCIA E INDUSTRIA

Productos y sistemas profesionales.

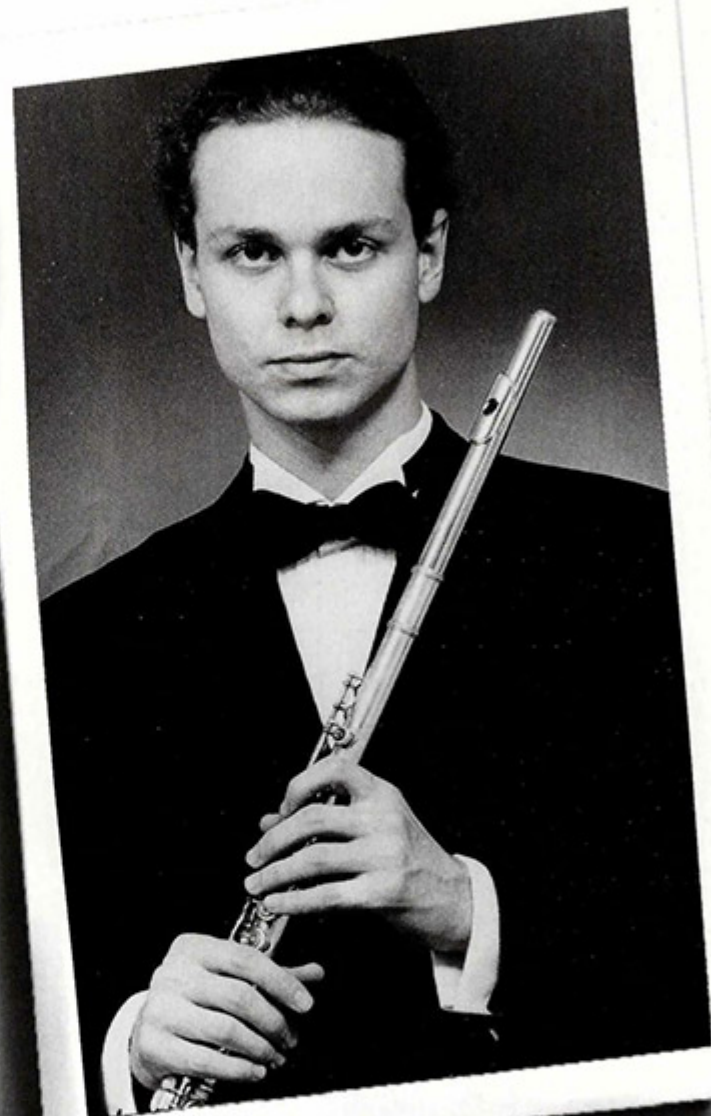
Calle 13 N° 51 - 39. Apartado 4284, Tel. 2 600 600

**PHILIPS**

# Mazda no sólo produce excelentes carros. También produce excelentes músicos.

Piense en el Mazda Matsuri y en el Mazda Allegro. Carros que han ganado varios premios allá afuera. Piense en la Línea 323, en el 626 L Asahi, o en las camionetas Mazda, vehículos premiados por la preferencia del consumidor aquí dentro. Muy bien. Ahora, concéntrese en el chico de la foto, que se llama Gaspar Hoyos, tiene 23 años y actualmente hace su Master en flauta en el Conservatorio de Nueva Inglaterra, en Boston, becado por la Fundación Mazda. Pues bien. Resulta que este joven músico acaba de ganar el primer

lugar en el más importante festival de flauta de los Estados Unidos, realizado en Orlando, Florida, la tierra de Mickey Mouse y Pluto, en donde fue ovacionado por más de tres mil personas, consagrándose como el mejor flautista joven del continente americano. La Fundación Mazda está feliz por la conquista de Gaspar Hoyos. Y no esconde su orgullo. Al fin y al cabo, ella también está aportando su granito de arena al desarrollo del país y a la imagen de Colombia en el escenario mundial, patrocinando jóvenes



talentos en las más diversas disciplinas, desde la física y las matemáticas a la música clásica.



**MAZDA**  
En el camino de la civilización



# Una herramienta su conservación

Entender cómo se origina y mantiene la diversidad biológica es un componente esencial para la preservación y manejo de los recursos naturales. En el Neotrópico gran parte de los estudios ambientales se han canalizado hacia las selvas húmedas de baja elevación, política entendible por el tamaño, importancia ecológica y extraordinaria riqueza de flora y fauna que las caracterizan. No obstante, el trópico americano incluye también una variedad de comunidades biológicas propias de la alta montaña que están amenazadas por la presión humana sobre la tierra, con el agravante de tener una restringida distribución geográfica y bajas tasas de recuperación. Uno de estos ecosistemas en peligro es el páramo.

Islas y cinturones de páramo aparecen discontinuamente en la franja comprendida entre la línea de árboles y las nieves perpetuas de las cordilleras de los Andes de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y la frontera tico-panameña. El origen de este bioma altoandino, exclusivo de una pequeña porción del globo, continúa siendo un misterio. Algunos investigadores consideran que el páramo ha sido el fruto de la influencia humana sobre los bosques de niebla a través de quemadas, ganadería y agricultura, mientras otros opinan que es un ecosistema natural<sup>2,5</sup>.

Independientemente de cómo se haya originado, el páramo es en nuestros días el hábitat de innumerables

# La investigación en el

# La alta montaña fundamental para la conservación y mantenimiento

especies animales y vegetales, muchas de las cuales son endémicas, o encuentran en este medio un último refugio ante la destrucción de los bosques andinos. Por sus características insulares en tierra firme y por los procesos de expansión y contracción que parecen haber ocurrido, en el páramo se encuentran especies emparentadas con grupos de mayores latitudes, otras que aparentemente se originaron en zonas bajas, y algunas que posiblemente han evolucionado *in situ*<sup>1,5</sup>. El origen diverso de la flora y la fauna hace de los páramos lugares clave para estudios biogeográficos, y el carácter atípico de sus condiciones ambientales los convierte en un laboratorio natural para el estudio de la evolución y la adaptación a condiciones climáticas extremas.

La alta montaña ecuatorial está caracterizada por un clima inmoderado que rompe los esquemas de lo que normalmente se considera «tropical». Por lo general, el páramo es un ambiente frío y húmedo, con abundante precipitación, frecuentes heladas, gran cantidad de radiación ultravioleta, suelos ácidos y saturados con agua, baja presión de oxígeno, vientos que

pueden ser fuertes y deshidratantes, y temperaturas supremamente variables durante el día<sup>2,6</sup>. Estas condiciones limitan el tipo de organismos que son capaces de habitar el páramo, muchos de los cuales exhiben características morfológicas, comportamentales y fisiológicas que reflejan la situación físico-climática

que toleran. Además de albergar un significativo número de especies endémicas, incluyendo aves, roedores, mamíferos, marsupiales, reptiles y anfibios, el páramo puede ser el último hábitat para algunos animales que tuvieron en otros días amplias distribuciones.

Los páramos no son sólo un tesoro desde el punto de vista biológico. También representan invaluables recursos económicos. Este ecosistema ofrece un enorme potencial hidrológico e hidroeléctrico, ya que origina innumerables ríos y sus suelos al-

macenan gran cantidad de agua. Asimismo, el páramo tiene especies nativas que se prestan para la explotación comercial, y ofrece grandes posibilidades de recreación y turismo ecológico<sup>4</sup>. Desde el punto de vista biotecnológico, la vegetación del páramo, adaptada a las frías condiciones de la alta montaña, guarda un acervo genético que podría utilizarse para mejorar la resistencia a las heladas de diversas cosechas.

Pese a su valor biológico, científico y comercial, el páramo ha sido un ecosistema bajo presión desde

los primeros asentamientos humanos en los Andes. En nuestros días, el mal uso de los suelos, la ganadería, las quemadas continuas y el aumento de la población andina, amenazan un medio que cubre menos del 2% de los Andes tropicales. La recuperación del páramo es demorada por causa de los factores climáticos y el lento crecimiento de la vegetación nativa<sup>7</sup>, de modo que la actividad humana acarrea procesos de erosión, transformación del paisaje, alteración de la composición biológica y disminución de la biodiversidad<sup>3</sup>. Es importante cuidar el páramo, pero para protegerlo y hacer uso de sus recursos sin destruirlo, es necesario un enfoque interdisciplinario que incluya el estudio de los fenómenos sociales que motivan su destrucción, la ecología de las montañas andinas y la biología de las especies que lo habitan. Desde este último punto de vista es fundamental conocer de qué manera diversos organismos explotan y comparten el hábitat, el modo en que se utilizan los recursos, y los factores que limitan la distribución y la capacidad de dispersión de las especies.

Muchos científicos han sido conscientes de la importancia del páramo, y han dedicado su vida y esfuerzo al conocimiento de este ecosistema. Pioneros como Cuatrecasas y Fosberg sentaron los primeros cimientos, y su ejemplo ha sido seguido por investigadores en diversas áreas. En la actualidad debe reconocerse que una creciente comunidad científica se preocupa por el estudio de la ecología de los ecosistemas altoandinos. Un listado completo de los numerosos investigadores interesados en el tema no está dentro de los propósitos de este escrito, y citar sólo unos nombres sería injusto. Es importante mencionar, sin embargo, que gran cantidad de trabajo se ha concentrado en el impacto del fuego y otras actividades humanas sobre el ecosistema, en diversos enfoques del estudio de la diversidad vegetal, patrones macroecológicos, geografía y estudios de suelos. Otros trabajos más recientes se han

# páramo



orientado hacia el conocimiento de la estructura de las comunidades vegetales y la ecología fisiológica de las plantas del páramo.

La lista de los estudios en zoología es, infortunadamente, menos extensa. Sin duda existen valiosos intentos por mejorar y actualizar las listas de especies, y se hacen esfuerzos por entender sus relaciones sistémicas. Sin desconocer el empeño de muchos estudiosos del tema, debe reconocerse que no sabemos mucho sobre la historia natural de las especies del páramo, y desconocemos si su biología comprende aspectos particulares y desconocidos que las hacen más aptas para la vida en un medio extremo y variable. También entendemos poco sobre los recursos esenciales para diferentes grupos animales, o sobre los factores que causan el endemismo de algunas de estas especies, a pesar de la continuidad geográfica con zonas de menor elevación. La investigación encaminada a responder estos interrogantes

es necesaria dentro de un programa integrado de conservación y uso de los recursos biológicos. Ningún plan de manejo a largo plazo tendrá éxito si no hay conocimiento de la historia natural de las especies que forman la comunidad, los recursos que necesitan, su ecología, fisiología, y los factores que afectan su demografía y distribución. Una importante labor de la academia y de las instituciones promotoras de la ciencia en Colombia, es estimular y apoyar la investigación en el páramo. Este es el único camino para entender, proteger y explotar racionalmente un tesoro de nuestro patrimonio biológico.

.....  
**Carlos A. Navas, Ph.D.**  
Laboratorio de Ecofisiología  
University of Connecticut

#### Literatura citada

1. **Baruch Z:** Ordination and classification of vegetation along an altitudinal gradient in the Venezuelan páramos. *Vegetatio* 1984; 55: 115-126.
2. **Del Llano M:** Los páramos de los Andes. *Universidad Nacional de Colombia, Bogotá*, 1990.
3. **Ecklhom E:** The deterioration of mountain environments. *Science* 1975; 189: 764-770.
4. **Luteyen JL:** Páramos: Why study them? In: Balslev H, Luteyen JL (eds.): *Páramo: An Andean Ecosystem under Human Influence*. Academic Press, London, 1992, pp. 1-14.
5. **Monasterio M, Reyes S:** Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de los Andes venezolanos. En: *Monasterio M (ed.): Estudios ecológicos de los páramos andinos*. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, 1980, pp. 47-91.
6. **Sarmiento G:** Ecological features of climate in high tropical mountains. In: Vuilleumier F, Monasterio M (eds.): *High altitude tropical biogeography*. Oxford University Press, New York, 1986, pp. 11-46.
7. **Sarmiento G, Monasterio M, Montilla M:** Succession, regeneration and stability in high Andean ecosystems and agro-ecosystems: The rest-fallow strategy in the Páramo de Gavidia, Venezuela. In: Winiger M, Weisman U, Recher JR (eds.): *Mount Kenya area: Differentiation and dynamics of a tropical mountain ecosystem*. Gogr Bern Afr St Ser A8, 1990.



# DESDE HOY SON LO MAS EFECTIVO

Ahora recibiendo Cheques, obtenga las ventajas del pago en efectivo.  
Afiliarse a COVICHEQUE y deje que sus cheques sean seguros y efectivos.

**COVICHEQUE**®  
**Su cheque efectivo**

# La violencia, aprendizaje o determinismo

## Introducción

**E**l incremento progresivo en los niveles de violencia en Colombia durante las últimas décadas ha ocasionado que este fenómeno se convierta en un problema de orden social, político, cultural, económico y de salud. Bogotá, capital del país, no ha escapado a esta dramática situación que se ve reflejada a través de diversos indicadores de dicho fenómeno. Es así como, durante el período comprendido entre 1960 y 1992, Bogotá presentó las mayores tasas de criminalidad en Colombia, superando ampliamente los promedios nacionales durante ese lapso. La tasa de homicidios en Bogotá sufrió un incremento vertiginoso durante el período 1960-1992, pasando de 1,6 a 9,2 por 10.000 habitantes. Durante 1991 se registraron 5416 muertes violentas en Bogotá (15/día), cifra que aumentó a 6066 en 1992 (17/día) y 7144 (20/día) en 1993. De estas últimas, el 78% correspondió a homicidios intencionales por arma de fuego, arma blanca o elemento contundente, alcanzando una tasa de homicidios de 9,4 por 10.000 h, cifra realmente impresionante si se tiene en cuenta que la media internacional varía entre 1 y 2 por 10.000 h en ciudades violentas.

El artículo es una síntesis del trabajo de investigación "Estudio exploratorio sobre los comportamientos asociados a la violencia", realizado por el equipo interdisciplinario constituido por Myriam Ximeno, Luis Eduardo Jaramillo, José M. Calvo, David Ospina, profesores de la Universidad Nacional y Sonia Chaparro, antropóloga UN. Recientemente recibió el Premio de Ciencias Sociales y Humanas de la Fundación Alejandro Ángel Escobar 1995.

La mayoría de asesinatos en Bogotá corresponde a riñas, ajustes de cuentas, atracos, venganzas y acciones de «limpieza» y ocurren por lo general en vías y espacios públicos. Los medios con que se ocasiona la muerte violenta son predominantemente las armas de fuego, cortopunzantes o contundentes. Las mujeres y los niños no escapan a los altos niveles de violencia en Bogotá. Es así como el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, durante el período 1982-1985, atendió 66.757 menores en condiciones de abandono y peligro físico y moral. Durante los diez primeros meses de 1992 se realizaron 4715 reconocimientos por lesiones personales a menores de 18 años en el Instituto de Medicina Legal y 1239 sexológicos, relacionados estos últimos con violación y otros delitos contra la libertad y pudor sexuales. En cuanto a la violencia conyugal, la misma institución determinó que en los meses de julio, agosto y octubre de 1993 fueron lesionadas respectivamente 577, 655 y 707 mujeres de todas las edades en Bogotá, predominando el rango comprendido entre los 19 y 50 años. Por otra parte, la Fiscalía realizó 1026 levantamientos de cadáveres de menores de 15 años, producto de circunstancias violentas, durante el período enero-octubre/93. Las causas más frecuentes de muerte en estos niños fueron heridas por arma de fuego, quemaduras, ahogamiento, caídas y armas cortopunzantes. Estas cifras corresponden a un promedio de 4 niños fallecidos en circunstancias violentas por día en la capital del país.

Como se desprende de los datos anteriores, la incidencia de hechos de violencia en Bogotá, su presencia ubicua y la amenaza de ser en cualquier momento y lugar alcanzado por ella, llevan a una preocupación generalizada sobre su comprensión. La violencia entendida como la agresividad maligna, destructiva, atrae por sus manifestaciones más ostensibles, que tienden a capturar a los analistas aún más en situaciones como la colombiana.

## Metodología

En la investigación, interés mantener un enfoque que sin reducir la violencia a anomalías sociales o individuales o a su función cohesionadora en términos de integración social o simbólica, permita mirar el conflicto y la disfunción. Pero sobre todo, que permita reconocer el tejido sociocultural más amplio por medio de niveles diferenciales de observación y análisis, a partir de lo etnográfico e individual. Es así como se planteó el estudio con el objetivo principal de examinar los factores culturales, sociales, psicológicos y circunstanciales asociados o que influyen en los comportamientos violentos de un sector urbano de Bogotá. En forma específica se trató de conocer los elementos culturales asociados o contextuales de los comportamientos violentos, la permanencia y cambios en los sistemas de referencia, la normatividad y control en el grupo familiar y su relación con el entorno institucional y social, así como las relaciones de pertenencia,

experiencias y formas de representación de la agresión y la violencia en los hogares estudiados y fuera de ellos.

El estudio fue diseñado teniendo en cuenta dos elementos técnico-metodológicos: su realización sobre un sector de la población típico de un estrato social pero sin características especiales de violencia y la apreciación de los fenómenos desde un enfoque interdisciplinario, recurriendo a técnicas de la antropología social y la psiquiatría.

### Análisis

Las características sociodemográficas de la población objeto del estudio sugieren una serie de cambios que parecen haberse dado en la estructura de este grupo: menor nivel de analfabetismo, menor número de matrimonios formales y de hijos por pareja, menor práctica de la religiosidad, más mujeres cabeza de hogar, entre otras. Sin embargo, otras condiciones se mantienen, como el bajo nivel de ingresos y el alto nivel de desempleo.

Las nociones de maltrato y violencia son vistas como unidades asociadas pero diferenciadas básicamente por la intensidad de los hechos. La violencia tiende a asociarse con la agresión física y su intensidad. La noción de «maltrato» tiende a resumir las experiencias del hogar, en infancia e historias personales caracterizadas por golpes, «fuetazos, manos puestas al fuego, rejo», por nombrar algunas.

La infancia fue un período hostil para más del 50% de los encuestados. Es evidente una fuerte relación familiar entre el ejercicio de la autoridad y el uso del maltrato físico y verbal. Sentimientos como la tristeza, la desconfianza, la pérdida de control y de la autoestima probablemente tienen su raíz en la reconstrucción en el presente de una vida familiar marcada por la agresión y la violencia.

La gente interpreta los hechos de violencia ocurridos fuera del hogar en forma particular, intentando negar situaciones dolorosas a pesar de

haber sido atracados, robados o maltratados y dando una mayor relevancia a los emitidos por los medios de comunicación. Es como si lo más trascendente fuera lo catastrófico y no lo cotidiano. Los robos o los atracos se racionalizan o justifican con expresiones tales como «es la inseguridad de Bogotá», «la policía y la justicia no funcionan». Estas racionalizaciones hacen que la experiencia de la cotidianidad se realice a través de procesos de trivialización.

Cuando se analizan otros indicadores tales como solicitud de ayuda ante la violencia, maltrato por autoridades, satisfacción con resultados de demandas, se concluye una falta de credibilidad en las instituciones del Estado.

Hay un elemento de género ostensible, pues después de los niños, son las mujeres las que en la mayoría de los casos son víctimas del maltrato en el hogar. Así pues, la mujer es maltratada en el espacio privado del hogar, mientras en el espacio público de la calle son los hombres los más atacados. Si bien no se observó mayor diferencia en el maltrato frente a la mujer en el hogar de origen, se hizo evidente que en el hogar actual la sufre, como madre y esposa.

En las experiencias vale la pena hacer notar un cambio generacional en el empleo de la violencia en el hogar, que se evidencia cuando son los mayores de 30 años quienes han sufrido los castigos brutales, lo que refleja probablemente una mayor influencia de un sistema de referencia que sanciona el uso de castigos brutales y un mayor reconocimiento por parte de los hijos al derecho de no ser maltratados. Igualmente, se observó una dicotomía entre lo que se expresa y lo que se hace, ya que muy pocos justificaron la violencia, y

sin embargo muchos castigan en su hogar, a veces sin motivo, y no se reconocen como maltratadores. De tal manera que la condición de víctima y blanco de maltrato en el hogar es fácilmente reconocida y puede explorarse en profundidad, mientras que la de maltratador trata de ocultarse.

Muchos entrevistados manifestaron que creían merecer el castigo de los padres y algunos lo interpretaban como prueba de amor o interés. Los que tenían estos conceptos eran aquellos que habían tenido una relación estrecha con sus padres. Sin embargo, los mismos, al preguntársele si este tipo de corrección la ejercían con sus hijos en su hogar actual, un número importante manifestó que utilizaban medios alternos de corrección, como la privación de gustos y el diálogo. Por otra parte, las agresiones



parecen arbitrarias y relativamente impredecibles o estallan por motivos baladíos en apariencia; en los relatos se tiene la impresión de que incluso el maltratador induce respuestas de parte de hijos y esposa para desencadenar golpizas u otras formas extremas de agresión. Las respuestas a los maltratos en forma de pasividad, resignación o bien enfrentamiento y contraagresión no parecen atenuar o evitar la confrontación. La descripción de las formas de maltrato no guarda relación con respuestas verbales o físicas de parte de los hijos. El encadenamiento y la escalada entonces parecen no obedecer al juego de las acciones mismas, sino a otras motivaciones.

Se observó que el escenario crítico de las interacciones padre-hijo es el ejercicio del control en la familia. La importancia de ser obedecido, de manera pronta, parece ligarse a una noción de que las órdenes de los padres pueden ser arbitrarias, sin relación con las exigencias y en ningún caso necesitan justificación ni permiten confrontación. Cuando lo que se ejerce es el control

como eje de las relaciones interpersonales, cuando la única cualidad presente en la transmisión de la norma es lo restrictivo, sucede que la norma se vuelve conflictiva, tensa, rígida. De allí nace su arbitrariedad y en los casos extremos su crueldad, porque desaparece el otro como persona con su individualidad. Esta forma de ejercicio de la autoridad se vuelve ambivalente y confusa en la medida en que quien la ejerce mantiene una lucha interna entre el deseo de imponerse de esa forma y por otra parte la presión social de un deber ser que sanciona los excesos y

plantea que la norma no sólo debe ser restrictiva, sino también educadora y reparadora.

El marco de referencia cognoscitivo sobre la autoridad como impredecible y arbitraria, reforzado por la presencia de interacciones violentas en la vida de la casa para un sector importante de los entrevistados, induce a su vez a respuestas violentas como recurso ante situaciones de conflicto.

La escasez y debilidad de las redes sociales (familiares, vecinos, paisanos) parecen asociadas a las interacciones violentas en la medida en que en el hogar la cohesión descansa sobre necesidades apremiantes y ligada a dinámicas de ejercicio de autoridad. Es decir, las carencias y dificultades económicas, la tensión alrededor de la lucha por sobrevivir, con su sobrecarga emocional manifiesta en angustia y tristeza, absorbe la mayor parte de las energías y del tiempo de la familia. Se vive en una dinámica cortoplacista, inmediatista y angustiosa, que dificulta los proyectos de largo aliento y la autoridad se atrapa y

se absorbe en ella. La autoridad familiar se dirige más hacia resolver situaciones extremas y sus efectos.

En la calle, se observa una reproducción de un sistema de relaciones en el cual la autoridad no cumple con las funciones de mediación, educación, persuasión, prevención y restauración y se queda con el ejercicio inconsistente y ambivalente en la aplicación de la norma. Si la noción de autoridad está confusa y sus preceptos no son internalizados, la vivencia de la autoridad de este grupo es reconocida sólo como un poder externo. De allí la desconfianza ante la autori-

dad y ante el resto de ciudadanos, huérfanos de mecanismos de solidaridad y protección.

Los entrevistados ven el entorno como inseguro, injusto y violento. Lo personalizan en las autoridades. Existe un sentimiento generalizado de poca credibilidad en algunas instituciones del Estado. En nuestro universo de encuestados no se reconoce la autoridad legítima porque no castiga la agresión, antes bien la ejerce y no cumple así una función antiagresiva, intimidadora, restauradora, educativa y moldeadora de valores.

Desde el punto de vista psicocultural, es el complejo ambiental y cognoscitivo y las dinámicas complejas que se tejen alrededor del ejercicio de la autoridad, los que proveen vínculos con las interacciones violentas en el nivel de organización social. La autoridad como incierta, ambigua, confusa, que viven los individuos en su casa, tiene continuidad en la vida social externa a ella. Se traza así una línea débil de demarcación en las interacciones interpersonales entre violencia y no violencia.

La debilidad del sector social estudiado por su posición en la jerarquía social, lo hace especialmente vulnerable a la arbitrariedad de la autoridad. La organización del ejercicio de la autoridad en la sociedad y los marcos culturales con los cuales se la aprehende, comprende y transforma en acciones cotidianas, predisponen a la violencia como un recurso que de manera contradictoria pretende el amparo, real o ficticio pero sentido, de la propia vida.

Esto nos llevó a dudar de ciertos determinismos, ya sean genéticos, psicológicos, estructurales, históricos o de la naturaleza humana de los colombianos, y a pensar que la violencia es el producto de un aprendizaje temprano que puede ser modificable, para hacer una Colombia más tolerante.

Ismael Roldán Valencia

Profesor Asociado  
Departamento de Psiquiatría  
Universidad Nacional de Colombia

... no se reconoce  
la autoridad legítima  
porque no castiga la  
agresión, antes bien  
la ejerce y no cumple  
así una función  
antiagresiva, intimidadora,  
restauradora, educativa  
y moldeadora  
de valores.



# Los rayos T

## Nueva técnica de producción de imágenes, con múltiples aplicaciones potenciales

**E**n su edición de agosto 26, la publicación *Science News* incluye un artículo en el que se describe una nueva técnica de producción de imágenes y su utilización para determinar la composición estructural y química de objetos ordinarios.

Mientras trabajaban en la búsqueda de un método mejorado para probar la integridad de circuitos eléctricos de alta velocidad, Bin Bin Hu y Martin C. Nuss, físicos de los laboratorios AT&T Bell (Holmdel, New Jersey), observaron que las ondas terahertz (radiación de un billón de ciclos por segundo ubicada entre la franja infrarroja y las ondas de radio) penetraban con gran facilidad los circuitos de silicio. Los investigadores se preguntaron entonces si tal característica podría tener aplicaciones generales de interés. Surgió así un nuevo sistema de producción de imágenes: los rayos T.

Las ondas terahertz pueden considerarse como ondas de radio de frecuencia muy alta o como ondas infrarrojas de frecuencia extremadamente baja, que atraviesan con facilidad diversos materiales no metálicos secos (plástico, cartón, madera, vidrio), experimentando en el proceso una ligera distorsión. La interpretación de las modificaciones introducidas en la

forma de las ondas emergentes permite determinar la composición química del material irradiado.

Midiendo las distorsiones sutiles —incluidas absorción, dispersión y reflexión— es posible decodificar los «trazos» característicos de elementos específicos. La espectroscopia infrarroja distante convencional produce información similar, pero no imágenes; con la nueva técnica es posible traducir dicha información en una imagen de computador.

Para sorpresa de los investigadores, los algoritmos diseñados por la compañía para reconocer la voz en las comunicaciones telefónicas resultan útiles en la decodificación de ondas terahertz. Cuando los rayos T emergen de la sustancia que han atravesado son capturados, tratados como si fuesen señales de audio y analizados para establecer qué cambios tuvieron lugar, determinar la distribución de compuestos químicos en el interior del material respectivo y producir una imagen con una resolución de 250 micras.

Combinando las ventajas que ofrecen las sondas ópticas y eléctricas con el sistema de producción de imágenes mediante rayos T es posible, por ejemplo, analizar un paquete sellado y revelar su contenido; en uno de sus ensayos,

Nuss leyó el texto impreso en una tarjeta de presentación guardada dentro de un sobre cerrado (**figura**).

Los metales absorben completamente las ondas terahertz y por ello no permiten producir imágenes empleando esta técnica, pero en cambio sí es factible aplicarla al análisis de una hoja o una fruta, para determinar la distribución interna de agua, o a un trozo de tocino para localizar los depósitos de grasa contenidos en el interior del tejido.

El sistema ha demostrado ser especialmente efectivo para establecer la composición de los gases, ya que en esta frecuencia tienden a presentar líneas de absorción muy estrechas y por tanto resulta fácil averiguar si un cilindro contiene, por ejemplo, dióxido o monóxido de carbono. Nuss considera que las imágenes de rayos T pueden ser útiles para el monitoreo de gases industriales y contaminantes, así como para efectos de control de calidad en el proceso de fabricación de semiconductores.

Aunque los investigadores han experimentado con las ondas terahertz desde hace muchos años, hasta el presente éstas se empleaban como sondas eléctricas y no en la producción de imágenes; entre otras razones porque su propaga-



**Figura.** Los rayos T atraviesan un sobre cerrado (a) y generan una imagen (c) de la tarjeta que hay en su interior (b). (Tomado de Science News).

ción era excesivamente dispendiosa y costosa. No existen sistemas eléctricos lo suficientemente rápidos para generarlas directamente. En la actualidad, el contar con unidades láser pequeñas (del tamaño de una caja de zapatos), capaces de producir disparos de energía ultracortos y de gran precisión, permite optimizar el empleo de sistemas que involucren la obtención de rayos T. Un disparo láser dirigido a un dispositivo de estado sólido produce pulsos que duran 100 femtosegundos, tiempo suficiente para producir, detectar y medir una emisión de rayos T, induciendo oscilaciones que generan las ondas terahertz deseadas.

Según David A.B. Miller, también físico de los laboratorios Bell, lo que hace a las ondas terahertz especialmente interesantes es el hecho de que ocupan una región del espectro donde se superponen ondas ópticas y ondas de radio —y por tanto se intersecan la física clásica y la cuántica—, propiedad que ha contribuido a incentivar su estudio.

En opinión de Jeffrey Bokor, físico de la Universidad de California en Berkeley, Nuss puede haber subestimado las aplicaciones potenciales de la técnica. Varios investigadores han empezado a sugerir todo tipo de posibilidades,

desde la utilización de los rayos T para determinar la presencia de células cancerosas en muestras de tejido y localizar reservas ocultas de agua, hasta su empleo para examinar circuitos de computador.

Probablemente podrían usarse también en radares y sistemas de sensores remotos y, en el área de control de calidad, harían posible, al menos teóricamente, detectar fallas en materiales y piezas de repuesto o filtraciones de agua en las construcciones. El poder mirar dentro de paquetes sellados plantea usos adicionales tales como verificar la integridad de un producto empacado inmediatamente antes de despacharlo y revisar correspondencia en busca de explosivos.

"Aún estamos tratando de establecer las fortalezas y las debilidades de esta tecnología... Preguntándonos qué puede hacer que otras técnicas de producción de imágenes no puedan. Ese es el trabajo más importante por el momento, antes de preocuparse por la comercialización", afirma Nuss.

Por otra parte, especular acerca de posibles tecnologías promovidas por las aplicaciones de los rayos T puede llevar a conclusiones como la de un investigador presente en la conferencia de Baltimore en la que Nuss expuso la

imagen de una tarjeta de presentación guardada dentro de un sobre sellado: "¡Podría existir todo un mercado nuevo para sobres forrados con papel de aluminio!"

En cualquier caso, se trata de un buen ejemplo de «serendipity», la palabra inglesa que describe la habilidad o el talento para hacer descubrimientos inesperados, completamente por azar, y que, bien mirado, ilustra además un tipo de pensamiento flexible y creativo capaz de convertir hallazgos fortuitos en novedosas líneas de acción. Cualidad que, pese a haber sido parcialmente intervenida por el paradigma del positivismo científico, ha sido característica de la especie desde los comienzos de su historia y ha contribuido en forma nada despreciable a su avance científico-tecnológico.

.....

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

# NOBEL

## Medicina y Fisiología

“Un reconocimiento al poder de la genética pura”

Edward B. Lewis

(uno de los tres científicos galardonados)

Las diminutas moscas de las frutas (*Drosophila melanogaster*) fueron las principales protagonistas en la investigación sobre los genes que controlan el desarrollo embrionario por lo cual fueron premiados los genetistas Edward B. Lewis del Instituto de Tecnología de California (Caltech), Christiane Nüsslein-Volhard del Instituto Max Planck en Alemania y Eric Wieschaus de la Universidad de Princeton.

Edward Lewis comenzó a estudiar los genes encargados de controlar la organización de segmentos del cuerpo de las moscas en los años 30. Identificó un conjunto de genes encargados de dirigir el desarrollo de secciones muy específicas del embrión como son la cabeza, el tórax o el abdomen. Encontró cómo algunas mutaciones de estos genes hacían que los insectos que poseían una copia extra de las alas presentasen también una sección torácica adicional. Durante varias décadas coleccionó y cruzó moscas con diversas mutaciones, lo cual le llevó a identificar una serie de genes encargados de regular la actividad de otros genes, posteriormente denominados genes homeóticos selectores.

En 1978 demostró el principio de «Cotinearidad»: los genes homeóticos aparecen en los cromosomas en el mismo orden en que aparecen los segmentos del cuerpo que regulan.

El trabajo de Lewis no explicó los cambios genéticos que dividen

el embrión en segmentos primordiales y la forma como se activan estos genes selectores.

Tres décadas después Eric Wieschaus y Christiane Nüsslein-Volhard se concentraron en el estudio de los genes encargados de la iniciación del desarrollo del embrión. Durante meses se dedicaron a la ardua tarea de examinar millares de embriones muertos de drosófila cuyos progenitores habían sido expuestos a químicos mutagénicos.

En esta forma identificaron más de una docena de genes que determinan el plan de desarrollo del embrión, incluyendo genes que al sufrir una mutación eliminan segmentos específicos del cuerpo.

El trabajo de los tres científicos tuvo un impacto enorme en el campo de la genética al explicar cómo se llega de un huevo fertilizado a un organismo multicelular.

Investigaciones posteriores realizadas por los nobelistas han demostrado que genes similares a

los que determinan la estructura o modelo del cuerpo de las moscas de las frutas, también existen en vertebrados, incluyendo a los mamíferos, e incluso en las plantas.

No sólo se parecen los genes y los productos de éstos, sino que también se observa una «preservación» en la secuencia de las interacciones de los genes. Esta preservación es de suma importancia puesto que a raíz de las investigaciones en drosófila se está explicando cómo debido a copias erradas de este tipo de genes tienen lugar muchos abortos en los seres humanos y se está entendiendo el origen de varias malformaciones congénitas en el hombre.

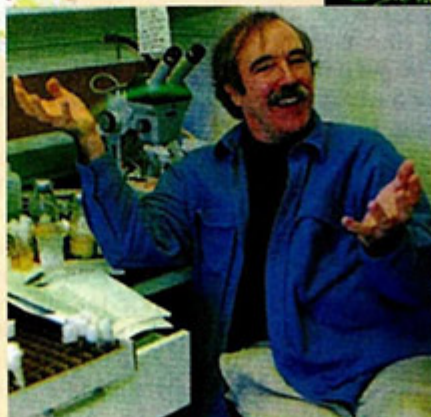
Rosario Martínez  
Asistente de Dirección  
A.C.A.C.



Edward B. Lewis



Christiane Nüsslein-Volhard



Eric Wieschaus

# 1995

## Física

**L**a Real Academia Sueca de Ciencias ha otorgado el Premio Nobel de Física 1995 a Martin L. Perl de la Universidad de Stanford, California, y a Frederick Reines de la Universidad de California, Irvine, Estados Unidos, por "sus contribuciones experimentales pioneras a la física de leptones". En particular se distinguió a Martin Perl por el descubrimiento del leptón tau, o tauón, y a Frederick Reines por la detección del antineutrino electrónico, descubrimientos efectuados hace 20 y 40 años respectivamente.

Los leptones son partículas constituyentes elementales de la materia, que no participan de la interacción nuclear fuerte: electrón, muón, tauón y sus neutrinos asociados.

### Cowan y Reines: primera detección de neutrinos

El neutrino, sin carga eléctrica y con masa despreciable, muy cercana a cero, prácticamente no interactúa con la materia, lo que dificulta bastante su observación experimental. Esa partícula, la «pequeña partícula neutra», o neutrino, difícil e incómoda para los experimentalistas, fue propuesta por Wolfgang Pauli en 1930 para salvar nada menos que la importantísima ley de la conservación de la energía, que por esa época parecía no cumplirse en los decaimientos radiactivos beta: procesos donde se emiten electrones aparentemente con un déficit de energía. Según Pauli el neutrino llevaría la energía faltante.

Pero, ¿cómo registrar directamente los neutrinos, si se requieren detectores con un espesor de varios años luz para poder capturar suficientes neutrinos provenientes de una fuerte

radiactiva beta? La respuesta la halló Enrico Fermi a comienzos de la década del 40, sugiriendo emplear fuentes muy intensas de neutrinos: los reactores nucleares, con los cuales se alcanzan flujos de  $10^{12}$  hasta  $10^{13}$  neutrinos por segundo y  $\text{cm}^2$ , suficientes para su observación experimental directa. Siguiendo esta sugerencia de Fermi, Clyde L. Cowan y Frederick Reines iniciaron en 1953 su célebre experimento utilizando el intenso flujo de neutrinos, primero del reactor nuclear de Hanford, luego del reactor de Savannah River, Estados Unidos, para estudiar la reacción:



Frederick Reines

$\text{antineutrino} + \text{protón} \rightarrow \text{positrón} + \text{neutrón}$

En un tanque con 400 litros de agua con algo de cadmio, los antineutrinos del reactor nuclear colisionaban con los protones del agua, resultando positrones y neutrones. Los positrones (antimateria) se aniquilaban con la materia, emitiendo fotones; los neutrones eran capturados por el cadmio, también con emisión de fotones. Registrando los fotones con detectores apropiados inmersos en el agua, Cowan y Reines detectaron hace 40 años los primeros antineutrinos. Se inició así la era de los «experimentos imposibles» de neutrinos.

### Perl: el tauón, primera partícula de la tercera generación

Una serie de experimentos realizados por Martin Perl y su equipo de físicos experimentalistas en el Laboratorio del Acelerador Lineal de Stanford (SLAC) entre 1974 y 1977 llevaron al descubrimiento del tauón, el hermano pesado del electrón y del muón. En SLAC, con el anillo colisionador SPEAR se hacían colisionar frontalmente electrones con positrones con energías en el centro de masa de hasta 5 GeV. La aniquilación de este par leptón-antileptón (materia-antimateria) da lugar a la producción de



Martin L. Perl

otro par leptón antileptón, incluso con leptones más masivos. Sólo se requiere suficiente energía. Con un sistema de detección e identificación de partículas alrededor del punto de aniquilación electrón-positrón, Perl buscaba eventos donde se registraban en el estado final electrones y antimuones, positrones y muones, moviéndose en direcciones no exactamente opuestas. Aplicando la conservación del momento y de la energía Perl podía reconstruir un proceso intermedio: la producción de un par leptón-antileptón pesado y de corta vida, el par tauón-antitauón. Lo observado por Perl era consistente con la serie de procesos:

$\text{electrón} + \text{positrón} \rightarrow \text{tauón} + \text{antitauón}$   
 $\text{tauón} \rightarrow \text{electrón (o muón)} + \text{neutrinos}$   
 $\text{antitauón} \rightarrow \text{antimuón (o positrón)} + \text{neutrinos}$

La evidencia experimental acumulada por Perl durante varios años llevó así al descubrimiento del tauón como hermano pesado del electrón: el tauón, un leptón 3500 veces más masivo que el electrón y que resultó ser la primera de las partículas descubiertas de la tercera generación de partículas del Modelo Estándar, la generación pesada, que incluye además del tauón con su neutrino asociado, también al quark bottom, descubierto en Fermilab en 1978 por Leon Lederman (Premio Nobel 1988) y el quark top, descubierto en 1995, también en Fermilab, por las colaboraciones CDF y DO.

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

### Bibliografía

1. «The Neutrino», Frederick Reines and Clyde L. Cowan, *Nature*, 1 September 1956.
2. «Neutrino Physics», Frederick Reines and Clyde L. Cowan, *Physics Today*, August 1957.
3. «Heavy Leptons», Martin L. Perl and William T. Kirk, *Scientific American*, March 1978.
4. «Leptons - What are they?», Martin L. Perl, *New Scientist*, 22 February 1979.

### Información en Internet:

<http://www.nobel.se/announcement95-physics.html>



# 1995

## Química

### Química atmosférica: la capa de ozono, ¿enfermo en recuperación?

La Academia Sueca de Ciencias otorgó el Premio Nobel de Química 1995 a los profesores Paul J. Crutzen del Instituto para la Química Max Planck de Mainz (Alemania), Mario J. Molina del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, Estados Unidos) y F. Sherwood Rowland de la Universidad de California en Irvine (Estados Unidos), por sus trabajos pioneros sobre la formación y descomposición del ozono ( $O_3$ ), a través de procesos químicos en la atmósfera.

Desde comienzos de la década de los setenta, los galardonados habían sugerido que la emisión de óxidos de nitrógeno producidos profusamente por las bacterias del suelo y el uso continuo de clorofluorocarbonados (CFCs) como refrigerantes, espumas plásticas y propelentes de aerosoles perjudicaban gravemente la capa de ozono de la atmósfera. En 1970, Crutzen esbozó una ruta química para explicar cómo el óxido nítrico ( $N_2O$ ) podía convertirse en un «devorador» del ozono atmosférico. Especuló que el  $N_2O$  estable podía ser arrastrado a la estratosfera, donde sería convertido por la luz solar en dos compuestos nitrogenados reactivos, NO y  $NO_2$ , los cuales reaccionarían catalíticamente con el ozono, formando  $O_2$  y acelerando de esta



Paul J. Crutzen

forma la tasa de reducción del ozono. A mediados de los setenta, mediciones atmosféricas más precisas confirmaron las conclusiones de Crutzen.

En 1974, Mario J. Molina, nacido en México, y F. Sherwood Rowland insinuaron que los clorofluorometanos, de la familia de los CFCs —freones—, eran una amenaza notable para la capa de ozono. En efecto, según ellos, estos gases, químicamente inertes, podían permanecer en la atmósfera entre 40 y 150 años y su fotodisociación en la estratosfera produciría una cantidad significativa de átomos de cloro, los cuales ocasionarían la destrucción del ozono.



F. Sherwood Rowland

del agotamiento de la capa de ozono.

En 1985, un equipo de científicos ingleses, encabezado por Joseph Farman, observó "un agujero de ozono" sobre el Antártico. Molina determinó que la rápida destrucción del ozono sobre el Polo Sur era debida a la interacción entre partículas diminutas de hielo y subproductos de los CFCs, y Crutzen identificó un mecanismo que aceleraba esta destrucción, consistente en reacciones químicas sobre la superficie de partículas de nubes en la estratosfera.

El trabajo de Molina y Rowland condujo inicialmente a algunas restricciones sobre los CFCs a final de los setenta y comienzos de los ochenta, y con la contribución de Crutzen, posteriormente se hizo posible la prohibición de la liberación de



Mario J. Molina

sustancias que agotan la capa de ozono (SADCO). En efecto, un protocolo sobre la protección de la capa de ozono fue firmado en Montreal en 1987; según las últimas revisiones del Protocolo de Montreal, en Nairobi y Londres, los

gases más peligrosos serán totalmente prohibidos a partir de 1996. Si se cumple el protocolo, la capa comenzaría a curarse a la vuelta del siglo XXI y su recuperación total tomaría al menos cien años.

Hoy se sabe que los ganadores del Nobel estaban en lo correcto en todos los puntos esenciales, llegándose a afirmar que incluso podrían haber subestimado el riesgo. "Al explicar los mecanismos químicos que afectan el espesor de la capa de ozono, los tres investigadores han contribuido a nuestra salvación de un problema ambiental global que podría tener consecuencias catastróficas", declaró la Academia Sueca en la presentación del Premio.

**Marcelo Riveros Rojas**

Profesor Asociado

Dpto. de Ingeniería Química,

Universidad Nacional de Colombia



### Bibliografía

1. Molina M, Rowland FS: Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature* 1974; 249: 810-812.
2. Cicerone RJ, Stolarski RS, Walters S: Stratospheric ozone destruction by man-made chlorofluoromethanes. *Science* 1974; 185: 1165-1167.
3. Service RF: Uncovering threats to the ozone layer brings rewards. *Science* 1995; 270: 381-382.
4. El Tiempo: Nobel de Física y Química. 12D-13D, octubre 17 de 1995.
5. Revista Time: Nobels: of ozone and fruit flies. 82-83, octubre 23 de 1995.
6. The Royal Swedish Academy of Sciences: The ozone layer—the Achilles heel of the biosphere. *Presentación Nobel Química 1995, Internet MIT, octubre 31 de 1995.*

# OBJETIVO

## Economía

La escuela de economía de la Universidad de Chicago se ha distinguido, en la última mitad de este siglo, por ser la más prolífica en economistas galardonados con el Premio Nobel (ocho, incluyendo cinco de los últimos seis) y, principalmente, por su influyente papel en contra del intervencionismo del Estado. En el pasado mes de octubre, la Academia Real de Ciencias de Suecia concedió al economista Robert J. Lucas, de esta Universidad, el Premio Nobel de Ciencias Económicas por sus investigaciones de 25 años, con las que ha contri-

buido a unificar subcampos de la economía.

Partiendo de principios analíticos que se han aplicado siempre en el campo microeconómico, ha demostrado que los mismos pueden ser utilizados para resolver problemas prácticos en macroeconomía. Al concederle el premio, la Academia de Ciencias lo consideró como "el economista que ha tenido mayor influencia en investigaciones macroeconómicas desde 1970".

Con su contribución más notable, la teoría de las expectativas racionales, demostró en 1970 un principio aparentemente simple, que el sentido común de la economía en la gente le permite no dejarse sorprender por las políticas económicas que a veces adoptan los gobiernos. Los economistas keynesianos habían venido sosteniendo que los gobiernos podían adoptar políticas monetarias y fiscales, confiablemente,

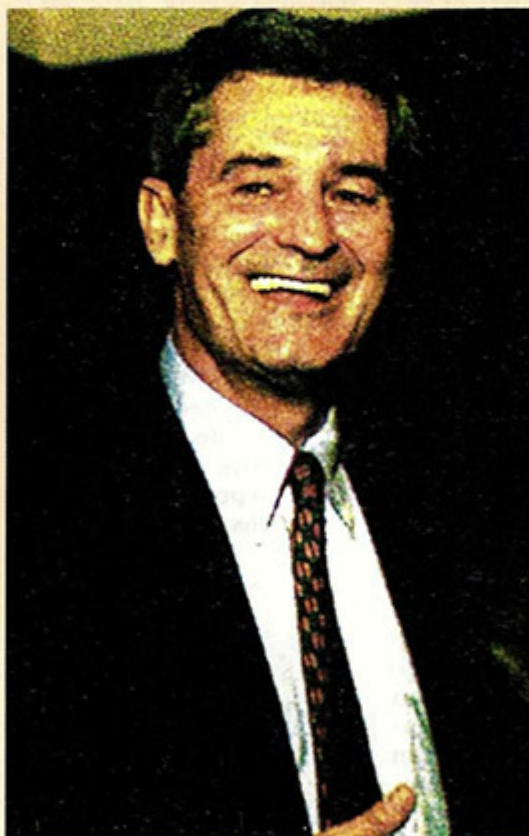
para dirigir el rumbo macroeconómico de los países. Lucas probó que los trabajadores y los empresarios, mejor informados o más inteligentes de lo que se cree, tienen «expectativas racionales» y, anticipando los efectos de tales políticas, toman acciones que las vuelven inefectivas.

El caso más citado es el de la intervención del gobierno de Estados Unidos, durante la recesión de 1970, para revivir la economía y aumentar el empleo. Obrando de acuerdo con la teoría convencional, el gobierno federal incrementó el gasto público, aumentando en esa forma el dinero circulante, y tomó acciones para bajar las tasas de interés. Con ello esperaba impulsar la producción y los negocios, al tiempo que creaba empleo. Lo que

resultó fue todo lo contrario: alta inflación, estancamiento de la economía y aumento del desempleo, un fenómeno conocido como *estanflación*.

Lucas lo explicó mediante su teoría de las expectativas racionales: la alta inflación no produce en la gente más afán de gastar sino más necesidad de presionar aumentos en los salarios para compensar la reducción de su poder de compra; y los empresarios, al prever alzas en los gastos de producción y no esperar de los precios inflados mayor demanda por sus productos, no abren nuevas fuentes de trabajo. Resultó así lo opuesto de lo que se buscaba y se obtuvo lo peor de ambos mundos.

Su teoría ha sido confirmada y ha ganado adeptos a partir de los años setenta. Algunos gobiernos, aplicando sus enseñanzas, se han abstenido de intervenir la economía para no empeorarla. Así lo demostró el poco entusiasmo de las administraciones Bush y Clinton por tomar acciones drásticas contra la recesión de 1990-91. Sin embargo, muchos economistas critican ahora la teoría de expectativas racionales por ser causante de actitudes demasiado cautelosas, que se reflejan en inactividad de los gobiernos ante un panorama de rápidos cambios tecnológicos; pero ello no fue óbice para que la Real Academia de Ciencias de Suecia escogiera a Lucas como el ganador del Premio Nobel de Economía en 1995.



Robert J. Lucas

**Alberto Ospina**  
Presidente,  
Cienytec





En respuesta a la legislación existente sobre contaminación ambiental, muchas compañías automotrices están compitiendo por lograr una mayor eficiencia con el combustible y una disminución considerable de la emisión de gases contaminantes. Para lograr esta meta los investigadores están buscando alimentar los motores de los automóviles con energía eléctrica y combustibles alternativos.

El más promisorio de los prototipos presentados hasta el momento es el vehículo eléctrico híbrido (HEV), un auto equipado con motor a gasolina y eléctrico simultáneamente. El sector académico, el gubernamental y los productores de vehículos trabajan conjuntamente para construir un HEV comercialmente aceptable, que saldría al mercado en 1998.

## ECOLOGÍA

### Automóviles híbridos

El HEV tiene dos versiones básicas en las cuales los motores funcionan en serie o en paralelo. En el híbrido en serie el motor eléctrico alimenta el vehículo y el motor de gasolina funciona únicamente para cargar la batería. En el ensamblaje en paralelo, cualquiera de los dos motores puede mover el carro.

Cada diseño tiene sus ventajas y sus desventajas. El híbrido en serie requiere un motor suficientemente grande para producir el desempeño que se espera de él; el paralelo puede ser conducido con cualquiera de los dos motores y no necesita un motor eléctrico tan grande o tan potente como necesitaría el ensamblado en serie.

En junio pasado, en Auburn Hills, Michigan, participaron 32 grupos universitarios en la Competencia de Vehículos Eléctricos Híbridos. Los ganadores convirtieron un Chrysler Neon, utilizando el ensamblaje paralelo con un mecanismo interruptor. El vehículo corrió con motor de gas natural comprimido y el motor eléctri-

co sólo se encendió cuando se necesitaba potencia adicional, por ejemplo, al subir una colina o adelantar otro vehículo.

El problema de modificar automóviles ya existentes es que éstos tienen limitaciones en el diseño y el peso de las partes convencionales requiere una potencia mayor para lograr la misma eficacia. Por tanto, para desarrollar autos de rendimiento similar al que tienen los actuales vehículos a gasolina es necesario un diseño totalmente original en el cual se remplace el mayor número de piezas que sea posible por otras hechas con materiales más livianos.

Los vehículos híbridos podrían representar un paso intermedio hacia el desarrollo de automóviles puramente eléctricos, o quizá un producto final en sí mismos.

## MEDICINA

### El uso prolongado de aspirina previene algunos tipos de cáncer



Hace algún tiempo considerada como un simple elemento para aliviar el dolor de cabeza, en la actualidad la aspirina asombra a los médicos por su capacidad para prevenir infartos y trombosis cerebrales. Adicionalmente, se ha encontrado nueva evidencia que sugiere que la aspirina también reduce el riesgo de desarrollar cáncer de colon o recto.

Durante un estudio realizado en 1993 entre 22.000 personas de sexo masculino, los médicos se hicieron preguntas sobre la efectividad de la aspirina contra el cáncer de colon y recto. Los investigadores encontraron que los participantes que tomaron una tableta diaria de aspirina durante 6 años, desarrollaron este tipo de cáncer con igual frecuen-

cia que quienes recibieron un placebo.

En un nuevo reporte, que podría aclarar el papel de la droga en la lucha contra el cáncer, los investigadores argumentan que la aspirina verdadera-

mente disminuye el riesgo de sufrir cáncer de colon o recto, pero sólo si se consume con regularidad durante por lo menos una década.

Según Edward Giovannucci, después de 20 años de tomar aspirina, el riesgo de cáncer se reduce a la mitad. Giovannucci y su colegas de la Escuela de Salud Pública de Harvard expusieron los resultados de su investigación en el *New England Journal of Medicine* del pasado 7 de septiembre, con base en un estudio médico bienal de enfermeras iniciado en 1976 (Nurses Health Study).

Los investigadores dividieron a las enfermeras en dos grupos; uno que no tomaba aspirina y otro que consistentemente tomaba dos o más tabletas semanales. Después de establecer cuántas enfer-

meras en cada grupo tuvieron cáncer de colon o recto, calcularon el riesgo de cáncer en diferentes estadios para cada grupo estudiado.

Los investigadores encontraron que las enfermeras que tomaron aspirina frecuentemente por más de 20 años tuvieron un riesgo menor (44% menos) que aquellas que no tomaron aspirina. Aquellas que consumieron el medicamento por 9 años o menos, no tuvieron protección contra el cáncer.

Además, las mujeres que consumieron aspirina durante 10 a 19 años disminuyeron su riesgo de cáncer en un 30%. Giovannucci concluye que el estudio no tiene suficiente poder estadístico para hacer extrapolable el hallazgo.

Del grupo de enfermeras consumidoras de aspirina por 20 años o más, aquellas que tomaron entre cuatro y seis aspirinas a la semana experimentaron una mayor reducción del riesgo de sufrir cáncer de colon y recto. Dosis similares del medicamento han demostrado ser protectoras



## El tipo de preparación del café se encuentra asociado con el nivel de colesterol

En 1994, un grupo de investigadores holandeses descubrió que el cafestol y el kahweol, diterpenos

presentes en el café, estaban asociados con la elevación del nivel sanguíneo de colesterol. Los diterpenos son compuestos de carbono-hidrógeno, hidrocarburos que abundan en los aceites esenciales de las plantas (la vitamina A es otro diterpeno importante).

En un nuevo reporte de este año, los investigadores afirman que cuando el café se prepara por infusión, los filtros de papel pueden retener estos compuestos. Rob Urgert y sus colegas de la Universidad Agrícola de Wageningen (Holanda), recolectaron muestras de café preparado por infusión en restaurantes y casas de familia en Europa y el norte de África. En el estudio se analizaron 44 variedades de café obtenidas en quince países: 19 de café instantáneo (13 regular y 6 descafeinado) y 25 para preparación por infusión (20 de café regular y 5 descafeinado).

Según el informe publicado en el *Journal of Agricultural and Food Chemistry* de agosto, el contenido de diterpenos fue mínimo en las muestras de café instantáneo y máximo en el café expreso (concentraciones de cafestol entre 6 y 12 mg por 150 ml de café). Sin embargo, como la

presentación típica del expreso es pequeña, la cantidad de diterpenos presente en cada porción equivaldría tan sólo a la cuarta parte de la encontrada en una taza de café turco, escandinavo o griego (tipos que se han relacionado con aumento del colesterol).

Los investigadores hallaron con sorpresa que las concentraciones de diterpenos en el café percolado eran tan bajas que podían ser ignoradas. La explicación propuesta por el grupo consiste en que la canasta (a través de la cual se repite varias veces el percolado) sirve de filtro para estos compuestos. El sistema de filtro en las cafeteras francesas de presión es diferente, en ellas los sedimentos de café se depositan en el fondo como resultado de la presión que ejerce el émbolo sobre la infusión. En el café preparado con este sistema encontraron un contenido similar (o mayor) de diterpenos al del escandinavo, el turco o el griego.

El equipo concluye que el consumo de más de cinco tazas diarias de café preparado con el sistema francés de presión incrementaría el nivel sanguíneo de colesterol entre 8 y 10 mg por decilitro (quince veces mayor que el esperado en quienes beben café expreso o moca).

## El virus del sida sobrevive en lubricantes

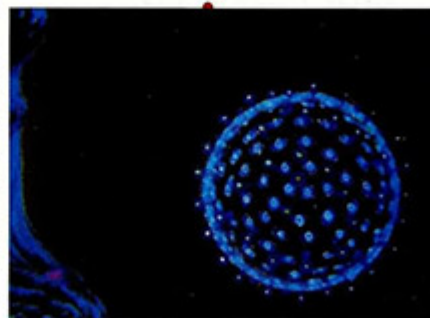
En los últimos tiempos se ha revaluado la creencia de que el virus del sida muere rápidamente fuera del organismo. Varios científicos han descubierto que este virus puede sobrevivir en lubricantes luego de haber estado en contacto con germicidas. Dado que muchos aparatos quirúrgicos empleados en cirugía son lubricados con cierta regularidad, es imperativo mejorar el tipo de esterilización empleado.

Según un estudio publicado en la revista *Nature Medicine*, el virus del sida puede sobrevivir en lubricantes por lo menos dos días y a veces hasta cuatro, después de haber estado en contacto con glutaraldehído, un desinfectante ampliamente usado en la esterilización de aparatos médicos.

Debe prestarse particular atención al esterilizar endoscopios, los cuales, por su delicada construcción no pueden someterse a esterilización en un autoclave y por tanto son desinfectados químicamente.

Algunos científicos consideran que el simple lavado del endoscopio es suficiente, pero otros investigadores piensan que con este tipo de limpieza queda mucho material atrapado en las hendiduras de los aparatos. Para lograr una esterilización completa es importante usar ácido peracético el cual es más potente que el glutaraldehído.

Hasta el momento no se ha relacionado directamente ninguna infección con fallas en esterilización, pero dado el potencial problema, los fabricantes de endoscopios están diseñando aparatos que permitan una asepsia más fácil y segura.



## Ascenso en la escalera de la superconductividad

Los compuestos en escalera (cadenas de átomos conectadas por «peldaños» atómicos) tienen una simplicidad y simetría especiales que hacen de ellos estructuras ideales para estudiar la forma en que los electrones interactúan en un material para producir un conductor eléctrico o incluso un superconductor.

Esta distribución atómica es, con gran frecuencia, sólo una estructura hipotética concebida por los teóricos para clarificar ideas y hacer predicciones. Para confirmar las teorías existentes, Z. Hiroi y M. Takano, del Instituto de Investigación Química de la Universidad de Kioto (Japón), sintetizaron recientemente una estructura particular en escalera de átomos de cobre, oxígeno y lantano (componentes claves en los superconductores de altas temperaturas).

El material obtenido por los investigadores consta de dos escaleras de oxígeno y cobre, con átomos de lantano presentes únicamente en medio de las escaleras adyacentes. Este compuesto es un aislante eléctrico; sin embargo, al remplazar los átomos de lantano por átomos de estroncio encontraron modificaciones en las interacciones de spin de los átomos de cobre, las cuales convirtieron el material en un conductor eléctrico. En contra de las predicciones de muchos teóricos, no se observó transición del material hacia la superconductividad.

Además del interés que por sí mismos tienen los compuestos en escalera, existe una expectativa más general de que estos estudios conduzcan a nuevos descubrimientos sobre la naturaleza del mecanismo responsable de la superconductividad en los materiales de alta temperatura crítica.

## Cómo pequeños cristales decoran las ágatas

El ágata, un tipo de cuarzo cuyos patrones de iridiscencia brillan con color, ha sido considerada desde hace mucho tiempo como una piedra semipreciosa. Actualmente los científicos pueden explicar cómo se forman estos elegantes remolinos.

Peter J. Heaney, geólogo de la Universidad de Princeton y Andrew M. Davis, químico geológico de la Universidad de Chicago, muestran cómo las conchas concéntricas de cristales de cuarzo se alternan para crear las bandas que producen difracción de la luz en forma de iris.

El ágata, formada por el flujo de agua enriquecida con minerales a través de rocas volcánicas, está constituida por millones de cristales de unas pocas micras de tamaño. Los investigadores informaron (en la revista *Science* del pasado 15 de septiembre) que estos cristales se presentan en diversos tamaños y con diferentes grados de impureza, causados por cambios en la concentración de minerales en el agua.

Al observar cortes de ágata con microscopía de transmisión de electrones y espectroscopia de masa iónica, los científicos encontraron que el tamaño de los pequeños cristales y el grado de impureza, cambian cíclicamente, formando el patrón de banda en iris. Al escudriñar los cortes del ágata, se descubre un patrón similar que se repite a sí mismo en diferentes niveles de magnificación: en escala micrométrica, milimétrica y centimétrica.

En las ágatas está una de las formas en que la naturaleza crea patrones repetitivos, la autosimilitud, algo fascinante que aún no ha sido suficientemente explicado. El entendimiento del proceso podría dar luces a los investigadores acerca de cómo imitar esas texturas en los nuevos materiales.

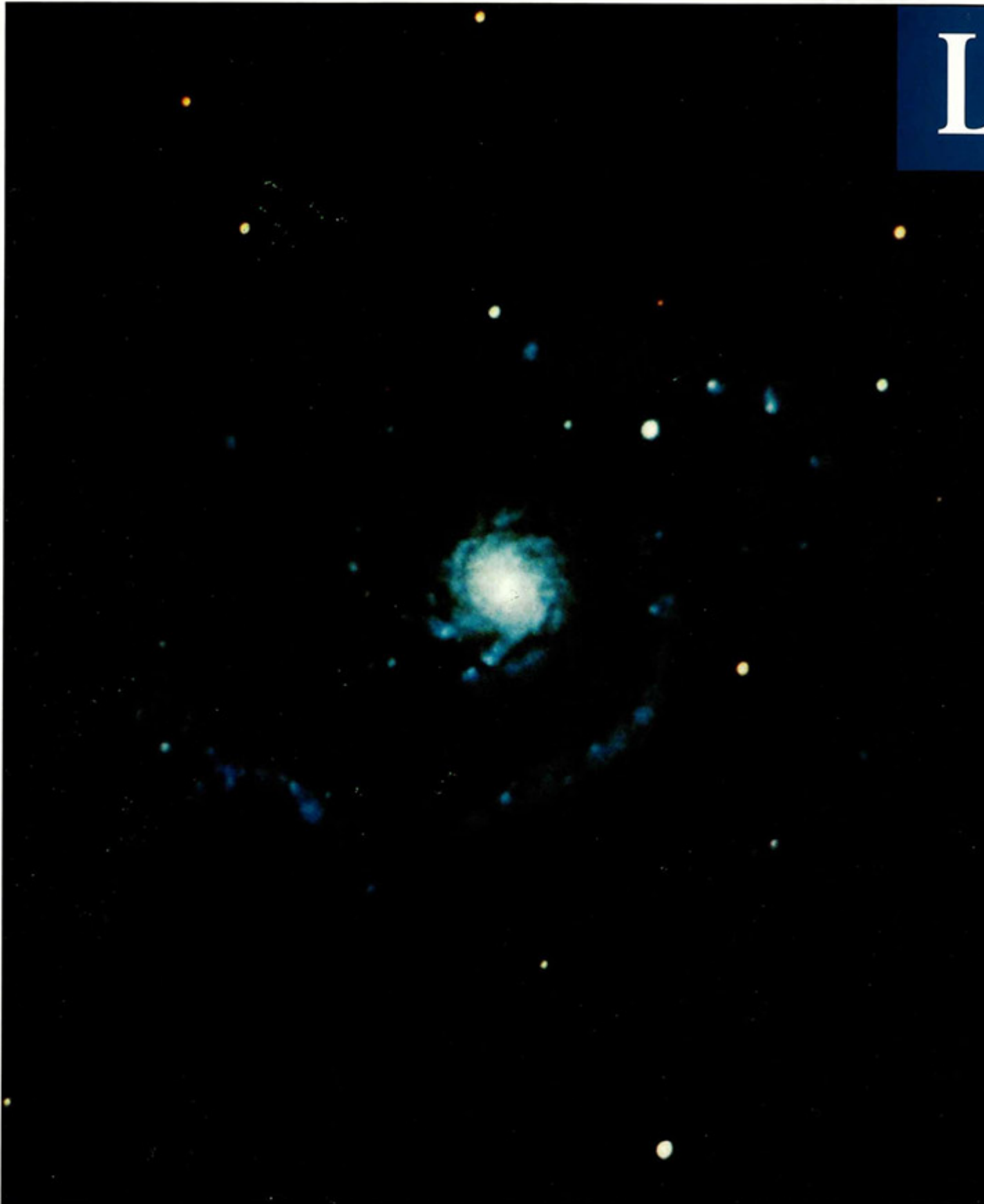
## Vidrios 'auto' limpiadores

¿Está usted cansado de manejar con los vidrios sucios? El ingeniero químico Adam Heller de la Universidad de Texas en Austin tuvo una novedosa y económica idea. Él estima que no le subirá el precio a los automóviles más de 100.000 pesos.

Se trata de vidrios que no necesitan limpieza. Su idea consiste en cubrir los vidrios del automóvil con una delgadísima capa de dióxido de titanio, la cual al ponerse en contacto con los rayos del sol genera una reacción química

que hace desaparecer cualquier tipo de material orgánico depositado sobre el vidrio. Antes de aplicar la capa de la sustancia química es necesario eliminar el sodio del vidrio (sumergiéndolo en ácido) pues este impide la fotocatalisis.

Claro está que esta innovación funciona únicamente con cepas de mugre que se van depositando lentamente. Los insectos o excrementos de pájaros no podrán ser removidos con este sistema.



# la Vía Láctea

## Estudios recientes y aportes del proyecto GEM en Colombia

Sergio Torres  
Observatorio Astronómico, Universidad Nacional  
y Centro Internacional de Física (CIF)  
Santafé de Bogotá

**N**uestra galaxia, la Vía Láctea, es el laboratorio cósmico más completo e importante del que disponemos. El conocimiento que tenemos sobre el universo se debe en gran parte a los estudios que se han realizado sobre la galaxia. Igualmente podemos afirmar que los grandes enigmas del cosmos podrán ser resueltos con base en observaciones de la galaxia en que vivimos.

Sólo hasta hace 100 años comenzaba a emerger la visión moderna del cosmos. Para esa época ya se habían observado supernovas, el sistema solar ya era una vecindad conocida y un concepto domesticado, se conocía el catálogo de Messier, la espectroscopia estelar de Fraunhofer comenzaba a usarse y la determinación de distancias a estrellas por el método de paralaje empieza a revelar la dimensión real

del espacio-tiempo. A pesar de contar con los elementos fundamentales a partir de los cuales se construye el modelo actual del universo, todavía existían muchas dudas sobre su génesis, composición y estructura.

Hace 100 años no sabíamos qué tan grande era la galaxia, no sabíamos si el universo se extendía más allá del espacio ocupado por ésta, ni se conocía su origen y dinámica. Hoy no existe una teoría que explique satisfactoriamente la formación de las galaxias y de la estructura del universo a gran escala. El estudio de la galaxia, sin embargo, promete seguir siendo un campo fértil donde seguramente encontraremos muchas respuestas a esos grandes enigmas cósmicos.

### De Galileo a Hubble

Mirando al cielo en una noche despejada y en un lugar alejado de la polución de luz característica de una ciudad moderna, se puede apreciar, como lo hicieron los griegos, que el cielo nocturno está atravesado por una banda clara de carácter nebuloso. De ahí el nombre de Vía Láctea (la palabra galaxia deriva del griego y significa «círculo lácteo»). Fue Galileo en 1610 el primero en poder comprobar, gracias al telescopio, que el «círculo lácteo» está formado por una cantidad innumerable de estrellas agrupadas en cúmulos.

Con el subsecuente mejoramiento de los telescopios se lograron identificar regiones del cielo que presentaban la apariencia de nubes, pero que debido a la limitación de los instrumentos, no había sido posible distinguir la presencia de estrellas en esas regiones. A estos objetos se les llamó nebulosas espirales. Aunque la evidencia de un universo constituido por galaxias no apareció sino hasta las observaciones de William Herschel en 1790, ya se había sugerido la posibilidad de encontrar galaxias fuera de la nuestra. Este primer modelo galáctico fue elaborado en 1755 por el filósofo Immanuel Kant, quien inspirado por un trabajo previo del inglés Thomas Wright, tuvo la osadía de proponer una visión antiaristotélica del mundo. Según Kant, las estrellas se agruparían en formaciones parecidas a un gran disco. El sol sería una más de ese gran conglomerado y nosotros, por estar metidos en el disco de estrellas, sólo tenemos acceso a una visión de perfil, lo cual explicaría la banda o «círculo lácteo». Kant también sugirió la posibilidad de la existencia de otros mundos de estrellas más allá del nuestro y los llamó «universos isla». Incluso llegó a sugerir que las nebulosas espirales no eran otra cosa que galaxias como la nuestra a distancias muy grandes.



Una visión donde se contemplaba un universo lleno de otros mundos como el nuestro también había sido sugerida en 1584 por Giordano Bruno, pero esta propuesta «herética» junto con otras afirmaciones igualmente reprobables para la mentalidad inquisitiva de la Iglesia (como decir que las estrellas son soles) le costaron la vida. La Iglesia condenó a Giordano Bruno y lo hizo quemar vivo el 17 de febrero de 1600 en la plaza Campo di Fiori de Roma.

El 26 de abril de 1920 ocurrió un famoso debate sobre el «tamaño del universo» en la sede del Museo Nacional de Historia Natural en Washington, en el cual se confrontaron las hipótesis sobre la posible existencia de «universos isla». Los conferencistas fueron el doctor



**Figura 1.**  
La galaxia  
espiral  
Andrómeda,  
a una  
distancia  
de 2 millones  
de años luz  
de nosotros.

Harlow Shapley, en ese entonces un astrónomo del observatorio de Mount Wilson y el doctor Heber D. Curtis, astrónomo del observatorio de Lick. Los dos investigadores habían sido reconocidos por su importante trabajo sobre la distribución de las estrellas en la Vía Láctea, pero las conclusiones a las que llegaron fueron totalmente diferentes. Mientras para Shapley las nebulosas espirales eran nubes de gas interestelar en nuestra galaxia, para Curtis eran sistemas de estrellas muy lejanos, externos a la Vía Láctea.

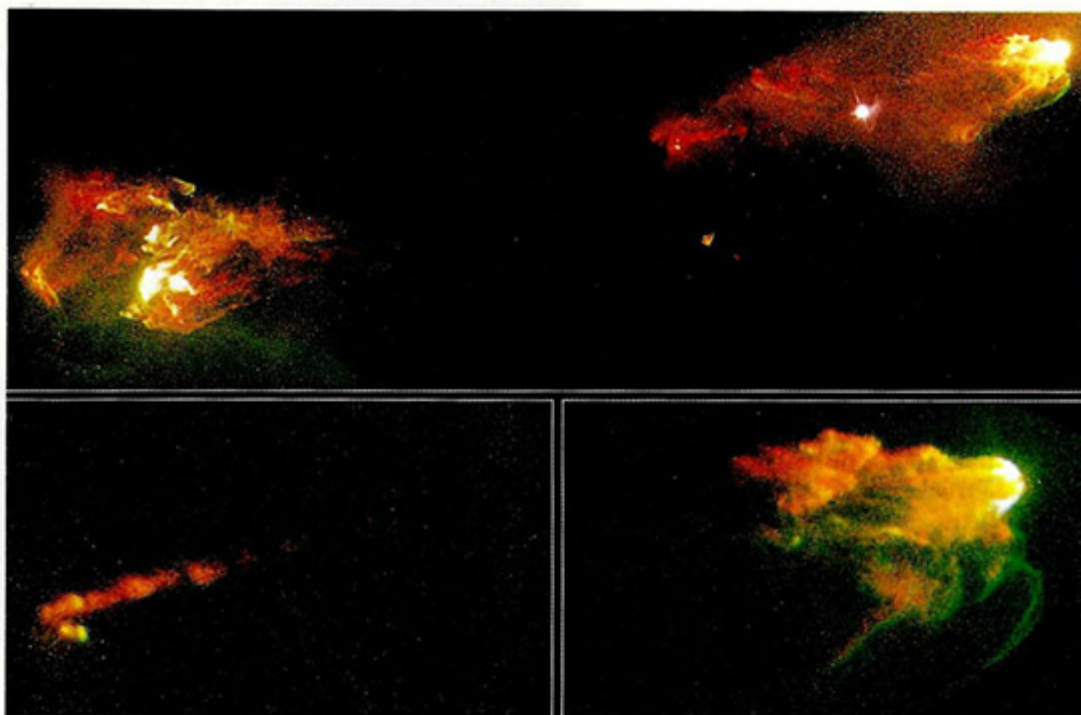
El perfeccionamiento del telescopio y la construcción de espejos cada vez más grandes permitieron obtener evidencia directa sobre la

naturaleza de las nebulosas espirales. A finales del siglo XIX William Herschel y William Parsons lograron resolver las imágenes de las nebulosas en estrellas similares a las de nuestra propia galaxia. La demostración definitiva de que las nebulosas espirales son efectivamente galaxias como la nuestra, sólo se pudo dar después del desarrollo de la espectroscopia a comienzos del siglo XX. En 1914 Vesto Slipher pudo demostrar que las galaxias espirales presentan un movimiento de rotación. Este hecho se pudo determinar debido al efecto Doppler de la luz, que se manifiesta como corrimientos de las líneas del espectro por efecto de la velocidad de la fuente de radiación. Usando este mismo principio y midiendo el brillo de las estrellas en otras galaxias, el astrónomo norteamericano Edwin Hubble en 1923 pudo resolver definitivamente el problema de la naturaleza de las nebulosas y demostrar que existe una cantidad innumerable de galaxias más allá de nuestra propia galaxia.

## La Vía Láctea

Una breve contabilidad de los elementos que forman el universo revela que está hecho primordialmente de hidrógeno y helio concentrados en las nubes y estrellas que lo pueblan. Por la acción de la gravedad las estrellas se agrupan en formaciones de miles de millones de ellas, que vienen a ser las galaxias; y viendo el universo a gran escala, las galaxias serían los átomos a partir de los cuales se construye el universo.

Nuestra galaxia<sup>1</sup> está formada por 100 mil millones de estrellas como el sol y tiene la forma de una espiral en rotación. Vista desde fuera tendría una forma muy similar a la de nuestra vecina Andrómeda (**figura 1**). El diámetro de la Vía Láctea es de 90 mil años luz (es decir, un rayo de luz tardaría 90 mil años en viajar de un extremo a otro de la galaxia a una velocidad de 300 mil kilómetros por segundo), mientras que su espesor es de sólo 6500 años luz. El sol es apenas una estrella más de este conglomerado, relegada a una posición para nada privilegiada, a una distancia de 28 mil años luz del centro de la galaxia. En general, las estrellas en la galaxia giran en torno al centro galáctico con una velocidad que depende de su distancia al centro. Para el caso del sol esta velocidad es de 220 kilómetros por segundo. Esto significa que durante los 10 mil millones de años de edad de la galaxia, el sol ha completado más de 30 vueltas alrededor del centro de la galaxia. La rotación de la galaxia y su forma espiral se pudieron determinar observan-



*Figura 2. Chorros de gas emitidos durante el nacimiento de una estrella en regiones de la galaxia ricas en gas.*

do el corrimiento por efecto Doppler en las líneas del espectro de emisión del hidrógeno neutro («línea de longitud de onda de 21 cm»). Esta radiación característica es producida cuando el electrón en el estado base de energía del átomo de hidrógeno sufre una transición en la cual su spin cambia de alineación con respecto al spin del protón en el núcleo.

Además del disco galáctico compuesto por estrellas jóvenes y nubes de gas, existen cúmulos formados por estrellas más viejas, dispuestos en forma simétrica alrededor de la galaxia. Algunas de las edades de estos «cúmulos globulares» entran en conflicto con la edad estimada del universo (este problema lo he expuesto separadamente en otro artículo<sup>2</sup>).

Con los datos mencionados queda muy claro que no somos centro de nada. El paradigma copernicano se vuelve a repetir una y otra vez. Cuando Copérnico nos destronó de la posición central en el cosmos colocando a la Tierra en una órbita desprotegida alrededor del sol, se le asignaron a éste atributos especiales al ponerlo en el centro de nuestro sistema y así se convirtió en una estrella privilegiada, «nuestra» estrella, el centro del univer-

so. Luego vino Shapley y sacó al sol del centro de la galaxia, y ésta heredó el rol de centro del universo. Aparecen Einstein y los cosmólogos modernos y nos dicen que la galaxia no es centro de nada sino un punto perdido en el espacio-tiempo. Hablamos entonces de «nuestro» universo como el único y especial. Viene entonces Stephen Hawking y nos habla de la posibilidad de universos *baby* que saltan del vacío como pop-corn. La lección copernicana es dura de aprender.

La galaxia no sólo está constituida por estrellas, ya que una pequeña fracción (2%) de la materia observable de la galaxia existe en forma de polvo y nubes de gas de hidrógeno concentrado en el disco galáctico. Es importantísimo saber la cantidad de materia y su distribución en la galaxia, ya que este factor es el que determina su dinámica, el mecanismo que le dio origen, y juega un importante papel en la formación de nuevas estrellas (**figura 2**). La astrónoma norteamericana Vera Rubin del observatorio del Instituto Carnegie de Washington, D.C., encontró que a medida que se observan estrellas de la galaxia más alejadas del centro, sus velocidades de rotación en torno al centro de la galaxia no varían según la forma esperada por la teoría newtoniana de la gravedad<sup>3</sup>. Para explicar este fenómeno se hace necesario introducir un halo de materia en forma de nubes que proveen al sistema galáctico con suficiente atracción gravitacional para que las estrellas no «salgan por la tangente» debido a su gran velocidad de rotación. No toda la masa de gas necesaria para resolver este problema dinámico de la galaxia se ha observa-

**El sol no es más que una estrella entre cien mil millones de estrellas de la Vía Láctea y, a gran escala, las galaxias serían los átomos a partir de los cuales se construye el universo.**

**O**bservar la galaxia  
 desde la región  
 del espectro  
 electromagnético  
 correspondiente  
 a las ondas de radio  
 tiene un gran  
 potencial científico.

*Figura 3.* Vista del radiotelescopio GEM. Los participantes del proyecto en Colombia (de izquierda a derecha): Víctor Cañón, Leonor Peña, Andrés Umaña, Sergio Torres, Rigoberto Casas y Medardo Fonseca.



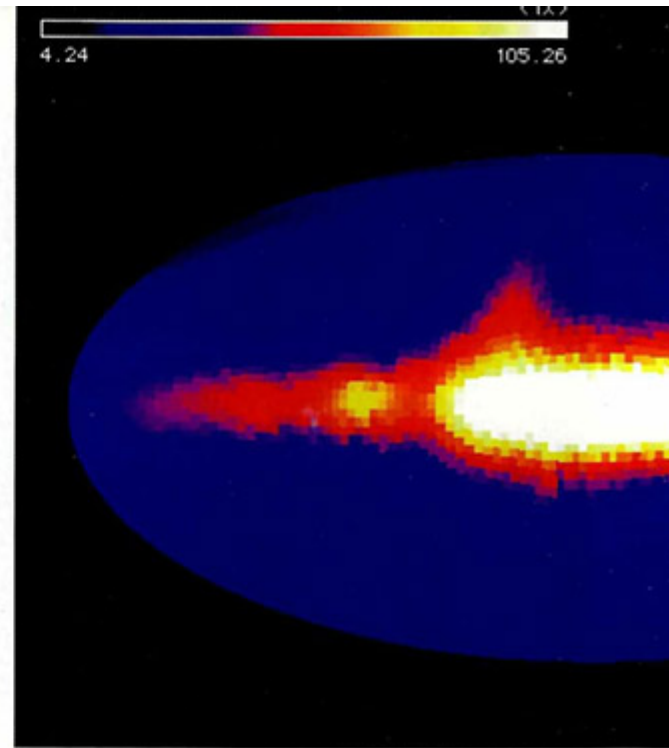
do directamente. Los astrofísicos se refieren a la porción de materia no observada como "materia oscura"<sup>4</sup>.

### El proyecto GEM

Hasta hace pocos años la mayor parte de la información sobre el universo provenía de telescopios ópticos. Sin embargo, estos instrumentos son sensibles a una pequeñísima fracción del espectro electromagnético. Así como un telescopio recoge la luz emitida por las estrellas, es posible diseñar instrumentos sensibles a señales electromagnéticas que pertenecen a otras regiones del espectro. Así fue como Karl G.

Jansky en 1931 construyó el primer radiotelescopio: un instrumento sensible a las ondas de radio<sup>5</sup>. Las observaciones astronómicas con radiotelescopios tienen la ventaja de poder penetrar las regiones del cielo ocultas a telescopios ópticos por el gas interestelar.

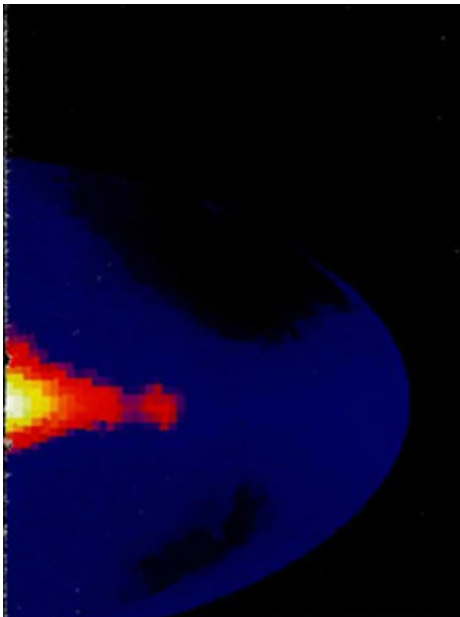
Observar la galaxia desde la región del espectro electromagnético correspondiente a las ondas de radio tiene un gran potencial científico. Por esta razón se originó el proyecto GEM (Galactic Emission Mapping o Mapas de Emisión Galáctica)<sup>6,7</sup>, que es una colaboración interna-



*Figura 4.* Primer mapa galáctico obtenido en Colombia por el proyecto GEM a 408 MHz. La gráfica muestra la intensidad de la radiación galáctica (los colores más brillantes corresponden a las regiones más intensas). La banda ecuatorial corresponde al disco galáctico visto de perfil. El mapa es una proyección en coordenadas galácticas en el cual se han usado los datos de Haslam, et al. (Astronomy and Astrophysics 1982; 47, 1) para llenar las áreas del cielo a las que no tenemos acceso desde Villa de Leyva.

cional formada por George Smoot y Giovanni De Amici del Laboratorio Lawrence de Berkeley (Estados Unidos), Sergio Torres del Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional y del Centro Internacional de Física - CIF (Colombia), Thyrso Villela del INPE (Brasil), Rafael Rebolo del Instituto Astronómico de las Canarias (España) y Marco Bersanelli del CNR (Italia).

Para la observación de la galaxia con el proyecto GEM se usa un radiotelescopio sensible a varias frecuencias (408, 1465, 2300 y 5000 MHz). El radiotelescopio (figura 3) funciona en Colombia, con el apoyo financiero de Colciencias, en el área de Sutamarichán cerca de Villa de Leyva. La combinación de atributos geográficos y climáticos hace de esta región un sitio de particular interés para la radioastronomía. La posición ecuatorial y la presencia de picos superiores a los 2000 metros permiten hacer observaciones astronómicas de los hemisferios norte y sur en forma simultánea. El clima seco de la región, por lo menos durante los meses de verano, permite hacer observaciones radioastronómicas



## Mujeres en astronomía

El trabajo de la astrónoma Vera Rubin, al cual se hace referencia en el artículo, ha sido de considerable importancia en el desarrollo de la astrofísica moderna. Así como la señora Rubin, hay muchas otras científicas que se han destacado en el campo de la astronomía. Fue Henrietta Swan Leavitt quien en 1912 descubrió la ley de variabilidad del brillo de las estrellas del tipo Cefeidas. Sin este aporte fundamental le hubiera sido imposible a Edwin Hubble descubrir la expansión del universo.

En 1967 Jocelyn Bell Burnell descubrió las estrellas tipo «púlsar», es decir, estrellas que emiten luz en forma de pulsos. Más tarde se pudo establecer que las «púlsar» son estrellas de neutrones en rotación que emiten luz en forma direccional como los haces de un faro. Otra astrónoma, Margaret Geller del Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian en Boston, descubrió la «gran muralla», la estructura más grande que se haya visto en el univer-

de buena calidad debido a la estabilidad atmosférica y a la claridad de los cielos.

Hasta la fecha se han completado con GEM más de 2000 horas de observación de la galaxia que han resultado en una de las bases de datos de emisión galáctica más completas y precisas que existen (figura 4). Con estos datos vamos a poder trazar un mapa del campo magné-

so, un megacúmulo de galaxias que se extiende a lo largo de una pared de 550 millones de años luz.

La científica colombiana Adriana Ocampo del Jet Propulsion Laboratory de la NASA en Pasadena, Estados Unidos, ha hecho importantes aportes con su trabajo en varias misiones planetarias como la del Mars Observer y la misión Galileo. La científica Adriana Ocampo también es reconocida por su trabajo de investigación que permitió la identificación del cráter de impacto en Chicxulub y la explicación de cómo este evento causó la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años. Neta Bahcal de Princeton, Martha Haynes de la Universidad de Cornell, Virginia Trimble de la Universidad de Chicago, Wendy Freedman de los Observatorios Carnegie de California y muchos otros nombres llenan una larga lista de brillantes mujeres que han contribuido al avance de la astronomía y la astrofísica.

tico y de la distribución de rayos cósmicos en la galaxia, lo cual es esencial para el estudio de la génesis y evolución de sistemas galácticos. Igualmente, con la combinación de los datos a las distintas frecuencias se podrá obtener el espectro de la emisión galáctica y así discriminar entre los posibles mecanismos que producen la radiación galáctica a longitudes de onda larga.

La instrumentación del proyecto GEM consiste en un radiotelescopio con una antena parabólica de 10 metros de diámetro controlada por computadores para lograr el más eficiente cubrimiento de la esfera celeste. La señal galáctica recibida por la antena es detectada y amplificada por receptores de radio de muy bajo ruido.

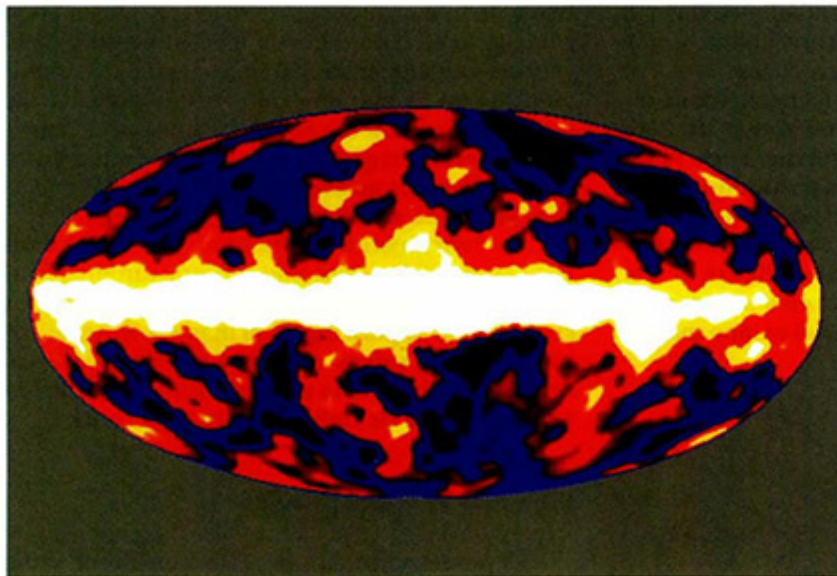
### Las ondas de origen galáctico

El proceso fundamental de emisión de radio de la galaxia se debe a los electrones libres que se mueven a muy alta velocidad en el campo magnético de la galaxia. Cuando una partícula cargada se mueve con movimiento acelerado en un campo magnético, ésta emite ondas electromagnéticas (radiación de sincrotrón. Controlada en el laboratorio esta emisión puede tener importantes aplicaciones prácticas para la industria y la medicina, por ejemplo, en el tratamiento de tumores y en pruebas de resistencia de materiales. La radiación de sincrotrón tiene la propiedad de ser emitida en forma direccional, es decir, puede ser enfocada a una región específica. De ahí su potencial para aplicaciones prácticas.

Otro conocido mecanismo de emisión galáctica a longitudes de onda larga es la radiación térmica característica de todo cuerpo caliente. Las nubes de hidrógeno en la galaxia se calientan por la luz emitida por estrellas vecinas y por el estallido de algunas estrellas en su etapa final de vida (supernova). El espectro, o distribución de intensidades de la radiación para cada frecuencia, depende del mecanismo que origina la radiación. Los datos obtenidos por el proyecto GEM en Colombia van a suministrar una determinación muy precisa del espectro de la radiación galáctica.

### ¿En qué universo vivimos?

El proyecto GEM en Colombia también tiene una importante incidencia en las teorías cosmológicas. La necesidad de un modelo muy preciso de la emisión de radio de la galaxia se hizo evidente y de carácter urgente después del gran descubrimiento hecho por el grupo del doctor George Smoot (uno de los investigadores del proyecto



**Figura 5.** Mapa de la radiación cósmica de fondo elaborado con los datos del satélite COBE a 53 GHz. Se puede apreciar en el plano ecuatorial la presencia de la galaxia, que en este caso contamina los datos de interés para la cosmología.

GEM) con los instrumentos del satélite COBE de la NASA, que observó por primera vez en 1992 la señal proveniente de los primeros instantes del universo cuando éste era apenas una pequeña bola de fuego<sup>8,9</sup> (figura 5). Esta señal (llamada radiación cósmica de fondo) es la huella dejada por los procesos de formación de estructura en los primeros momentos de la historia del universo hace 15 mil millones de años<sup>10,11</sup>.

Según las observaciones de la radiación cósmica de fondo, cobra validez el modelo de un universo que tuvo su origen en una gran explosión, o «Big Bang», hace 15 mil millones de años<sup>12</sup>. Sin embargo, a pesar de que este modelo hasta el día de hoy es el más coherente y consistente, aún existen dudas por resolver. Una de ellas es el problema de la materia oscura. Según lo indican los cálculos teóricos, para que en el universo que observamos pudieran haberse formado las galaxias y los grandes cúmulos de galaxias en tan poco tiempo, era necesario que existiera más materia que la inferida a partir de la luz que llega a nuestros telescopios. Esta materia «adicional» que no vemos pero que proporcionaría la atracción gravitatoria suficiente para formar las metaestructuras del universo y explicar las curvas de rotación de las galaxias es la materia oscura del universo.

Teóricamente es posible hacer pruebas de modelos cosmológicos con materia oscura a partir de los datos de la radiación cósmica de fondo. Sin embargo, en la realidad se presenta un problema práctico que ha bloqueado las observaciones. Se trata de la emisión galáctica que aparece en forma automática e inevitable en las observaciones del universo remoto. De-

bido a que sólo podemos hacer observaciones desde nuestro planeta, la radiación emitida por la galaxia se interpone entre el fondo que queremos medir y el observador. Con un modelo muy preciso de la emisión galáctica, tal como el que pretendemos hacer con el radiotelescopio GEM, será posible quitarles a los datos generados por experimentos de radiación cósmica de fondo aquella parte que es originada por nuestra galaxia y así observar el cosmos en su forma original, libre de la contaminación galáctica.

### **Machos y explosiones gamma**

Con el desarrollo de detectores de radiación gamma y la posibilidad de detectar materia oscura mediante el efecto de lente gravitacional se han abierto dos

ventanas nuevas al universo. Mediante observaciones de radiación gamma desde plataformas espaciales se descubrieron fuentes astronómicas que emiten una cantidad extraordinaria de energía en forma de radiación gamma (las «explosiones gamma»). Paralelamente a estos recientes descubrimientos, se ha podido detectar la presencia de objetos masivos en el halo de la galaxia o MACHOS (del inglés massive compact halo objects), siguiendo las variaciones en el brillo de estrellas de fondo. Estas dos nuevas ventanas al cosmos están mostrando aspectos desconocidos de la galaxia, y en el caso de las explosiones gamma se ha generado un gran debate sobre la naturaleza de estas misteriosas erupciones de energía.

La base de datos de explosiones gamma crece a razón de una explosión gamma por día. Los detectores del observatorio espacial Compton Gamma Ray Observatory de la NASA (GRO) siguen detectando explosiones de energía que en un solo evento emiten mucha más energía que los miles de millones de estrellas en una galaxia. Las explosiones gamma se manifiestan como intensos pulsos de radiación con duración desde pocos milisegundos hasta 30 segundos y sus direcciones de procedencia parecen indicar que estos eventos se distribuyen uniformemente en el espacio.

El 22 de abril de 1995 en el mismo auditorio donde Shapley y Curtis llevaron a cabo el célebre debate, otros dos eminentes astrónomos se encontraron para confrontar las diferentes hipótesis acerca de la naturaleza de las misteriosas erupciones de rayos gamma de muy alta energía. Bohdan Paczynski de la Universidad de Princeton y Donald Lamb de la Universidad de Chicago expusieron la evidencia experimental disponible acerca del lugar y la naturaleza de estos eventos.

Tal como sucedió en el debate de 1920, Lamb y Paczynski llegaron a dos conclusiones totalmente diferentes: para Lamb las explosiones gamma son evidencia de un fenómeno local, mientras para Paczynski éstas tienen origen extragaláctico.

El astrofísico Tsvi Piran de la Universidad Hebrea de Jerusalén, explica las explosiones gamma como el producto de un choque entre dos estrellas de neutrones en un sistema binario. La mayoría de las estrellas en el universo forman parte de sistemas binarios, es decir, se encuentran en pares confinadas por la acción de la gravedad girando una en torno a la otra. Un sistema binario pierde energía lentamente debido a las ondas gravitacionales que emite y como resultado la distancia entre las dos estrellas se reduce hasta el punto de generar un colosal choque entre ellas. Las enormes cantidades de energía liberadas en estos furiosos eventos cósmicos serían las explosiones gamma registradas por los detectores del GRO. Un estudio de la distribución espacial, el brillo y el espectro de los pulsos gamma da peso a la hipótesis según la cual el origen de estos eventos corresponde a distancias cosmológicas. Sin embargo, aún existen muchas dudas referentes a la fenomenología de estos eventos, tanto que Donald Lamb ha expuesto un panorama verosímil en el que las explosiones gamma tienen origen en nuestra propia galaxia. Según Lamb, las estrellas de neutrones en nuestra vecindad se convierten en potentes fuentes emisoras de rayos gamma cuando una porción de materia colisiona con la estrella. Tal como sucedió en el debate de 1920 entre Shapley y Curtis, es posible que los dos bandos tengan parte de razón. La respuesta definitiva tendrá que esperar a las nuevas observaciones que hoy se planean.

Otra fuente de gran potencial para el conocimiento de la galaxia es el reciente descubrimiento de MACHOS. Ya se mencionó sobre la necesidad de materia oscura, pero ¿cómo detectarla? Pueden existir, por ejemplo, objetos estelares como el planeta Júpiter que no tienen la masa suficiente para que se dé fusión nuclear y se conviertan en estrellas. Estos objetos, al no emitir luz propia, no pueden ser observados directamente, pero cuando uno de estos objetos se interpone entre un observador en la Tierra y una estrella lejana, el brillo de la estrella en cuestión se amplifica por el efecto de lente gravitacional producido por la presencia de un objeto masivo en la trayectoria de la luz. En los primeros meses de 1993 tres grupos de astrónomos ya habían observado la amplificación del brillo de estrellas que se esperaba de la presencia de MACHOS. Desde estas primeras observaciones se han detectado varias otras ocurrencias, confirmando así la pre-

sencia de «materia oscura». Un aspecto interesante del estudio de MACHOS es que el número de eventos parece incrementar hacia la dirección del centro de la galaxia, indicando que ésta es del tipo espiral-barras.

El avance de la humanidad ha estado estrechamente ligado al reconocimiento y entendimiento de nuestra posición en el espacio-tiempo. Profundizar en el conocimiento del cosmos ha sido siempre una fuente de enriquecimiento para las civilizaciones y la humanidad, o como lo ha expresado muy elocuentemente el doctor Rodolfo Llinás, "no hay nada, nada, que le pueda ganar al conocimiento..." No obstante el incremento acelerado del conocimiento acerca del cosmos desde el trabajo de Herschel, el número de incógnitas sobre el universo es ahora muchísimo mayor que las dudas de ese entonces. La tarea que nos queda es dura, pero es fascinante comprobar que el universo es comprensible.

-----  
Mi trabajo de investigación sobre el tema y el proyecto GEM en Colombia ha sido financiado por Colciencias.

### Bibliografía

1. D. Mihalas and J. Binney, *Galactic Astronomy*. Freeman: New York, 1968.
2. S. Torres, "¿En qué universo vivimos?". *Innovación y Ciencia* 1995; Vol. IV, No. 3, pp. 26-32.
3. V. Rubin, et al. *The Astrophysical Journal* 1985; 289, p. 81.
4. S. Torres, "La materia oscura del universo". *Innovación y Ciencia* 1994; Vol. III, No. 3, pp. 40-46.
5. J.D. Kraus, *Radio Astronomy*. Cygnus-Quasar Books: Ohio, 1986.
6. G. De Amici, S. Torres, M. Bensadoun, G. Dall'Oglio, M. Limon, G. Smoot, G. Sironi, T. Villela, C. Witebsky, "A research program to map the galactic emission at low frequencies". *Astrophysics and Space Science* 1994; 214, pp. 151-160.
7. A. Umaña y S. Torres, "El proyecto GEM de observación de la galaxia". En: *De la astronomía a la cosmología: estudios y resultados recientes*, Primera Escuela Nacional de Astrofísica, Bogotá, Nov 28 - Dic. 1, 1994. Ed. S. Torres, CIF: Bogotá, pp. 169-176.
8. G. Smoot, et al., "Structure in the COBE Differential Microwave Radiometer first-year maps". *The Astrophysical Journal* 1992; 396, pp. L1-L5.
9. C.L. Bennet, et al., "Cosmic temperature fluctuations from two years of COBE Differential Microwave Observations". *The Astrophysical Journal* 1994; 436, pp. 423-442.
10. S. Torres, "El origen del universo". *Innovación y Ciencia* 1994; Vol. III, No. 2, pp. 44-49.
11. S. Torres, "Introducción a la física de la radiación cósmica de fondo". En: *De la astronomía a la cosmología: estudios y resultados recientes*, Primera Escuela Nacional de Astrofísica, Bogotá, Nov 28 - Dic. 1, 1994. Ed. S. Torres, CIF: Bogotá, pp. 1-24.
12. S. Torres, "Cosmological implications of COBE's results". *Astrophysics and Space Science* 1994; 214, pp. 115-126.

Tal como sucedió en el debate de 1920, Lamb y Paczynski llegaron a dos conclusiones totalmente diferentes: para Lamb las explosiones gamma son evidencia de un fenómeno local, mientras para Paczynski éstas tienen origen extragaláctico.

El astrofísico Tsvi Piran de la Universidad Hebrea de Jerusalén, explica las explosiones gamma como el producto de un choque entre dos estrellas de neutrones en un sistema binario. La mayoría de las estrellas en el universo forman parte de sistemas binarios, es decir, se encuentran en pares confinadas por la acción de la gravedad girando una en torno a la otra. Un sistema binario pierde energía lentamente debido a las ondas gravitacionales que emite y como resultado la distancia entre las dos estrellas se reduce hasta el punto de generar un colosal choque entre ellas. Las enormes cantidades de energía liberadas en estos furiosos eventos cósmicos serían las explosiones gamma registradas por los detectores del GRO. Un estudio de la distribución espacial, el brillo y el espectro de los pulsos gamma da peso a la hipótesis según la cual el origen de estos eventos corresponde a distancias cosmológicas. Sin embargo, aún existen muchas dudas referentes a la fenomenología de estos eventos, tanto que Donald Lamb ha expuesto un panorama verosímil en el que las explosiones gamma tienen origen en nuestra propia galaxia. Según Lamb, las estrellas de neutrones en nuestra vecindad se convierten en potentes fuentes emisoras de rayos gamma cuando una porción de materia colisiona con la estrella. Tal como sucedió en el debate de 1920 entre Shapley y Curtis, es posible que los dos bandos tengan parte de razón. La respuesta definitiva tendrá que esperar a las nuevas observaciones que hoy se planean.

Otra fuente de gran potencial para el conocimiento de la galaxia es el reciente descubrimiento de MACHOS. Ya se mencionó sobre la necesidad de materia oscura, pero ¿cómo detectarla? Pueden existir, por ejemplo, objetos estelares como el planeta Júpiter que no tienen la masa suficiente para que se dé fusión nuclear y se conviertan en estrellas. Estos objetos, al no emitir luz propia, no pueden ser observados directamente, pero cuando uno de estos objetos se interpone entre un observador en la Tierra y una estrella lejana, el brillo de la estrella en cuestión se amplifica por el efecto de lente gravitacional producido por la presencia de un objeto masivo en la trayectoria de la luz. En los primeros meses de 1993 tres grupos de astrónomos ya habían observado la amplificación del brillo de estrellas que se esperaba de la presencia de MACHOS. Desde estas primeras observaciones se han detectado varias otras ocurrencias, confirmando así la pre-

sencia de «materia oscura». Un aspecto interesante del estudio de MACHOS es que el número de eventos parece incrementar hacia la dirección del centro de la galaxia, indicando que ésta es del tipo espiral-barras.

El avance de la humanidad ha estado estrechamente ligado al reconocimiento y entendimiento de nuestra posición en el espacio-tiempo. Profundizar en el conocimiento del cosmos ha sido siempre una fuente de enriquecimiento para las civilizaciones y la humanidad, o como lo ha expresado muy elocuentemente el doctor Rodolfo Llinás, "no hay nada, nada, que le pueda ganar al conocimiento..." No obstante el incremento acelerado del conocimiento acerca del cosmos desde el trabajo de Herschel, el número de incógnitas sobre el universo es ahora muchísimo mayor que las dudas de ese entonces. La tarea que nos queda es dura, pero es fascinante comprobar que el universo es comprensible.

.....

Mi trabajo de investigación sobre el tema y el proyecto GEM en Colombia ha sido financiado por Colciencias.

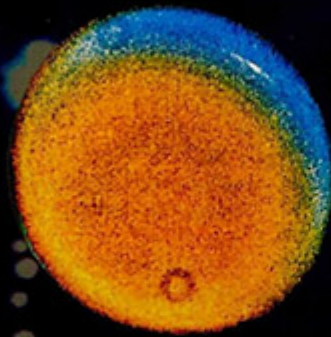
### Bibliografía

1. D. Mihalas and J. Binney, *Galactic Astronomy*. Freeman: New York, 1968.
2. S. Torres, "¿En qué universo vivimos?". *Innovación y Ciencia* 1995; Vol. IV, No. 3, pp. 26-32.
3. V. Rubin, et al. *The Astrophysical Journal* 1985; 289, p. 81.
4. S. Torres, "La materia oscura del universo". *Innovación y Ciencia* 1994; Vol. III, No. 3, pp. 40-46.
5. J.D. Kraus, *Radio Astronomy*. Cygnus-Quasar Books: Ohio, 1986.
6. G. De Amici, S. Torres, M. Bensadoun, G. Dall'Oglio, M. Limon, G. Smoot, G. Sironi, T. Villela, C. Witebsky, "A research program to map the galactic emission at low frequencies". *Astrophysics and Space Science* 1994; 214, pp. 151-160.
7. A. Umaña y S. Torres, "El proyecto GEM de observación de la galaxia". En: *De la astronomía a la cosmología: estudios y resultados recientes*, Primera Escuela Nacional de Astrofísica, Bogotá, Nov 28 - Dic. 1, 1994. Ed. S. Torres, CIF: Bogotá, pp. 169-176.
8. G. Smoot, et al., "Structure in the COBE Differential Microwave Radiometer first-year maps". *The Astrophysical Journal* 1992; 396, pp. L1-L5.
9. C.L. Bennet, et al., "Cosmic temperature fluctuations from two years of COBE Differential Microwave Observations". *The Astrophysical Journal* 1994; 436, pp. 423-442.
10. S. Torres, "El origen del universo". *Innovación y Ciencia* 1994; Vol. III, No. 2, pp. 44-49.
11. S. Torres, "Introducción a la física de la radiación cósmica de fondo". En: *De la astronomía a la cosmología: estudios y resultados recientes*, Primera Escuela Nacional de Astrofísica, Bogotá, Nov 28 - Dic. 1, 1994. Ed. S. Torres, CIF: Bogotá, pp. 1-24.
12. S. Torres, "Cosmological implications of COBE's results". *Astrophysics and Space Science* 1994; 214, pp. 115-126.

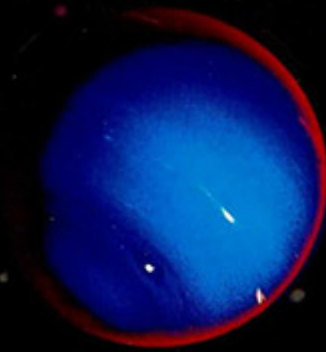
# ***EL SISTEMA SOLAR***



***SATURNO***



***URANO***

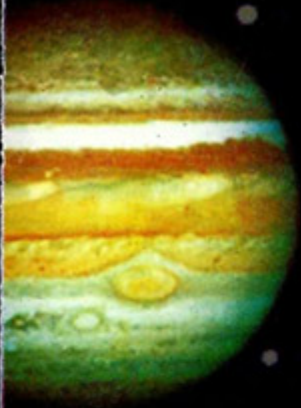


***NEPTUNO***

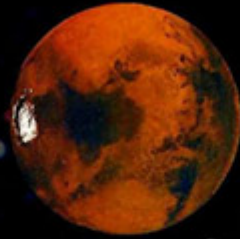


***PLUTON***





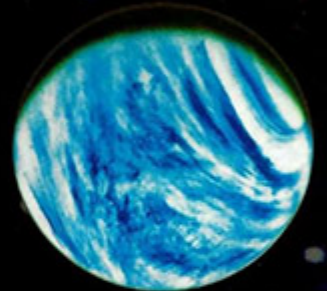
JUPITER



MARTE

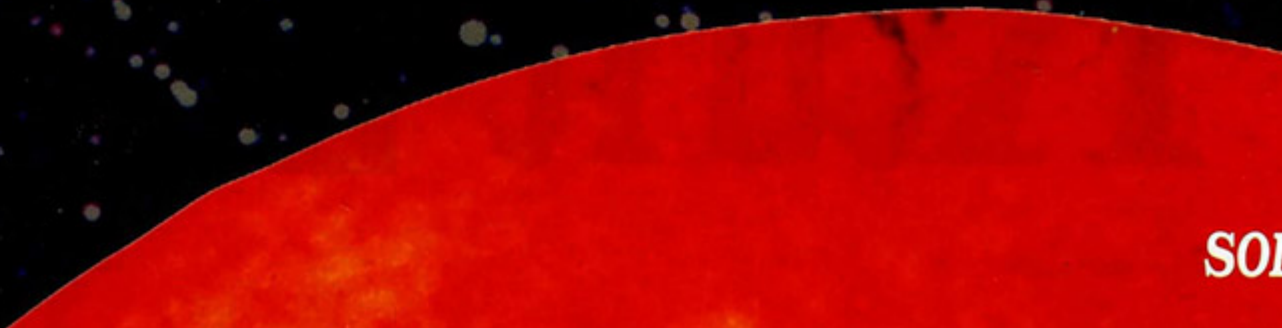


TIERRA



VENUS

MERCURIO



SOL



**Alejandro Rosas**  
Departamento de Filosofía  
Universidad Nacional de Colombia

**L**a aventura del conocimiento comenzó con la filosofía en Grecia unos seis siglos antes de Cristo. La ciencia, en cambio, es un fenómeno moderno, con apenas 400 años de historia. Aunque generalmente la asociamos con la revolución tecnológica e industrial, la ciencia introdujo también una pretensión de conocimiento universal, rival de pretensiones más antiguas como las de la filosofía y la religión. Esta rivalidad es uno de los rasgos más complicados, apasionantes y actuales de nuestra historia moderna, fundamental para comprender muchos de los procesos de transformación en los que todos estamos inmersos. Hoy apenas alcanzamos a vislumbrar sus consecuencias. Si la ciencia logra imponerse, nuestra manera básica de sentir y de ver la vida se transformarán radicalmente.

La rivalidad de la ciencia con la religión es bien conocida. Y aunque también con la filosofía moderna mantuvo relaciones tensas, no faltaron filósofos que la ensalzaron como paradigma de conocimiento. Sin embargo, el sentir de muchos pensadores modernos fue que había que resistirse a sus pretensiones universalistas: la ciencia no debía verse como un acceso privilegiado a todo lo que hay en el mundo y a las leyes o principios que rigen su devenir, y que explican en última instancia todo lo que sucede. Esta resistencia adopta a veces la forma dramática que vincula la ciencia con la deshumanización, y a veces la forma serena basada en la firme convicción de que la ciencia no puede traspasar sus propios límites. Pero lo cierto es que la ciencia no parece tener la misma opinión acerca de sus límites y está constantemente transgrediéndolos y desafiándolos de un modo tangible, debido a su orientación práctica y técnica. La máxima

# Kant

# y la ciencia

**Kant veía que el ser humano, debido a la libertad propia de su naturaleza moral, tenía que estar por encima o más allá de la causalidad física.**

---

---

expresión de esta transgresión y de este desafío es su incursión en los misterios de la vida y de la inteligencia. Gracias a los progresos de la investigación en genética y al proyecto de la inteligencia artificial, estos clásicos misterios parecen estar no sólo al alcance de la explicación científica, sino también de su consiguiente manipulación tecnológica.

Además de esa desafiante incursión práctica en mundos tradicionalmente prohibidos, en el plano teórico la ciencia no choca con una resistencia monolítica. Fueron los filósofos modernos, en su condición de espectadores del nacimiento de la ciencia, los primeros en tomar conciencia y

en dar expresión articulada a sus pretensiones imperialistas y en hacerlas materia de debate. Todos creyeron ver, sin sombra de duda, que la ciencia que se estaba consolidando cuestionaba con sus pretensiones la visión tradicional del mundo. Dado que no podían simplemente ignorar sus pretensiones, y que tampoco querían abandonar la comprensión tradicional que se tenía de lo humano, vieron nacer ante sus ojos un nuevo problema: el de conciliar la idea de que todo lo que sucede en el mundo (incluyendo el mundo humano) obedece necesariamente a las leyes de la física, con la idea de que lo humano propiamente dicho está por encima de esta necesidad. A la primera idea se le conoce hoy con el nombre de *fisicalismo*, y aun sus versiones más moderadas, como el *funcionalismo*, sostienen que todo lo que sucede en el mundo está en última instancia determinado por las leyes de la física.

La idea fisicalista introdujo, pues, para los filósofos modernos un problema nuevo y fundamental de coherencia teórica en la visión del mundo. Algunos autores contemporáneos sostienen que este problema es ficticio, puesto que dado el carácter incompleto de la ciencia física, no sabemos aún lo que la afirmación de que todo está

determinado por leyes físicas, en caso de ser verdadera, pueda excluir o incluir. Sin embargo, pienso que el sentir de los filósofos modernos que vieron en ella un problema es acertado. Ellos sen-

tían, en forma correcta según creo, que, independientemente de lo que la humanidad futura llegase a considerar como parte del inventario de la realidad física, lo propiamente humano, e incluso la vida en general, se venía entendiendo desde antiguo como algo que sólo puede explicarse y comprenderse recurriendo a algo esencialmente no-físico. En donde vieron este salto con mayor claridad fue en la comprensión que el ser humano tiene de sí mismo como criatura moral. Se pensaba que el ser humano no podía concebirse como ser moral si fuese sólo una realidad física o material. Lo humano, al menos como lo entendía la cultura dominante, exigía para ser tal una realidad no-física o no-material.

Los más grandes filósofos modernos lucharon intensamente por conservar una imagen coherente del mundo bajo las nuevas condiciones planteadas por la ciencia. Esta lucha es una clave para comprender sus teorías, muchas veces oscuras e incomprensibles para el sentido común. El pensamiento del filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804), aún hoy uno de los filósofos más leídos y estudiados en todo el mundo, es un ejemplo de cómo aquella lucha intelectual podía desembocar en ideas geniales y oscuras. Su pensamiento, motivo de disputas interminables, de minuciosas obras interpretativas y de alusiones irónicas a los académicos que viven de ellas, no puede exponerse sin polémica, y menos en un espacio reducido. Pero vale la pena asumir el reto y dar al menos una idea aproximada del modo como uno de los grandes modernos concibió y enfrentó el problema planteado por la ciencia.

Kant planteó el problema en su obra principal, la *Crítica de la razón pura*, como el conflicto (antinomía) entre la necesidad causal como concepto básico de la física y la libertad humana, y dedicó el esfuerzo máximo de su pensamiento a conciliarlas. Su conciliación era para él tanto más urgente, cuanto que se había ya tomado el trabajo en la misma obra de fundamentar la validez irrestricta del principio de causalidad física para todo el universo accesible a nuestro conocimiento. Kant veía que el ser humano, debido a la libertad propia de su naturaleza moral, tenía que estar por encima o más allá de esta causalidad física. Pero al mismo tiempo sabía que, siendo también una criatura material, tenía que estar sometido a su imperio. Fue precisamente porque Kant respetaba las pretensiones imperialistas de la física y porque al mismo tiempo sabía que dicho imperialismo anulaba la libertad, que Kant se veía ante un serio problema de coherencia teórica. Buscaba una solución en la que pudiera mantener al mismo tiempo la verdad del fisicalismo y la realidad de la libertad. Reclamó además haberla encontrado en una concepción de lo real que

moderna

**Según Kant,  
cualquier intento  
fiscalista de explicar  
la realidad de los  
organismos está  
condenado al fracaso.  
Pero eso no nos  
autoriza a explicarlos  
apelando a causas  
finales realmente  
existentes.**

propuso como la doctrina central de su pensamiento, y según la cual se debe distinguir la realidad como es para nosotros (fenómeno en el espacio-tiempo) de la realidad como es en sí misma (nómeno no-espacial y no-temporal). Basado en esta distinción se atrevió a decir que disponemos de dos perspectivas, gracias a las que podemos afirmar sin contradicción que una misma acción está determinada por causas antecedentes y es, al mismo tiempo, perfectamente libre.

Hay que precaverse, sin embargo, contra una interpretación trivial del problema de Kant y de su distinción de perspectivas. Incurriríamos en una interpretación trivial, si sostuviésemos que la física no pretende dar una explicación de las acciones humanas, de modo que no tiene por qué reñirse con una explicación psicológica o una evaluación moral de las mismas con base en el concepto de libertad. Si, por ejemplo, un ser humano se arroja de un sexto piso, podemos

decir sin contradecirnos que lo ha hecho libremente y obedeciendo al mismo tiempo, en tanto cuerpo material, la ley física de la gravedad. Es obvio que entre estas dos perspectivas y sus respectivas afirmaciones no hay ningún conflicto. Pero el concepto kantiano de perspectiva no puede entenderse así. Ello se debe a que Kant lo creó para enfrentar un conflicto real entre la necesidad física y la libertad, el conflicto que surge si se acepta la pretensión de la física de penetrar y determinar con sus leyes la esfera de lo biológico y, pasando por lo neurofisiológico, incluso de lo psicológico. Esta es precisamente la tesis del fiscalista, quien dirá que el suicida del ejemplo fue determinado a su acción por procesos neuronales que, como todo lo biológico, están en última instancia determinados por lo que sucede al nivel molecular según leyes físicas. Sería disminuir el alcance y la vigencia del pensamiento de Kant, si negásemos que comprendió al fiscalismo de la ciencia moderna en estos términos. Kant supo ver en toda su dimensión y sus ramificaciones la gravedad del conflicto. El caso general de la biología y el especial de la neurofisiología pueden mostrarnos la batalla librada por Kant.

La física reconoce sólo un concepto básico de causalidad, en donde la causa antecede al efecto. Los eventos o acontecimientos del mundo se expli-

can como efectos de causas antecedentes. En biología, en cambio, hay explicaciones con base en los conceptos de fin o de función, que son completamente distintas. Cuando un biólogo explica la presencia de las propiedades de un organismo apelando a las funciones o fines de dichas propiedades, no las está explicando por causas antecedentes, sino por los efectos de dichas propiedades en la capacidad de sobrevivencia del organismo. Lo que se llama la función o el fin de una propiedad de un ser vivo, es el efecto particular de esa propiedad en su capacidad total de sobrevivencia. La explicación biológica contradice entonces a la explicación física: explica la existencia no por sus causas sino por sus efectos. Pero el fiscalismo de la ciencia moderna insiste en que todo proceso real, incluyendo los procesos biológicos, tiene que explicarse por causas antecedentes. Tenemos entonces el siguiente conflicto: si la explicación por fines o funciones es literalmente correcta, hay que abandonar el fiscalismo. Si en cambio mantenemos el fiscalismo, hay que abandonar o «reducir» la explicación por fines, es decir, entenderla de manera que sea compatible con el fiscalismo.

Los filósofos que reflexionan sobre los conceptos básicos de la biología debaten hoy acerca de si las explicaciones finalistas o funcionalistas en biología han sido «reducidas» a la física. Pero el debate gira en torno al significado de «reducción», pues la mayoría acepta que la idea darwiniana de la selección natural explica cómo los conceptos de fin y de función pueden aplicarse a las propiedades de los organismos sin que ello exija introducir un tipo de causalidad distinta de la causalidad de la física. Las funciones y fines que cumplen las propiedades de los organismos vivientes no implican que dichas propiedades hayan sido intencionalmente producidas. La selección natural se encarga de que sólo sobrevivan los organismos con propiedades que se adapten cumpliendo un fin o una función dentro de su entorno. Este uso de los conceptos de fin y de función no es un obstáculo para quien defienda una explicación puramente fiscalista de los organismos con sus propiedades funcionales. Algunos describen esto



diciendo que se ha «reducido» la finalidad, teniendo cuidado de señalar que se trata de un concepto modesto de reducción.

Kant pensó en una época predarwiniana y no tuvo la oportunidad de enfrentarse a la «reducción» darwiniana. Sin embargo, conocía perfectamente la posición teórica que intenta reducir la explicación por fines a la explicación por una necesidad puramente no-final, y la llamó "idealis-



mo de la finalidad", señalando a Epicuro y a Spinoza como sus defensores. Sin embargo, negó que hubieran tenido éxito en esta empresa, pues no lograron explicar cómo surge la ilusión de una causalidad final no-física. No obstante, Kant catalogó estos fracasos como necesarios. Sostuvo que tal reducción nunca se podrá realizar, y que es absurdo esperar el advenimiento de un Newton que pueda explicar, según leyes puramente físicas, la generación de algo tan simple como una hoja de pasto. No voy a entrar en los detalles de por qué Kant negó lo que Darwin parece haber hecho posible algún tiempo después. Lo importante es notar que Kant negó que el fisicalismo, a pesar de sus aparentes derechos, pudiese tener éxito en biología. La explicación por causas finales seguiría siendo indispensable debido a los límites de la explicación fisicalista.

Pero Kant sostuvo que los límites del fisicalismo no tienen que implicar que haya realmente una causa final activa en la generación de los organismos. Aquí empieza a hacerse palpable la oscuridad de la propuesta de Kant al problema que plantea la ciencia moderna. Hay quienes ven aquí la impronta de una sutileza genial. Pero quien busque respuestas claras a problemas bien delimitados puede legítimamente opinar que el modo como Kant maneja el problema planteado por el fisicalismo en la explicación biológica constituye una obra maestra de ambigüedad. En lo que sigue, tendré que resolver la ambigüedad con una interpretación controversial.

Se puede ser fiel al fisicalismo y sostener que la explicación por causas finales es reductible, en el sentido modesto o mínimo compatible con el funcionalismo, a la explicación física. O se puede negar el fisicalismo y sostener la realidad de las causas finales. ¿A qué posición fue Kant fiel? Aparentemente a ninguna de las dos. Según Kant, cualquier intento fisicalista de explicar la realidad de los organismos está condenado al fracaso. Pero eso no nos autoriza a explicarlos apelando a causas finales realmente existentes. Pues aunque Kant consideraba indispensable el uso del concepto de finalidad en biología, sostenía que su uso debía ser allí sólo regulativo o subjetivo, un uso que nos permite descubrir la estructura y el funcionamiento de los organismos, sin autorizarnos a explicar su existencia por causas finales. ¿Por qué razón negó Kant la validez de la inferencia a causas finales reales? Él veía sólo dos posibilidades para pensar como real a la causalidad final: ya sea como un Dios creador distinto de la materia, o como una materia inteligente capaz de producir efectos con base en un diseño o una idea de los mismos. La idea de una materia inteligente le parecía contradictoria, pues Kant mantuvo un concepto esencialmente fisicalista de materia, en el cual no cabía la causalidad final. La idea de un Dios creador extramaterial, en cambio, aunque la consideraba mejor que aquella por no ser contradictoria, le parecía injustificada por estar más allá de toda experiencia posible.

Pero a falta de una tercera, Kant debía decidirse por alguna de estas dos posibilidades, y su elección hubiese tenido que recaer sobre la idea de un Dios creador extramundano (que no es auto-contradictoria). Parece sin embargo que Kant sí vio una tercera posibilidad. Esta posibilidad estaba dada en su idea de que el mundo físico espacio-temporal no es la realidad misma, sino sólo un modo de aparecer de la realidad, una perspectiva que tenemos sobre ella, y no precisamente la mejor perspectiva para conocerla. Kant maneja la idea de perspectivas distintas de un modo insatisfactorio. Afirma que, dada la perspectiva que

tenemos sobre el mundo, sólo podemos pensar la realidad de los organismos poniendo su origen en un Dios creador. Esto es así sólo por el carácter imperfecto de nuestra perspectiva, que no nos muestra las cosas como realmente son. Pero además se atreve a especular sobre lo que una eventual ampliación de nuestra perspectiva nos podría revelar, a pesar de que piensa que tal eventual ampliación es imposible para nuestro entendimiento. Lo que Kant dice en esta especulación es ambiguo, pues según él, la perspectiva más amplia o adecuada podría consistir, en cuanto a la explicación de la generación de los organismos, tanto en un fisicalismo puro (Kant lo concebía como mecanicismo puro), como en un concepto de la realidad que, a diferencia del concepto de realidad material que tenemos en nuestra perspectiva limitada, permitiría entender cómo la causalidad final puede darse sin contradicción junto con la puramente física.

La última palabra de Kant ante el problema del origen causal de los organismos parece ser entonces un escepticismo basado en la imposibilidad de decidir entre dos posibilidades de lo que hay más allá de nuestra perspectiva limitada. Pero a cualquier intérprete le puede extrañar con razón que Kant haya mencionado al fisicalismo como posible perspectiva superior. Pues el fisicalismo (mecanicismo para Kant) es algo que sólo puede definirse en su teoría para la realidad o perspectiva fenoménica, es decir, espacio-temporal, que es una perspectiva limitada. Pienso que cuando Kant especuló sobre cómo veríamos la generación de los organismos desde una perspectiva superior a la nuestra, hubiese debido limitarse a una sola posibilidad: esta perspectiva permitiría integrar las causas físicas con las finales e incluso subordinar las primeras a las segundas. En realidad, Kant quería orientar su teoría hacia una solución de este tipo. Pero de haber sido más afirmativo y menos cauteloso, habría tenido que enfrentar el reto de mostrar cómo un mundo físico podía depender de un mundo en donde predominase la causalidad final. Y ante esta dificultad retrocedió, probablemente con razón.

Sin embargo, Kant no fue nada tímido con la idea de que el mundo físico o material podía en última instancia depender como realidad en conjunto de un mundo no-físico. Pues el modo como Kant justificó la afirmación de que el mundo físico-material es el mundo visto desde una perspectiva fenoménica y limitada, fue con la tesis de que el mundo físico-material es producido por las facultades de la mente humana, de la que depende. Kant no le dio a esta tesis todo el peso que debió haberle dado: no la hizo valer como la definición de una perspectiva superior sobre el mundo, en donde éste no se describe como un mundo mate-

rial, sino más bien como un mundo mental de representaciones. Pero aun así, su idea de la primacía de lo mental muestra que Kant enfrentó la pretensión de una explicación universal fisicalista oponiéndole la pretensión inversa de una explicación universal mentalista. Si el fisicalismo de la ciencia moderna sugiere que todo, incluyendo a la mente humana, deviene según las leyes de la física, Kant propone que todo, incluso el universo material, depende de la mente humana.

Creo que la primacía que Kant otorgó a lo mental explica su predisposición a considerar imposible una explicación fisicalista de la generación de los organismos vivientes a partir de la materia inerte. Esa misma tesis lo obligaba a considerar imposible dar una explicación neurofisiológica del pensamiento humano. A pesar del entonces escaso desarrollo de la neurofisiología, la época de Kant ya era consciente de que la ciencia, con su pretensión de explicar todo lo que aconteciese en nuestro universo material, incluía el proyecto de dar una explicación científica de la generación del pensamiento humano a través de la investigación detallada del cerebro. El azar histórico quiso que Kant se expresase al respecto en un escrito puramente ocasional en el año de 1796. Kant mantenía contacto con científicos de diversas áreas y era respetado por ellos. No era raro que en temas limítrofes con la filosofía consultasen su opinión y así lo hizo el fisiólogo Samuel Thomas Sömmering, quien en un libro titulado *Sobre el órgano del alma* propuso una explicación neurofisiológica de la percepción. La hipótesis de Sömmering buscaba especialmente explicar cómo, es decir, a través de qué órgano, se unificaban los datos provenientes de los distintos sentidos en el cerebro. Propuso que tal combinación se efectuaba en un medio acuoso dentro de una cavidad cerebral. Kant le respondió con la observación interesante, de que un líquido como el agua carece a primera vista de una organización funcional entre sus partes, condición indispensable en cualquier órgano. Sin embargo, sugirió que la hipótesis podía salvarse si se lograba encontrar dicha organización funcional en la composición química del agua, que recientemente había dejado de ser considerada como un elemento simple.

Pero más importante que esta participación episódica de Kant en la historia de la neurofisiología es su concepción filosófica de este proyecto científico. La percepción había pertenecido desde antiguo a la jurisdicción teórica de la filosofía. La hipótesis de Sömmering concernía a lo que la filosofía había llamado tradicionalmente el sentido común, aquella facultad de la mente que debía combinar los datos de los diversos sentidos. Y aunque siempre había parecido natural suponer

que las operaciones mentales dependían hasta cierto punto del cuerpo, era también natural suponer que ciertos fenómenos eran específicamente mentales y debían tener lugar en facultades propias de la mente o del alma. Procesos como la reunión de los datos sensoriales en un sentido o en una conciencia única, y en especial la conciencia de su unidad, eran los candidatos más claros a este tipo de fenómenos específicamente mentales. De modo que cuando los filósofos se enfrentaron a la pretensión de la ciencia de que también tales procesos tenían un aspecto material que debía ser estudiado por ella, se vieron ante la necesidad de obtener claridad sobre cómo relacionar sus propias teorías filosóficas con las nuevas teorías científicas.

Cuando Sömmering le pidió su opinión sobre su hipótesis científica, Kant quiso, antes aun que atender a los detalles propiamente científicos de la hipótesis, resolver la pregunta de cómo entender la neurofisiología desde un punto de vista filosófico. Kant vio que se estaba consolidando una perspectiva materialista desde la cual hablar y teorizar sobre procesos mentales, y tenía que dejar en claro qué relación iba a guardar esta nueva perspectiva con la perspectiva tradicional de la filosofía, que hablaba y teorizaba en un lenguaje que predominantemente se había entendido como refiriéndose a procesos no-físicos. Aparentemente había sólo dos posibilidades de interpretar la nueva perspectiva. O se la entendía como una nueva perspectiva en un sentido poco interesante, es decir, como describiendo procesos distintos a los mentales, aunque correlacionados con ellos; o se la entendía como una nueva perspectiva en un sentido interesante, es decir, una perspectiva que describe los mismos procesos pero con otro lenguaje. ¿Cómo debe entenderse entonces la perspectiva científico-materialista?

En su respuesta a esta pregunta, Kant, al igual que en el caso de los organismos vivientes, no puso todas sus cartas sobre la mesa. Dado que él sostenía que el mundo material, incluido el cuerpo humano, no es una sustancia independiente enfrentada a la mente humana, sino más bien un producto dependiente de ella, no podía hablar de una mente interactuando con un cerebro. Por esta razón, aunque sin hacerla explícita, rechazó el problema tradicional del asiento del alma, es decir, la pregunta por el lugar en donde el alma o la mente interactúa con el cuerpo.

Formularla supone un error categorial, a saber, suponer erróneamente que al alma se le puede aplicar la categoría del espacio. Tanto el espacio como el tiempo son, según Kant, sólo el marco general de la perspectiva desde la que la mente se representa el mundo. Dado que ella no está en el espacio, no se puede preguntar entonces en qué lugar del cerebro realiza sus operaciones. El cerebro, e incluso quizá el cuerpo humano como un todo, son más bien el modo como el alma se ve a sí misma en la perspectiva espacio-temporal.

**El cerebro, e incluso quizá el cuerpo humano como un todo, son más bien el modo como el alma se ve a sí misma en la perspectiva espacio-temporal.**

Kant no podía, pues, responder la pregunta acerca de la relación entre la perspectiva científico-materialista y la filosófica apelando a la existencia de dos tipos de procesos correlacionados en sustancias distintas. Sólo podía responder diciendo que la perspectiva científica se representa los procesos mentales desde una perspectiva en la que se ven como materiales. Sin embargo, se atrevió a pronosticar que, aunque en la perspectiva materialista se pueda hablar en términos materialistas de las ideas (como impresiones en el cerebro) e incluso de la imaginación o del sentido común (como de un medio acuoso en la cavidad cerebral), nunca encontraríamos un equivalente de la autoconciencia. La autoconciencia seguiría siendo un proceso puramente mental, in-

accesible a una descripción materialista. Este pronóstico equivale al pronóstico de que el fisicalismo no podría nunca explicar la generación de un organismo vivo por procesos puramente físicos a partir de la materia inerte. Y la razón de ambos pronósticos es que Kant invirtió, en favor de una visión del mundo que predominaba desde antiguo, la pretensión de la ciencia a una explicación universal fisicalista, transformándola en la pretensión de una explicación universal mentalista. Es difícil juzgar el futuro de esta idea, que hoy nos parece más bien propia de un mundo dejado atrás. Pero es prudente mantener una actitud abierta, pues la aventura del conocimiento está apenas comenzando.



**Jorge Boshell**  
Instituto Nacional de Salud

**E**l dengue es una enfermedad infecciosa causada por cuatro variedades de un mismo virus y transmitida por la picadura de un mosquito (zancudo) llamado *Aedes aegypti*. Sus signos cardinales son fiebre alta y un malestar general particularmente molesto por el persistente dolor de cabeza, dolor en las articulaciones, en la piel y en los músculos de casi todo

el cuerpo. Con alguna frecuencia se puede observar un brote como el del sarampión o la rubéola; en cambio, es rara la aparición espontánea de alguna manifestación de sangrado, por la nariz o por las encías, o de manchas rojizas en la piel, llamadas equimosis. Este es el dengue común.

Sin embargo, en ciertas ocasiones especiales, puede producirse una variedad clínica de





# dengue



esta enfermedad, nueva entre nosotros y muy seria debido a sus inusitados fenómenos hemorrágicos. Se conoce como dengue hemorrágico y fue descrito por primera vez en 1954 por pediatras filipinos; se trata de un dengue maligno que puede ser mortal.

## Los agentes infecciosos

Tradicionalmente, todos los virus se clasifican de acuerdo con las reacciones que producen al ponerlos en contacto con sueros de referencia, es decir, con sueros inmunes específicos. Estas reacciones suelen ser de diversos tipos, y en la actualidad las más usadas son las de aglutinación, fluorescencia o neutralización. Gracias a estas últimas, se conocen las cuatro variedades, o sea, cuatro serotipos de virus dengue, llamados dengue-1, dengue-2, dengue-3 y dengue-4. Los virus se aíslan colocando la muestra presuntamente infectada sobre células vivas de mosquito cultivadas en tubos de ensayo. En ocasiones especiales,

se pueden aislar también inoculando la muestra en mosquitos vivos por vía intratorácica, utilizando diminutas agujas de vidrio capilar. Hoy día, la forma más sencilla de identificar un virus dengue aislado a partir de la muestra de sangre de un enfermo es empleando las reacciones

de fluorescencia con sueros monoclonales de referencia.

Cada serotipo de virus dengue produce inmunidad protectora contra él mismo pero no contra los otros tres, de manera que el dengue puede repetirse tres veces. Como veremos, la segunda infección, es decir, la segunda vez que da la enfermedad es la más peligrosa porque puede resultar en el dengue hemorrágico.

Como estos gérmenes son transmitidos por la picadura de un artrópodo se conocen con el nombre de arbovirus (del inglés **arthropod borne virus**). Se cuentan entre los virus pequeños de la naturaleza pues miden alrededor de 40 nanómetros (40 millonésimas de milímetro) de diámetro; consisten fundamentalmente en una ribonucleoproteína esférica central rodeada por una envoltura lipoproteica que tiene pequeñas proyecciones hacia la superficie, como espinas, que lo hacen parecerse a un «cadillo» de tierra caliente o a un erizo de mar. Estas espinas están formadas por la proteína E (envoltura) que tiene dos funciones particularmente útiles:

1. contiene las conexiones que permiten al virus engancharse a la membrana de la célula que va a infectar, y
2. estimula la formación de anticuerpos útiles para el diagnóstico en el laboratorio (inhibidores de la hemaglutinación o inmunoenzimáticos - ELISA), pero, sobre todo, los anticuerpos neutralizantes que son los encargados de proteger al organismo de las próximas infecciones con este mismo virus.

## Epidemiología

Las predicciones del doctor Hernando Groot Liévano sobre la importancia que llegaría a tener esta enfermedad en el país fueron subestimadas o ignoradas del todo por la generación de políticos de las décadas de los años 60 y 70, e infortunadamente, en la actualidad, estamos viviéndolas con una realidad estremecedora. La fuerza que tienen nuestras epidemias de dengue y dengue hemorrágico es compleja y en este momento probablemente inevitable. Los cambios sociales, políticos y económicos han generado una urbanización masiva de seres humanos, simultánea con el incremento sostenido de la población también urbana de mosquitos transmisores del dengue. Este incremento sigue a la acumulación incontrolada de basuras ricas en desechos donde se acumula el agua y a la necesidad de almacenar agua potable en poblaciones que no disponen de acueducto, pues es en esas aguas limpias y estancadas donde se crían los mosquitos transmisores. Las consecuencias finales son las anticipadas por el doctor Groot en su momento. Para entender el fenómeno debemos conocer el ciclo de transmisión natural de estos virus.

Los virus del dengue permanecen en la naturaleza siguiendo un ciclo que involucra seres humanos y mosquitos. Cuando un mosquito infectado pica a una persona susceptible (es decir, vulnerable porque no ha tenido infección por ese virus dengue anteriormente), inyecta el virus que se encuentra en sus glándulas salivares. La picadura es una verdadera inyección, ya que a medida que va introduciendo la proboscis (el aguijón) para buscar la sangre de su víctima, el mosquito inyecta mecánicamente saliva con el virus. Introducido en la sangre, el virus busca a los glóbulos blancos y se multiplica en ellos. En esta forma los utiliza como vehículo para circular en el torrente sanguíneo con el fin de multiplicarse para alcanzar concentraciones altas. Tal fenómeno se conoce con el nombre de viremia, o sea presencia de virus en la sangre. Cuando otro mosquito pica y chupa la sangre de esta persona en el período de viremia, se infecta al ingerir el virus, el cual se replica en su organismo de

invertebrado. Esta multiplicación incluye sus glándulas salivares, de tal manera que unos 10 días después, cuando este mismo zancudo pica por segunda vez a otro ser humano, esta nueva víctima recibe la inoculación inevitable del virus. En el mundo de los mosquitos, sólo la hembra es hematófaga, los machos no chupan sangre.

Las hembras de *Aedes aegypti* son los vectores más importantes en el mundo; sin embargo hay otras especies involucradas, como *Aedes albopictus* que le sigue en importancia, *Aedes polynesiensis* y *Aedes scutellaris*. El *A. aegypti* se cría en aguas limpias que están en reposo. De allí la importancia que tiene tapar bien los tanques de agua potable y de recoger las basuras, puesto que éstas consisten, entre otras cosas, en latas abiertas, botellas o cascotes de botella, cáscaras vegetales o plásticos y llantas viejas, todos éstos, elementos capaces de empozarse suficiente cantidad de agua durante los períodos de lluvias para que allí las hembras de *A. aegypti* puedan posar y dejar sus huevos en la superficie.

De estos huevos salen las larvas y luego las pupas después de varias mudas, hasta terminar finalmente en mosquitos adultos después de unos 8 días de la eclosión de las larvas. Se ha demostrado la transmisión vertical de la infección en los mosquitos, de hembra madre a sus hijos, porque el virus puede infectar los ovarios y pasar a los huevos mismos de la hembra. Y, los huevos infectados originan mosquitos infectados desde su nacimiento. También se ha demostrado la transmisión venérea de estos virus entre los mosquitos. Sin embargo, estos fenómenos son raros y parece que no son importantes en la transmisión de la enfermedad.

## Hechos que favorecen el dengue hemorrágico

La sangre es un fluido complejo que está formado por un líquido viscoso llamado plasma y una serie heterogénea de células en suspensión como son los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas. El fenómeno fundamental del dengue hemorrágico es una fuga inusitada del plasma circulante de ese espacio intravascular que es el torrente sanguí-

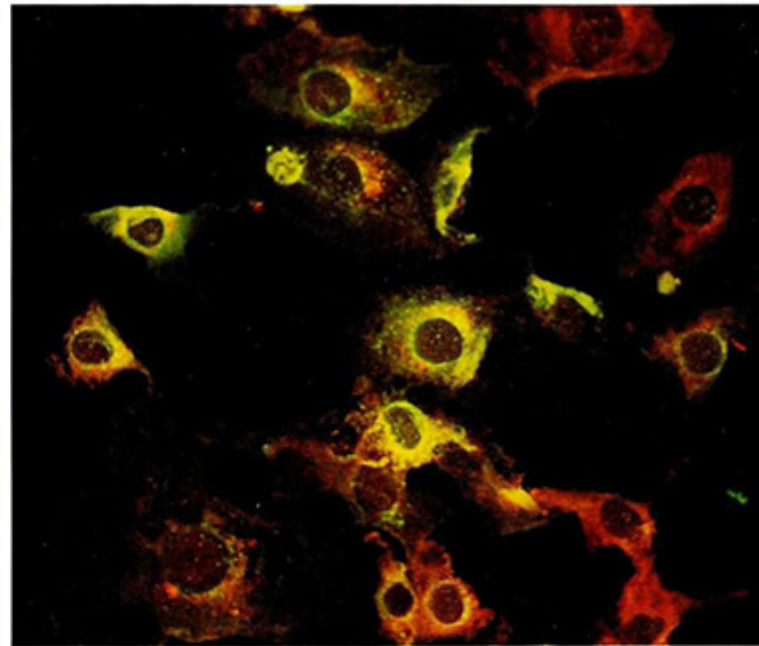


Figura 1. Aislamiento de la variedad dengue-2 del virus, a partir de una muestra proveniente de un enfermo en Villavicencio, Colombia.

neo, hacia el espacio extravascular, que se conoce como espacio intersticial.

Los conductos más pequeños de nuestro sistema sanguíneo se conocen con el nombre de capilares y no son tubos de paredes uniformes. Estas paredes tienen poros, es decir, perforaciones virtuales, aparentes,

que normalmente permanecen cerradas. Bajo ciertos estímulos químicos, estos poros se dilatan, dejando de ser espacios virtuales para convertirse en verdaderos huecos abiertos que dejan escapar el líquido plasmático que contienen. Si la dilatación es suficientemente grande y prolongada, también pasan los glóbulos rojos. En otras palabras, se derrama la sangre por los poros, perdiendo los capilares, transitoriamente, la capacidad de contenerla.

## La segunda infección

Cuando el organismo se infecta por primera vez con un virus dengue, responde produciendo anticuerpos precisamente contra ese vi-

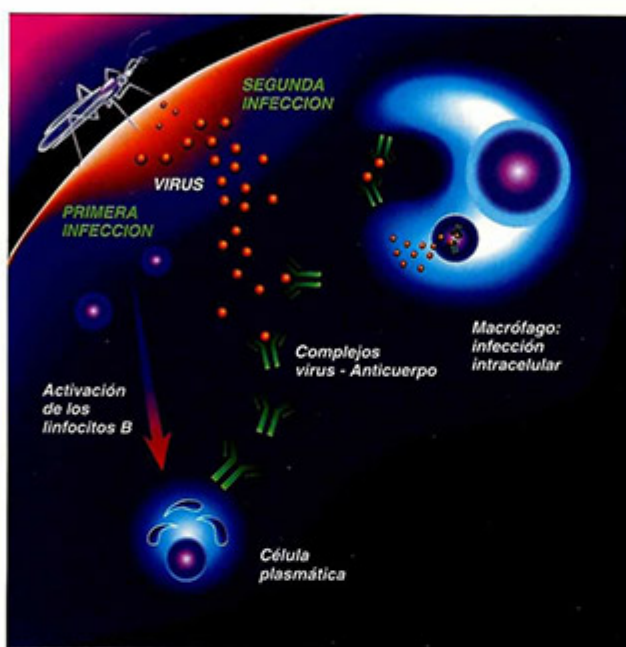
**El *Aedes aegypti***  
se cría en aguas  
limpias en reposo.  
De allí la  
importancia  
de tapar bien  
los tanques de agua  
potable y de recoger  
las basuras.

rus. Estos anticuerpos lo protegen contra la siguiente infección por ese mismo virus, pero no lo protegen de una infección contra ninguno de los tres restantes. Sin embargo, los anticuerpos generados contra ese primer virus son capaces de reconocer al virus dengue que origina la segunda infección y se unen al mismo pero sin destruirlo. Viajan con él por el torrente sanguíneo como «complejos inmunes», nombre que se le da al contubernio del anticuerpo resultante de la primera infección y el virus de la segunda infección.

los virus del dengue para generar infecciones altamente eficientes, porque al unirse los virus de la segunda infección a los anticuerpos de la primera<sup>1</sup>, éstos son utilizados para que literalmente cada virus llegue a un macrófago: los macrófagos devoran estos complejos inmunes, los cuales una vez en sus entrañas, se rompen liberando sus dos componentes a saber, el virus infectante y el anticuerpo de la primera infección. El virus infectante inicia su replicación en el interior del macrófago y el anticuerpo es des-

naturalizado por las enzimas del mismo. En otras palabras, los anticuerpos de aquella primera infección sirvieron de vehículo a los virus de la segunda, para que todos ellos pudieran infectar, amplificando así la infección en lugar de proteger. Se conoce en la virología como *amplificación inmunológica de la infección*-mediada por anticuerpos.

El macrófago infectado es atacado por otros glóbulos blancos cuya función es descubrir las células «enfermas» para destruirlas (linfocitos T asesinos). En respuesta a este ataque, los macrófagos se defienden liberando sustancias químicas que tienen la propiedad de dilatar la luz de los capilares (vasodilatación) y dilatar la luz de los poros de las paredes de los capilares, por los cuales escapa el plasma de su interior.



**Figura 2.** Amplificación inmune de la infección por dengue (mediada por anticuerpos).

### Anticuerpos que aumentan la infección

Cuando el organismo es infectado por la picadura de uno de estos zancudos, los virus introducidos en la sangre buscan una clase especial de glóbulos blancos para multiplicarse en ellos. Se llaman macrófagos porque son células grandes que, a diferencia de los otros glóbulos blancos, tienen la propiedad de comer o fagocitar y de liberar sustancias químicas. En un dengue común, la cantidad de virus que tiene éxito en «coronar» la infección de estos glóbulos blancos es pobre. Probablemente la inmensa mayoría de virus inyectados se inactivan por la misma temperatura corporal o por otros factores inespecíficos y sólo muy pocos cumplen con su propósito final de infectar y multiplicarse.

En el dengue hemorrágico, literalmente todas las partículas virales que ingresan al torrente sanguíneo terminan infectando los glóbulos blancos, gracias a los *complejos inmunes*. La formación de éstos es el mecanismo que han encontrado

### Virulencia aumentada de algunos virus

Con las técnicas de disección molecular de los ácidos nucleicos es posible establecer cómo es la sucesión de nucleótidos (la secuencia) que integra los ácidos nucleicos virales. Esto se ha hecho con los cuatro virus del dengue y ha sido posible establecer comparaciones entre el código genético de virus provenientes de casos hemorrágicos y de casos de dengue común. Así, se ha establecido que virus aislados de casos de dengue hemorrágico del sureste asiático en los años 50 y 60 son genéticamente similares a virus aislados recientemente en América, también de casos de dengue hemorrágico. De ahí se deduce

<sup>1</sup> La unión específica antígeno-anticuerpo se efectúa por la porción conocida como *fragmento ab* o *Fab*, quedando libre la otra porción reactiva de la inmunoglobulina, llamada *fragmento C* o *Fc*. Cuando los macrófagos están alerta, como ocurre con los de una infección por dengue, activan los receptores *Fc* de su membrana, los cuales «enganchan» los complejos inmunes circulantes de la segunda infección por dengue.

que la propiedad de generar enfermedad hemorrágica no radica solamente en el organismo humano sino que también puede ser una propiedad biológica inherente a ciertos virus.

**El aspecto más alarmante del dengue hemorrágico es el colapso vascular ocasionado por el escape de plasma al espacio intersticial, que puede llegar a ser profundo, irreversible y mortal.**

## Diagnóstico y tratamiento

El aspecto más alarmante del dengue hemorrágico es el colapso vascular ocasionado por el escape de plasma al espacio intersticial, que puede llegar a ser profundo, irreversible y mortal. Las pruebas de laboratorio clínico que apoyan el diagnóstico médico de esta enfermedad son la evidencia de hemoconcentración (concentración de los glóbulos rojos debido a la pérdida de plasma intravascular) y la disminución importante en el recuento de plaquetas. En tiempos de epidemia como la que se ha identificado en distintas regiones de Colombia en el segundo semestre de 1995,

debe considerarse la posibilidad de esta enfermedad en todo enfermo que haya pasado recientemente por tierra caliente.

El tratamiento consiste en remplazar el líquido que ha perdido el espacio intravascular mediante la infusión de «suero» intravenoso, con vigilancia permanente para evitar el colapso y para corregir los problemas adicionales que aparecen con frecuencia. No hay remedio específico, por lo cual sólo el soporte con buen juicio médico es la única medida disponible hasta el momento. El tratamiento preventivo está en estudio en Tailandia, con una vacuna de virus atenuados, similar a la vacuna de la fiebre amarilla.

Pero el verdadero tratamiento preventivo, más que la vacuna, está en manos de la comunidad y de las instituciones sanitarias, evitando los criaderos del zancudo. Este mosquito ha sido domesticado por el hombre debido precisamente a que éste le proporciona los criaderos, como antes se mencionó, tanto en los tanques de almacenamiento de agua potable a la intemperie como en los pozos de agua formados en la basura, debido a la deficiencia o rampante inexistencia de condiciones sanitarias básicas en la inmensa mayoría de comunidades tropicales del mundo.

Teniendo en cuenta las dificultades sociales y económicas que atravesamos, la erradicación del mosquito, tal como ocurrió en los años 50, es una quimera. Sin embargo, debemos hacer esfuerzos ingentes para educar a la comunidad y conseguir el apoyo institucional necesario para mantener a raya la población de *A. aegypti*. De lo contrario, existirá la enfermedad tal como lo anunciara el doctor Groot años atrás y tanto la morbilidad como la mortalidad seguirán creciendo.

## Referencias

1. **Groot, Hernando:** *The reinvasion of Colombia by Aedes aegypti: Aspects to remember. Second Soper Lecture. Am J Trop Med Hyg 1980; 29(3): 330-338.*
2. **Groot H, Boshell J:** *Dengue, dengue hemorrágico y fiebre amarilla. Capítulo 243. Enfermedades infecciosas y parasitarias. En: Chalem, Escandón, Campos y Esguerra (eds.): Medicina interna, Vol. II, 2a. Ed. Editorial Doyma, 1992.*
3. **Henchal, Erik A; Putnak, J Robert:** *The dengue viruses. Clinical Microbiology Reviews 1990; 3(4): 376-396.*
4. **Halstead, Scott B:** *Antibody, macrophages, dengue virus infection, shock and hemorrhage: A pathogenetic cascade. Reviews in Infectious Diseases 1989; 11(S4): S830-S839.*
5. **Gubler, Duane J:** *Dengue/dengue hemorrhagic fever: An emergent disease problem in the Americas. US Medicine, August 1990.*
6. **Rosen, Leon:** *The emeror—clothes revisited, or reflections on the pathogenesis of dengue hemorrhagic fever. Presidential Address. Am J Trop Med Hyg 1977; 26(3): 337-343.*
7. **Rico-Hesse, Rebeca:** *Molecular evolution and distribution of dengue viruses type 1 and 2 in nature. Virology 1990; 174: 1-14.*
8. **Bhamarapravati, Natth:** *Hemostatic defects in dengue hemorrhagic fever. Reviews in Infectious Diseases 1989; 11(S4): S826-S829.*



## **NEGOCIOS SIN FRONTERAS**

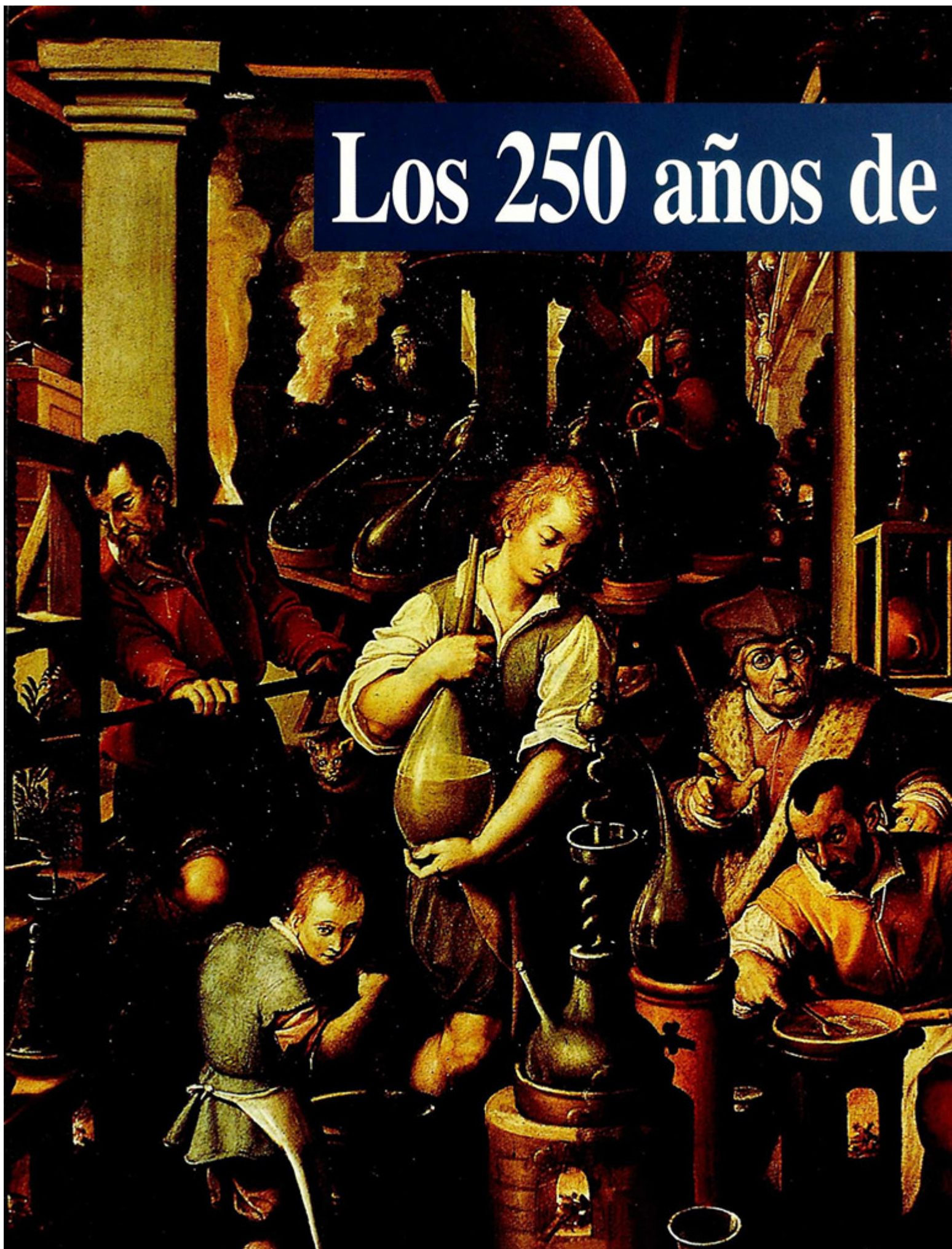
La Internacionalización de la economía ya ha tomado vuelo y usted está en el negocio donde las oportunidades se aprovechan en el momento preciso. Por eso usted debe contar con un banco experto en Banca Internacional, que le preste asesoría, que tenga la agilidad necesaria en el momento de hacer los trámites de importación, exportación, cartas de crédito y cambio de divisas etc., que "vuele" a atender sus necesidades en el momento que usted lo requiera. Acérquese al Banco Popular y realice negocios sin fronteras.

Marco LINTAS

TEL: 504 222 2222

 **banco  
popular**  
ESTE ES SU BANCO

# Los 250 años de



# a teoría de la evolución

**Nelson Papavero**  
Biólogo  
Instituto de Estudios Avanzados  
Universidad de Sao Paulo

**Jorge Llorente**  
Biólogo  
Facultad de Ciencias  
Universidad Autónoma de México

Con respecto a la reciente publicación del número especial de *Innovación y Ciencia* dedicado a la teoría de la evolución orgánica (Vol. IV, No. 1, 1995), todavía es tiempo de recordar que en 1994 se conmemoraron los 250 años de la publicación de la obra *Dissertation physique à l'occasion du nègre blanc*, de Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, la primera de una serie de obras en que el autor propone, por primera vez, la teoría de la evolución biológica, juntamente con una teoría genética para explicar el surgimiento de las «novedades evolutivas», amén de una teoría de selección natural. Sea, pues, esta la ocasión para dar a conocer la vida y la obra de este científico y naturalista francés, desconocido entre nosotros, que, cien años antes de Darwin, ya estaba proponiendo teorías revolucionarias para su época y que después transformarían el mundo.

## El negro albino

En 1744 se exhibía en París un niño «blanco», hijo de padres negros, un albino (**figura 1**). Siempre buscando hechos interesantes sobre los fenómenos de la reproducción y la herencia, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis se interesó por ese caso, publicando, en ese mismo año, el opúsculo antes mencionado. La 'Dissertation' de 1744 fue republicada, revisada y aumentada, en 1745, bajo el título de *Vénus physique, contenant deux dissertations, l'une sur l'origine des hommes et des animaux, l'autre sur l'origine des noirs*. La *Vénus physique* tuvo un éxito

inmenso en Francia y en el resto de Europa; en 1751 ya estaba en su sexta edición; como dijo sardónicamente Voltaire, "la vénus estaba en las manos de todo el mundo..."

Posteriormente, al perfeccionar sus ideas, Maupertuis publicó otras contribuciones. En 1751, bajo el seudónimo de Dr. Baumann, dio a la luz, en Erlangen, una *Dissertatio inauguralis metaphysica de universali naturae systemate, pro gradu doctoris habita*. La 'Dissertatio', al ser traducida al francés, en 1754, recibió un nuevo título: *Essai sur la formation des etres organisés*. Cuando, en 1756, fueron publicadas las 'Oeuvres' de Maupertuis, en Lyon, esa misma obra apareció rebautizada como *Système de la Nature*.

De menor importancia, pero que también incluyen pasajes relacionados con su teoría de la



**Figura 1.** Negro albino. Dibujo de Albert Eckhout (ca. 1610-1664), ejecutado en Pernambuco, Brasil, alrededor de 1640. (Fotografía del original, actualmente en la Universidad de Cracovia, Polonia, manuscrito Theatri rerum naturalium Brasiliae, t. 3, p. 13; cortesía de la profesora Petronella de Vries Albertin).

evolución, podemos citar el *Essai de Cosmologie* (1751) y la 'Carta XVI. Sobre la generación de los animales' (1752).

El lector interesado podrá consultar las traducciones al español de esas obras y una exposición más detallada de las ideas de Maupertuis en el libro de Papavero y Llorente-Bousquets<sup>1</sup>.

## Química y embriología

Desde mucho tiempo, alquimistas y químicos sabían que, al mezclarse diferentes sustancias, especialmente líquidos, a veces no surge ninguna reacción; otras veces surge un tercer producto, que participa de ciertas características de las dos sustancias anteriores. El problema estaba en explicar por qué ciertas sustancias se combinan, produciendo algo distinto, y otras no. Los químicos del siglo XVIII intentaban explicar todos esos fenómenos empleando analogías con las fuerzas newtonianas de la «atracción» de los cuerpos, que habían resultado tan útiles en física y astronomía.

Pero una fuerza ciega de «atracción» entre sustancias no era suficiente para explicar las reacciones químicas (especialmente la ausencia de reacciones). Era necesario suponer la existencia de «atracciones» diferenciales entre las sustancias químicas; algunas no poseían ninguna relación de atracción; otras la tenían y, puestas una en presencia de la otra, reaccionaban, produciendo una tercera sustancia, con ciertas características de las sustancias originales.

Análogamente, de la mezcla de dos líquidos, los 'sémenes' masculino y femenino, podía surgir un feto, un compuesto de dos sémenes: el producto final participando de ciertos caracteres de ambos progenitores. Pero no en todos los casos: de la cópula de animales de especies diferentes no sale un embrión.

Por otro lado, y aquí termina la analogía con la química, a veces ocurren 'errores' en la formación del tercer producto. ¿Por qué, de dos padres negros, había resultado un niño blanco, que se exhibía a las gentes en

París en 1744? Contrariamente a los procesos químicos (dos determinadas sustancias puestas en contacto *siempre* producirán, si es que tienen una relación de «atracción», la *misma* tercera

sustancia), en los procesos biológicos pueden surgir 'novedades' y a veces 'monstruos' (malformaciones).

Maupertuis dedicó su vida a responder esas inquietantes preguntas.

## Postulados fundamentales de la teoría de Maupertuis

(En esta sección y en las siguientes emplearemos las siguientes siglas: EC = *Essai de Cosmologie*; SN = *Système de la Nature*; VF = *Vénus physique*).

Los dos primeros postulados de Maupertuis garantizan que: "El licor seminal de cada especie de animales contiene una multitud innumerable de partes capaces de formar, por su unión, animales de la misma especie" (VF II, v). "Los elementos adecuados a la formación del feto nadan en los sémenes de los animales padre y madre" (SN XXXIII). "[Hay] en cada uno de los animales partes destinadas a formar el corazón, la cabeza, las entrañas, los brazos, las piernas... [del embrión]" (VF I, xvii).

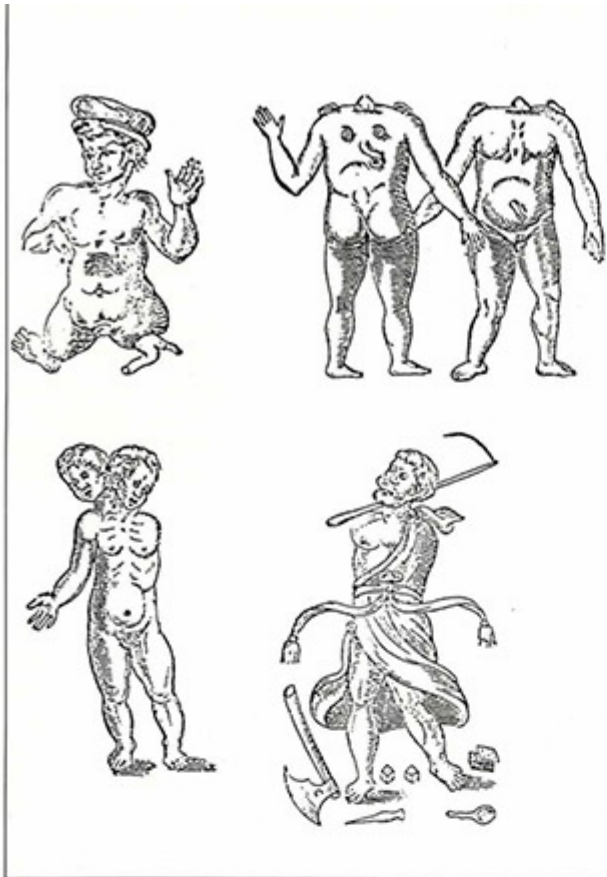
La evidencia empírica de esto es la siguiente: "Si los elementos parten de especies diferentes, pero en las cuales todavía quedan relaciones suficientes entre los elementos, unos ligados a la forma del padre, los otros a la forma de la madre, serán originados animales mestizos" (SN XXXVIII).

Pero, ¿cómo se unen esas 'partes' o 'elementos' que están en los sémenes de los animales padre y madre? Dice Maupertuis: "Los elementos que están en los sémenes masculino y femenino, destinados a formar en el feto exactamente las mismas partes de las que provinieron de los organismos parentales se unen por una fuerza análoga a la fuerza de atracción de la física" (VF I, xvii; SN I).

La fuerza de atracción, por sí sola, como ya vimos, no es suficiente para explicar los fenómenos biológicos; por eso, Maupertuis añade un axioma adicional: "Una atracción uniforme y ciega, diseminada por todas las partes de la materia, no puede servir para explicar cómo las partes se arreglan para formar el cuerpo cuya organización es la más simple. Si todas tienen la misma tendencia, la misma fuerza, de unirse unas con las otras, ¿por qué éstas formarán el ojo, por qué aquéllas la oreja?. ¿por qué ese maravilloso arreglo? Y, ¿por qué no se unen todas ellas de cualquier manera? Si es para decir alguna cosa razonable sobre eso, igual que basados en analogías, es necesario recurrir a *algún principio de inteligencia, o alguna cosa semejante a lo que llamamos deseo, aversión, memoria*" (SN XIV).

**“Una atracción uniforme y ciega, diseminada por todas las partes de la materia, no puede servir para explicar cómo las partes se arreglan para formar el cuerpo cuya organización es la más simple”.**





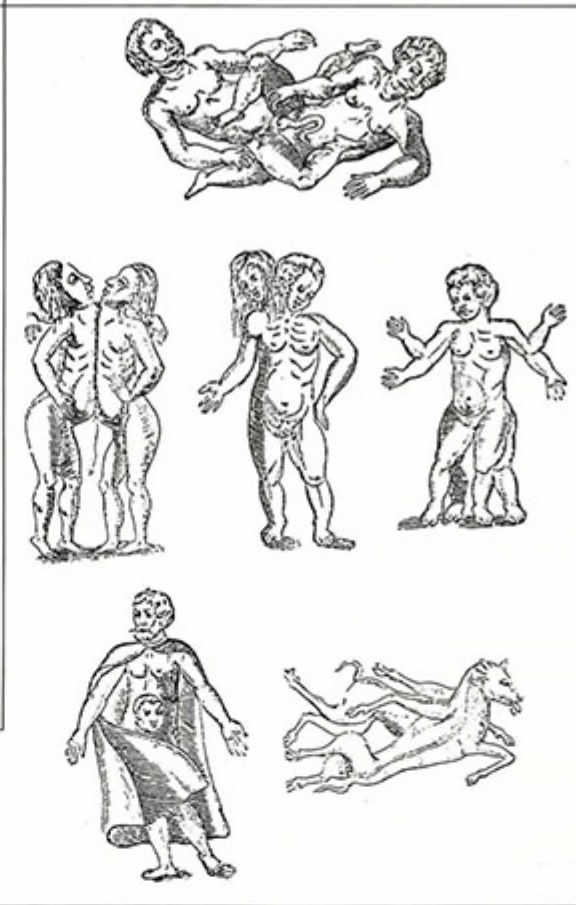
**Figura 2.** 'Monstruos' generados por escasez de semen. (Apud Ambroise Paré, 1585, Des monstres et prodiges).

La evidencia empírica de esto es que 'partes superfluas' se encuentran siempre, en el cuerpo del feto, en los mismos lugares que las partes necesarias. Si un monstruo tiene dos cabezas, una y otra están situadas sobre un mismo cuello, o sobre la reunión de las vértebras; si tiene dos cuerpos, están unidos de la misma forma. Hay varios ejemplos de hombres que nacen con dedos supernumerarios, pero siempre es en la mano o en el pie donde se encuentran (VF I, xvi).

Se deriva de todo lo expuesto hasta aquí que "cada uno de los elementos o partes provenientes de la parte semejante a aquella que debe formar *preserva una especie de recuerdo de su antigua posición y retomaría todas las veces que pueda, para formar en el feto la misma parte*" (SN XXXIII).

"Las partes análogas del padre y de la madre, siendo las más numerosas y las que tienen mayor afinidad, serían las que se unirían más comúnmente y formarían animales semejantes a aquellos de los que habrían salido" (VF II, v). "Teniendo estas partes cada una mayor relación de unión con la que para la formación del feto debe ser su vecina que con cualquier otra, el feto se formará, y si fuese todavía mil veces más organizado de lo que es, se formaría" (VF I, xvii).

"De ahí, en el orden ordinario, la *preservación de las especies, y la semejanza a los progenitores*" (SN XXXIV). "Si cada parte está unida a las que deben ser sus vecinas, y sólo a ellas, el niño nace en su perfección" (VF I, xvii).



**Figura 3.** 'Monstruos' generados por exceso de semen. (Apud Ambroise Paré, 1585, Des monstres et prodiges).

## Las mutaciones

Pero pueden aparecer cambios accidentales en ese proceso, que resultan en *monstruosidades*, debido a *causas intrínsecas y extrínsecas*.

Las causas intrínsecas se deben a los siguientes fenómenos:

"Si algunos elementos faltan en los sémenes, o si ellos no pueden unirse, nacen esos monstruos a los cuales falta alguna parte" (SN XXXV). "Si algunas partes se encuentran demasiado alejadas, o de forma muy poco conveniente, o con relaciones de unión demasiado débiles para unirse a aquéllas con las que debían estar unidas, nace un *monstruo por defecto*" (VF I, xvii) (**figura 2**).

"Si los elementos se encuentran en cantidad demasiado grande, o si, después de su unión ordinaria, alguna parte que permaneció descubierta aún permite a cualquier otra ahí juntarse, nace un monstruo con partes superfluas" (SN XXXVI). "Pero si sucede que partes superfluas encuentren aún su lugar y se unen a partes cuya unión era ya suficiente, he aquí un *monstruo en exceso*" (VF I, xvii) (**figura 3**).

Las partes o elementos del semen poseen 'memoria'; a veces pueden sufrir de 'fallas de memoria' y se 'olvidan' —tal vez permanentemente— de la configuración previa que tenían

“... cada grado de error habría hecho una nueva especie; y a fuerza de sucesivos desvíos se constituiría la diversidad infinita de los animales que hoy vemos”.

en el organismo del padre o de la madre; se juntan, entonces, de forma defectuosa; pueden llegar hasta el punto en que “un olvido total de la situación primordial hará nacer esos monstruos cuyas partes son todas desordenadas” (SN XLII).

Esas *producciones fortuitas*, “en las cuales las partes elementales no habrían retenido el orden que mantenían en los animales padres y madres” (SN XLV), se dividen en dos categorías: 1. debidas al *azar* (VF II, iii, v), o sea, a ‘fallas de memoria’; y 2. por *exceso o escasez*.

Podemos conjeturar, ya que no queda claro en los escritos de Maupertuis, que las producciones fortuitas debidas al azar serían siempre dominantes, siempre se manifestarían en el fenotipo, siendo las más importantes (SN XLV); las debidas a exceso o escasez sólo surgirían en el feto si estuviesen en ‘dosis doble’ (provenientes de ambos, el padre y la madre), de modo que, si provienen de uno solo de los progenitores, o no se manifiestan, o se manifiestan parcialmente y, por mezclarse con sémenes ‘normales’ sucesivamente, terminarían siendo eliminadas (‘borradas’), como veremos un poco más adelante.

En cuanto a las causas extrínsecas: “No excluyo la influencia que el clima y los alimentos puedan aquí tener” (VF II, v).

Las causas extrínsecas pueden actuar como ‘refuerzo’ de las causas intrínsecas. Maupertuis admite claramente la herencia de caracteres adquiridos ocasionados por la influencia directa del ambiente y sugiere experimentos para probar ese hecho (VF II, v).

Tales producciones fortuitas (o monstruosidades) pasan, a veces, a los descendientes del individuo que las presentó por primera vez y se establecen como una «novedad evolutiva» —como hoy diríamos— de toda una población o taxón: “Algunas monstruosidades, sea por exceso, sea por escasez, se perpetúan ordinariamente de una generación a otra, y durante varias generaciones” (SN XXXVII).

### El postulado de la evolución

Describe entonces Maupertuis lo que hoy denominamos el proceso de *anagénesis*:

“¿No se podría explicar así, cómo de dos únicos individuos puede surgir la multiplicación de las especies más diferentes? Ellas deberían su primer origen a algunas producciones fortuitas, en las cuales las partes elementales no habrían retenido el

orden que mantenían en los animales padre y madre; cada grado de error habría hecho una nueva especie; y a fuerza de sucesivos desvíos se constituiría la diversidad infinita de los animales que hoy vemos; y que crecerá tal vez más con el tiempo, pero a la cual la secuencia de los siglos no traiga sino adiciones imperceptibles” (SN XLV).

Nótese que el término ‘especie’ es empleado aquí por Maupertuis exclusivamente en el sentido morfológico.

### Selección natural y extinción de especies

No todas las ‘producciones fortuitas’ formarían especies; algunas serán eliminadas inmediatamente, junto con el primer individuo del que surgieron, por volverle la vida imposible. Existe, según Maupertuis, un tipo de ‘selección’ que elimina individuos inviables, tal como será propuesto por Darwin en su obra sobre especies de 1844<sup>2</sup>.

“Pero, ¿no podría decirse que, en toda combinación fortuita de las producciones de la naturaleza, como sólo existían aquellas que presentaban ciertas relaciones de conveniencia, que pudieron subsistir, no es maravilloso que esa conveniencia se encuentre en todas las especies que existen actualmente? El azar, podría decirse, habría producido una multitud innumerable de individuos; un pequeño número estaba construido de manera tal que las partes del animal podían satisfacer a sus necesidades; y en otro infinitamente mayor, no había ni conveniencia, ni orden: todos estos últimos perecieron. Animales sin boca no podían vivir, otros que no tenían órganos de reproducción no podían perpetuarse, los únicos que quedaron son aquellos en los cuales se encontraban el orden y la conveniencia; y estas especies que hoy vemos sólo son la más pequeña parte de aquello que un destino ciego había producido” (EC).

También especies pueden ser eliminadas de la faz de la tierra, después de formadas. Maupertuis explica su extinción por cataclismos tremendos que asolaron la superficie terrestre: “No puede dudarse que la mayoría de los animales perecerían, si sucediera que fuesen obligados a soportar calores tan excesivos o a nadar en fluidos tan diferentes de los suyos, o a respirar vapores tan extraños. Sólo los animales más robustos y tal vez los más viles conservarían su vida. Especies enteras serían destruidas...”

“Si estas conjeturas parecen osadas a algunos, que miren las marcas incontestables de los cambios que sucedieron en nuestro planeta. Esas conchas, esos peces petrificados, que se encuentran en los lugares más elevados y más distantes de las playas, ¿no hacen ver que las

# Innovación y Ciencia

**Un paso adelante  
en Ciencia y Tecnología**



**Adquiérala ya  
en puestos de revistas  
y suscríbese**

**Todo lo  
que usted  
debe saber  
para estar al día**

**40  
AÑOS**

**FUNDACION  
ALEJANDRO  
ANGEL  
ESCOBAR**

## **GANADORES DE LOS PREMIOS ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR 1995**

### **PREMIO DE LA PAZ**

MONS. ISAIAS DUARTE CANCINO

### **CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES**

ANGELA RESTREPO MORENO, por su trabajo INVESTIGACION SOBRE LA PARACOCCIDIOIDOMICO

### **CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS**

MYRIAM JIMENO, ISMAEL ROLDAN Y SU EQUIPO, por su trabajo ESTUDIO EXPLORATORIO SOBRE COMPORTAMIENTOS ASOCIADOS A LA VIOLENCIA

### **MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

GERMAN I. ANDRADE Y EQUIPO DE LA FUNDACION NATURA, por su trabajo PROMOCION DE LA CIENCIA DE LA CONSERVACION Y LA GESTION SOCIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LAS AREAS PROTEGIDAS DE COLOMBIA

### **SOLIDARIDAD**

COOPERATIVA INTEGRAL DE PRODUCCION Y TRABAJO ASOCIADO,  
RECUPERAR, de Itagüí, Antioquia

CENTRO DE ATENCION INTEGRAL A VIUDAS Y HUERFANOS VICTIMAS DE LA VIOLENCIA,  
COMPARTIR, de Apartadó, Antioquia

Cada uno de los premiados recibirá \$35.000.000, medalla de plata y diploma

### **MENCIONES DE EXCELENCIA EN CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES**

A NUBIA MUÑOZ Y LUIS ALBERTO TAFUR por su trabajo ESTUDIOS ETIOLOGICOS SOBRE EL CANCER DEL CUELLO UTERINO EN CALI Y EN ESPAÑA

A JOSE FERNANDO ESCOBAR por su OBRA CIENTIFICA EN MATEMATICAS

### **MENCION DE EXCELENCIA EN CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS**

A LUCERO ZAMUDIO, NORMA RUBIANO Y LUCY WARTENBERG por su trabajo EL ABORTO EN COLOMBIA: CARACTERISTICAS DEMOGRAFICAS Y SOCIOANTROPOLOGICAS

### **MENCIONES DE HONOR EN SOLIDARIDAD**

CORPORACION ACCION POR BOGOTA, ACTUAR BOGOTA

FUNDACION CENTRO DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS EN DESARROLLO,  
CIMDER, de Cali



**FUNDACION ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR**

Carrera 7a. No. 71-52 Of. 406 • Teléfonos: 312 0150 - 312 0151



# Pierre-Louis Moreau de Maupertuis

**P**ierre-Louis Moreau nació en Saint-Malo, Francia, el 17 de julio de 1698, hijo de René Moreau, «Seigneur de Maupertuis». Fue educado por preceptores privados y a los 16 años partió hacia París, para estudiar en el Collège de la Marche. Inicialmente dedicado a la carrera militar, se ejerció en las armas y en la equitación. Terminó sus estudios en 1714. En 1718 ingresó en el cuerpo de los mosqueteros grises, y en 1720 obtuvo el comando de una compañía de caballería en Lille. Su interés por la matemática y las ciencias en general lo hizo abandonar la carrera militar. En 1723 lo encontramos como «adjoin mécanicien» de la Academia de Ciencias de París, y dos años después como miembro asociado.

En 1728, con 30 años, visitó Londres. Estableció contacto con los discípulos de Isaac Newton y adoptó las ideas del gran físico inglés. Fue nombrado «fellow» de la Royal Society. Dos años más tarde viajó a Suiza, en donde, en Basilea, siguió los cursos de matemática de Jean Bernoulli. De regreso a Francia, en 1730, se transformó en ardoroso divulgador del newtonianismo en el seno de la Academia de Ciencias, atacando el cartesianismo, filosofía oficial de esa institución. En 1732 publica su primera obra en la que defiende las ideas de Newton: *Discours sur la figure des Astres*. En 1736 dirige una expedición a Laponia, para medir un arco del meridiano terrestre, con el fin de confirmar la hipótesis newtoniana de que la Tierra era aplastada desde los polos hacia el ecuador; otra expedición, comandada por La Condamine, se dirigió a Suramérica, con el mismo objetivo. Confirmada la conjetura de Newton, Maupertuis se vio cercado de fama y envidia. Voltaire celebró a Maupertuis, a su regreso de Laponia, con estos versos:

*Le Globe mal connu qu'il a sçu mesurer,  
Devient un Monument où sa gloire se fonde;  
Son sort est de fixer la figure du Monde,  
De lui plaire, et de l'éclairer!*

En 1743 Maupertuis es recibido como miembro de la Academia Francesa de Letras. En 1744 publica la *Dissertation physique à l'occasion du nègre blanc*, republicada el año siguiente como *Vénus physique*.

Federico de Prusia, a instancias de Voltaire, nombra a Maupertuis presidente perpetuo de la Academia de Ciencias de Berlín, y Maupertuis pasa a residir en la corte del rey de Prusia. Hace constantes viajes a París y publica muchas obras sobre biología y física, entre ellas su *Essai de Cosmologie* (1751) y la *Dissertatio metaphysica* (después republicada como *Système de la Nature*) (también en 1751).

A partir de 1752 la salud de Maupertuis se encuentra muy debilitada, probablemente por la tuberculosis. En 1758 viaja por última vez a Francia y después a Basilea; está tan enfermo que tiene que quedarse en la casa de los Bernoulli. Ahí se reúne con él su esposa Eleonora de Bock, que lo asiste en sus últimos meses. Maupertuis murió en Basilea el 27 de julio de 1759, asistido por su esposa, los Bernoulli y dos sacerdotes.

Sin duda una de las mayores figuras de la biología, Maupertuis fue responsable de la proposición de la teoría de la evolución orgánica por primera vez en el mundo.

aguas en el pasado inundaron esos lugares? Esas tierras fracturadas, esos yacimientos de diferentes clases de materias interrumpidas y sin orden, ¿no son pruebas de alguna violencia sufrida por la Tierra?" (EC).

### El problema de la cladogénesis o formación de especies

Lo que resta ahora por explicar, y que es el principal punto de toda la teoría evolutiva, es cómo de un individuo o de un par de individuos —macho y hembra— en los cuales surgió una 'producción fortuita' o monstruosidad tal que no fuera deletérea, pudo surgir una 'especie', esto es, toda una población descendiente de ese individuo o de ese par de individuos, cuyos miembros comparten, todos, esa 'novedad evolutiva'.

Es justamente la parte más débil de la obra de Maupertuis, que no fue considerada suficientemente por ese autor y quizá la causa del fracaso de su teoría ante los naturalistas. Hay que decir que del mismo problema padecería la teoría de Darwin<sup>2</sup>.

Maupertuis consideró, tal como lo haría Darwin en la segunda mitad del siglo XIX, los hechos de la «selección artificial», producida por el hombre: "Es así que aquellos cuya industria se aplica a satisfacer el gusto de los curiosos, son, por así decir, creadores de especies nuevas. Vemos aparecer razas de perros, palomas, canarios, que no existían antes en la naturaleza; primeramente no han sido individuos fortuitos; el arte y las generaciones repetidas hacen de ellos especies" (VF II, iii).

Considérese que las 'producciones fortuitas' debidas a 'exceso o escasez' terminan por desaparecer en la naturaleza. "Ellas se perpetúan por generaciones repetidas de individuos que las tienen y se borran por generaciones de individuos que no las tienen" (VF II, iii). "Para hacer de esas especies razas que se perpetúan, es necesario verosímelmente que estas generaciones se repitan varias veces; es necesario que las partes capaces de producir los rasgos originarios, menos numerosos en cada generación, se disipen o queden en un número tan pequeño que sería necesario un nuevo azar para reproducir la especie originaria" (VF II, v).

¿Cómo procede el hombre para seleccionar 'nuevas especies' a partir de un individuo que muestra una 'producción fortuita' o 'monstruosidad' nueva? *Aislando* ese (esos) individuo(s); no dejándolos copular con otros individuos 'normales'. Así, las 'producciones fortuitas', con dosis dobles del padre y de la madre, se

perpetúan, formando una población en que todos los individuos poseen ese estado de un cierto carácter. Pero, y aquí está lo que Maupertuis no explica, ¿cómo hace la naturaleza para producir 'nuevas especies' a partir de uno o más individuos portadores de una nueva 'producción fortuita'? Pues, como él mismo insiste, "es cosa bastante común ver un niño asemejarse más a cualquiera de sus antepasados que con sus progenitores más cercanos. Los elementos que forman algunos de esos rasgos pueden haber preservado mejor el hábito de su situación en el antepasado que en el padre, sea porque estuvieron en aquél por un tiempo más largo (...), sea por algunos grados de fuerza más para unirse; y entonces se colocarán en el feto como estaban en el antepasado" (SN XLI).

A pesar de no decir cómo esa 'fijación' de una 'producción fortuita' ocurre en la naturaleza, Maupertuis admite que, a medida que esas 'producciones fortuitas' se acumulan, las especies se tornan cada vez más distintas (morfológicamente); de manera simultánea, las 'afinidades' (de juntarse) de los elementos que 'nadan en el semen' se van debilitando, hasta llegar al punto en que no eran más capaces de juntarse; dos morfoespecies, por tanto, llegarán al punto de transformarse en especies biológicas: "En fin, si los elementos salen de animales que no tienen entre sí analogía suficiente, los elementos, no pudiendo tomar, o no pudiendo preservar, un arreglo conveniente, la generación se vuelve imposible" (SN XXXIX).

### La polarización de caracteres

En la carta XVI, Maupertuis se ocupó del problema que hoy denominamos «polarización de los estados de un carácter», o sea, dado un par de estados de un mismo carácter, saber cuál estado precede el otro en el tiempo, cuál estado cambió para originar otro. Así, comenta Maupertuis:

"No hay animales en los cuales los dedos supernumerarios aparezcan más frecuentemente que en los perros. Es una cosa notable que ellos tienen, de ordinario, un dedo menos en las patas posteriores que en las delanteras, en las cuales tienen cinco. Sin embargo, no es raro encontrar perros que tienen un quinto dedo en las patas posteriores, a pesar de que muy frecuentemente está desprovisto de hueso y sin articulación. ¿Ese quinto dedo de las patas posteriores es por tanto un dedo supernumerario; o es, en el orden ordinario, apenas un dedo perdido de raza en raza en toda la especie y que tiende, de tiempos en tiempos, a reaparecer?"

Pues las mutilaciones pueden tornarse hereditarias, tanto cuanto las superfluidades”.

## El origen de los negros

Consideremos finalmente la explicación dada por Maupertuis al caso del negro 'blanco', que causó todas esas reflexiones geniales. Para él, "el blanco es el color primitivo de los hombres, (...) el negro no es sino una variación hecha hereditaria hace varios siglos, pero que en absoluto ha borrado enteramente el color blanco, que tiende siempre a reaparecer [ese era justamente el caso del niño albino de 1744]. Porque no se ve ocurrir el fenómeno opuesto, no se ven de padres blancos niños negros" (VF II, vi). "... el blanco es el color de los primeros hombres (...); no es sino por algún accidente que el negro se ha convertido en un color hereditario en las grandes familias que pueblan la Zona Tórrida; entre las que, sin embargo, el color primitivo no está tan perfectamente borrado como para que no reaparezca alguna vez" (VF II, vi).

¿Cómo, a partir de algunos individuos originariamente portadores de una 'producción fortuita' se originaron las variedades de la especie humana? Maupertuis explica el proceso admitiendo que los seres humanos portadores de esas 'novedades evolutivas' o tenían alguna ventaja, que les permite vivir en áreas distintas de las ocupadas por sus antecesores, o debido al racismo de esos mismos antecesores:

"Si lo que cuentan los viajeros de las tierras magallánicas y de las extremidades septentrionales del mundo es cierto, estas razas de Gigantes [los patagones] y de Enanos [los esquimales] se habrían establecido allí, o por la conveniencia de los climas, o mejor porque en el momento en que comenzaban a aparecer habrían sido expulsados a estas regiones por otros hombres que habrían temido a estos colosos o despreciado a estos pigmeos.

"Si Gigantes, Enanos y Negros han nacido entre los otros hombres, el orgullo o el temor habrá armado contra ellos a la mayor parte del género humano; y la especie más numerosa habrá relegado estas razas deformes a los climas de la Tierra menos habitables. Los Enanos se habrán retirado al Polo Ártico; los Gigantes habrán ido a habitar las tierras de Magallanes; los Negros habrán poblado la Zona Tórrida" (VF II, VI).

Biogeográficamente, por tanto, tenemos un centro de origen y dispersión, primitivamente ocupado sólo por la raza blanca. Los mutantes —para utilizar la terminología actual—, uniéndose entre sí (los que tenían las mismas mutaciones), crearían grupos que se dispersarían radialmente, o 'por la conveniencia de los climas',

a los que estarían adaptados gracias a esas mutaciones, o expulsados por la raza originaria (blanca), 'por orgullo o temor', hasta los extremos del mundo. En regiones libres de competencia con otras razas humanas se multiplicarían, manteniendo sus caracteres derivados.

¿Se aplicaría el mismo sistema de especiación a los otros animales?

## Referencias

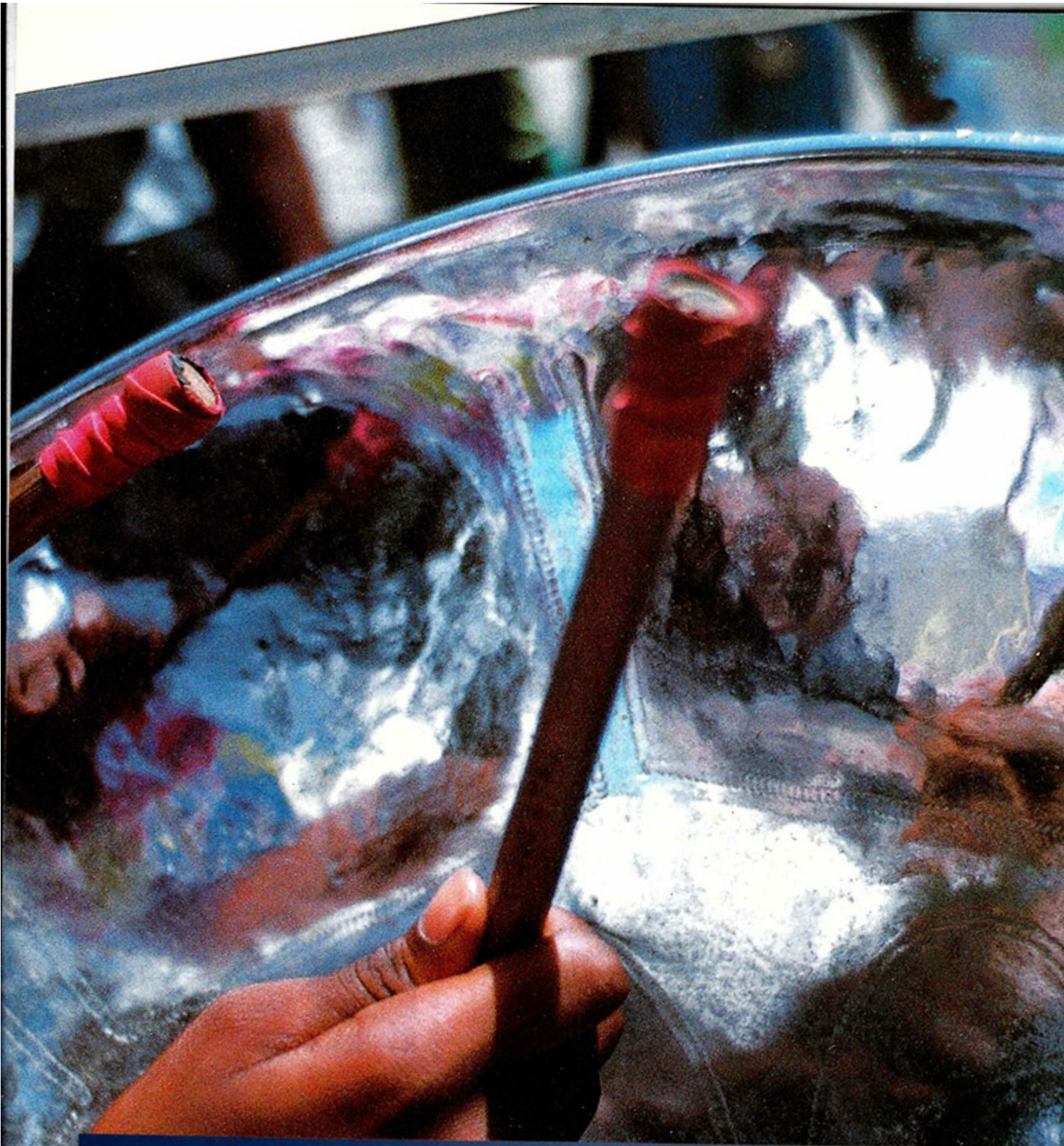
1. *Papavero N, Llorente-Bousquets J: Principia Taxonomica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica. Volumen IV. El sistema natural y otros sistemas, reglas, mapas de afinidades y el advenimiento del tiempo en las clasificaciones: Buffon, Adanson, Maupertuis, Lamarck y Cuvier. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1994.*
2. *Papavero N, Llorente-Bousquets J: Principia Taxonomica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica. Volumen V. Callase y Darwin. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1994.*



### 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



# Ciencia y tecnología de





Clement Imbert,  
Derek Gay,  
Brian Copeland  
Faculty of Engineering  
The University of West Indies  
St. Augustine, Trinidad

## Introducción

**E**l steelpan o tambor de acero, es un instrumento musical, originario de Trinidad y Tobago, fabricado tradicionalmente a partir de canecas de petróleo comercial. La parte plana del barril se hunde para formar una superficie elipsoidal y la parte cilíndrica (o falda) se corta a un determinado tamaño dependiendo de las notas que se quieran obtener. Antes de afinar el tambor, las notas se delinear y se separan con hendiduras elaboradas tradicionalmente por medio de un martillo y un punzón. Los instrumentos, en particular aquellos que producen notas más altas, con frecuencia se croman por razones estéticas. Las propiedades acústicas o tonales dependen de la composición del metal, de su elasticidad, espesor de las tensiones internas; además del tamaño, forma y condiciones de contorno de las notas y de la forma en que está acoplada la falda al tambor. Hasta el momento, algunos de estos parámetros han sido variados por ensayo y error durante su construcción. Los adelantos logrados hasta la fecha, teniendo en cuenta que el instrumento lleva unos cincuenta años de existencia, son puramente fenomenológicos, pero en la actualidad se está haciendo un gran esfuerzo por cuantificar la producción y las propiedades acústicas del tambor, con el fin de avanzar en su desarrollo. En este artículo se describen los resultados de investigaciones previas y se analiza el trabajo que se está realizando en algunos aspectos mecánicos, metalúrgicos, acústicos y electrónicos del instrumento en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de West Indies.

# l steelpan

## Evolución del tambor

En Trinidad y Tobago se dice que el tambor de acero es el único instrumento inventado en el siglo XX. Su invención y nacimiento se han atribuido a diversas personas; pero lo que sí parece ser un hecho es que se derivó de otros instrumentos de percusión muy rudimentarios: baldes y canecas de basura, cajas de galletas y otros recipientes de este tipo, generalmente de acero, usados por bandas de carnaval en los años treinta en Trinidad. El desarrollo natural del tambor de acero llevó al uso de canecas más grandes, de fácil acceso y que pudieran ser manipuladas por una sola persona: el barril de petróleo de tamaño normal de 670 mm de diámetro y fabricado con hierro común y corriente de 1,2 mm de espesor. El método tradicional de manufactura fue investigado por Dennis<sup>1</sup> y a continuación se describe brevemente.

**Según el decir popular en Trinidad y Tobago, una banda típica de tambores de acero puede tocar desde música clásica hasta calippos.**

Los siguientes pasos se ejecutan en la producción de cualquier tambor de acero: depresión, demarcación y localización de las hendiduras, corte, formación de notas, tratamiento térmico y afinamiento. El tambor puede después cromarse por razones estéticas, durabilidad y calidad de los tonos musicales.

El primer paso en la manufactura del tambor es la depresión de uno de sus extremos para lograr una superficie cóncava. El tambor más hundido (15 a 20 cm) es el instrumento director, llamado el tenor; la depresión disminuye en forma considerable hasta que se obtiene el bajo, en el cual la superficie del tambor sólo se hunde ligeramente.

Luego se distribuyen las notas y se separan por medio de hendiduras hechas con un martillo y un punzón con el objeto de deformar plásticamente el metal. Una vez hechas las hendiduras, la sección cilíndrica o falda se corta al tamaño deseado: para los bajos se deja el

tamaño normal, que es de aproximadamente un metro, y el tenor, que es el tambor más corto, tiene un tamaño de 10 cm en algunos casos.

Cada nota se obtiene al martillar, de abajo hacia arriba, formando una especie de cúpula de poca profundidad. Esto debe hacerse con mucho cuidado, puesto que las superficies deben ser muy suaves y no debe haber una separación significativa entre los surcos o lími-

tes de las notas. Este proceso se considera como una afinación preliminar.

El paso siguiente consiste en aliviar las tensiones creadas al formar la superficie cóncava del tambor, lo cual se logra con un tratamiento térmico («quemando» el tambor sobre llantas usadas). El tambor se afina después con mayor precisión, creando la forma exacta y el estado de tensión de las notas que requiere el afinador.

El hundimiento del tambor, la demarcación y la formación de las notas se logra con una sola operación en cuestión de segundos gracias al uso de métodos mecánicos. La afinación del instrumento debe ser hecha indudablemente por expertos.

## Tono musical del steelpan

En los instrumentos musicales de cuerda todos los armónicos se relacionan naturalmente con el tono fundamental del instrumento y, por tanto, en el proceso de afinamiento, es este tono el que marca la pauta. Por el contrario, en el proceso de afinamiento de los tambores, los afinadores deben tener en cuenta al menos dos componentes por nota además de las notas fundamentales (octavas y quintas); cada nota se afina de manera individual, pero todas ellas están física y acústicamente interconectadas, de tal forma que la calidad tonal de cada una está influenciada por todo el tambor, incluyendo la falda. De este modo, el método de afinamiento es un proceso iterativo de unión de todas las notas.

La disonancia producida por la interacción de las notas se minimiza asegurándose que las notas adyacentes formen parte de un acorde común. Aunque los arreglos de las notas varían dependiendo del afinador, el arreglo más común es el especificado en un estudio hecho en 1990<sup>2</sup>, que sugiere la utilización del círculo de progresión de quintas en el caso del tambor tenor.

En este tambor tenor, las doce notas de la escala cromática son de forma aproximadamente trapezoidal en su parte exterior y están localizadas de tal manera que cada nota se sitúa a una cuarta de la nota anterior en la dirección de las manecillas del reloj (a una quinta de la nota anterior en dirección contraria a la de las manecillas del reloj). Las octavas de estas notas exteriores se localizan en la parte interna del tambor, lo cual da lugar a la expresión «arreglo o localización de cuartas y quintas».

Los diferentes instrumentos se agrupan en conjuntos que cubren extensiones musicales específicas. La **tabla 1** enumera las clases de instrumentos más comunes<sup>2,3</sup>, con sus corres-

**Tabla 1.**  
Extensiones  
musicales  
comunes  
de los  
tambores  
de acero.

pondientes extensiones musicales, dependiendo del fabricante (afinador).

Las bandas musicales típicas utilizan normalmente siete extensiones musicales<sup>4</sup>, y con ellas se puede tocar desde música clásica hasta calippos, según el decir popular.

INSTRUMENTO	EXTENSIÓN MUSICAL COMÚN	NÚMERO COMÚN DE NOTAS
Tenor Alto	Re <sub>4</sub> - Sol <sub>5</sub>	29
Tenor Bajo	Do <sub>4</sub> - Mi <sub>5</sub>	28
Tenor Doble	Fa <sub>3</sub> - Si <sup>b</sup> <sub>5</sub>	13 + 16
Segundo Doble	Fa <sup>#</sup> <sub>3</sub> - Do <sup>#</sup> <sub>5</sub>	16 + 16
Guitarra Doble	Do <sup>#</sup> <sub>3</sub> - Sol <sup>#</sup> <sub>4</sub>	10 + 10
Cuadrafónico	Si <sub>2</sub> - Si <sup>b</sup> <sub>5</sub>	9 + 9 + 9 + 9
Violoncelo Triple	Si <sub>2</sub> - Si <sup>b</sup> <sub>4</sub>	8 + 8 + 8
Violoncelo Cuádruple	Si <sup>b</sup> <sub>2</sub> - Do <sup>#</sup> <sub>5</sub>	4 tambores, 6 a 7 notas cada uno
Tenor Bajo	Fa <sub>2</sub> - Do <sub>4</sub>	4 tambores, 5 a 6 notas cada uno
Seis Bajos	La <sub>1</sub> - Re <sub>3</sub>	6 tambores, 3 notas cada uno
Nueve Bajos	Sol <sub>1</sub> - Do <sub>4</sub>	9 tambores, 2 notas cada uno

## Investigaciones previas sobre el steelpan

### Aspectos mecánicos y metalúrgicos

Como se mencionó anteriormente, Dennis<sup>1</sup> realizó una serie de experimentos mecánicos en varios tambores tenores. Encontró que el espesor de la superficie hundida del tambor se reducía prácticamente a la mitad original a unos 70 mm del centro del tambor. Dennis investigó el tratamiento térmico empleado usualmente (en el que se coloca el tambor sobre llantas usadas) y encontró que éste daba lugar a una distribución de temperatura entre 470 grados centígrados en el centro y 680 grados en las notas exteriores. Las tensiones creadas en el tambor se alivian por medio de un recocido subcrítico.

El efecto neto de una mayor deformación y de una temperatura de recocido más baja es que las notas de la sección interna del tambor sean más

«dóciles» que las notas altas. Los encargados de afinar los tambores han encontrado que el acero que posee un contenido de carbón menor de 0,1% es muy suave y es demasiado difícil obtener la dureza necesaria para lograr las notas altas. Los aceros que tienen un contenido de carbón mayor de 0,2% tienden a fracturarse durante el proceso tradicional de hundimiento manual.

### Producción mecánica de los tambores de acero

La mecanización de la producción de los tambores de acero tendría varias ventajas. Los métodos convencionales de troquelado y punzonado resultarían extremadamente costosos si se tiene en cuenta el alto costo de los troqueles. Otros métodos menos costosos han sido empleados para mecanizar la producción de tambores de acero<sup>5</sup>.

El repujado y el hidroformado se han ensayado con buenos resultados pero tienen sus limitaciones.

La utilización de almohadillas de caucho ha sido muy efectiva para eliminar los problemas causados por los métodos antes mencionados.

### Consideraciones acústicas

Dennis investigó las propiedades acústicas de un tambor de acero típico de la década de los setenta, midiendo la respuesta en frecuencia y el modo formal de las notas individuales. Utilizó transductores mecánicos de impedancia para excitar y medir las frecuencias de las notas individuales. Este autor consideró las notas como placas vibrantes que varían según las condiciones de límite, pero no pudo modelar de manera adecuada las frecuencias medidas con las técnicas analíticas existentes en ese momento<sup>6</sup>.

Entonces Dennis concluyó que "es posible que las cualidades tonales de las notas dependan más de los sonidos irradiados por las vibraciones de otras partes del tambor que de las notas parciales mismas". Esto fue confirmado por un trabajo realizado por Imbert<sup>5</sup> en el Instituto de Investigaciones Industriales del Caribe en Trinidad y por Pallett<sup>7,8</sup> en el Laboratorio de Investigaciones Ordnance de la Universidad de Pennsylvania.

Copeland<sup>4</sup> ha llevado a cabo investigaciones acerca de la amplificación del tambor de acero en cuanto se refiere al diseño de fonocaptadores eléctricos, específicamente deformímetros, sensores piezoeléctricos y transductores electromagnéticos de reluctancia variable.

Se realizaron pruebas con dos tipos de transductores. En un primer ensayo se utilizaron deformímetros, debido al éxito que había tenido su aplicación en las guitarras<sup>9</sup>. Posteriormente se emplearon transductores piezoeléctricos.

El desempeño de la unidad de seis bajos utilizando deformímetros se consideró satisfactorio. Sin embargo, este método no resultó muy favorable en comparación con otros métodos que utilizan sensores diferentes.

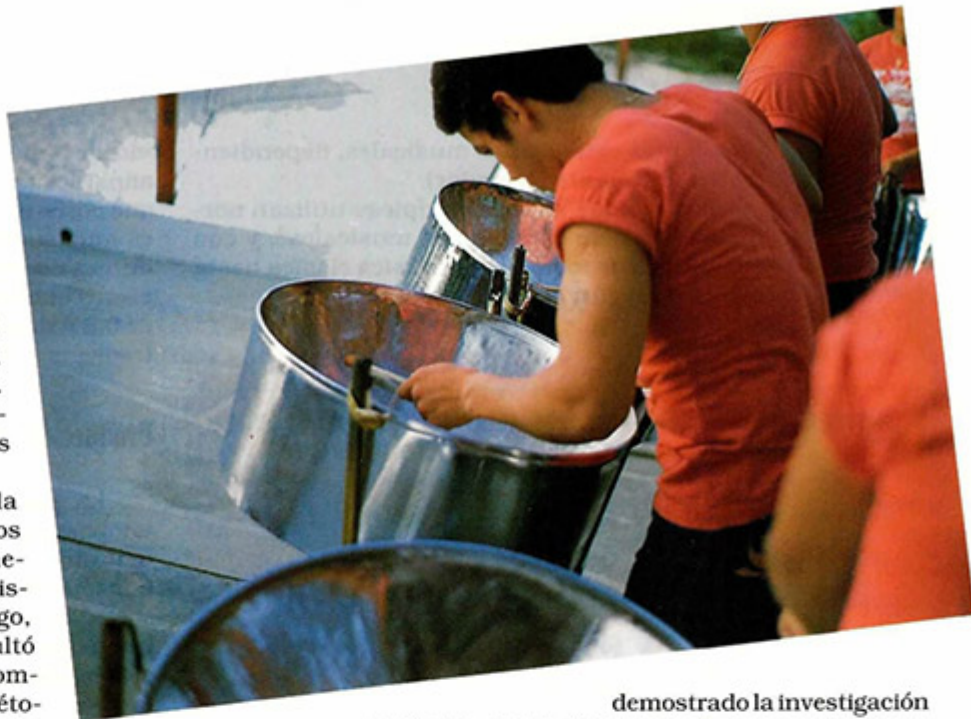
Aun cuando su efectividad no ha sido evaluada para todos los tonos del instrumento, se estima que el desempeño de los sensores piezoeléctricos será superior al de los sensores magnéticos. Esto presume el uso de medidores de altísima calidad tales como los que fabrica Kynar<sup>10</sup>, por ejemplo.

El efecto completo de estas técnicas de amplificación en el desempeño de los instrumentos aún no ha sido evaluado en su totalidad. Una de las dificultades más graves, por ejemplo, es que la extensa superficie del tambor de acero lo hace susceptible a problemas de retroalimentación acústica. Estos problemas serán estudiados en investigaciones futuras.

## Investigaciones en proceso en la Universidad de West Indies

### Aplicación de herramientas flexibles al proceso de formación del tambor

Los procesos de formación de Marform y de Guerin, que utilizan cojines de caucho, pueden emplearse para obtener la superficie cóncava. El proceso Guerin tiene la ventaja de ser más sencillo. Utiliza un molde hembra y la integración de la falda del tambor con la concavidad es relativamente fácil. La formación por medio de almohadillas de caucho tiene la ventaja de que el metal puede estirarse de manera relativamente uniforme sobre toda la superficie del tambor y se pueden obtener varios espesores, como lo ha



demostrado la investigación realizada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de West Indies.

### Aspectos acústicos/electrónicos

En vista de las múltiples variables que afectan la calidad de las notas, es necesario que exista un modelo apropiado que pueda analizar las características de vibración de este instrumento a través de todas sus configuraciones posibles.

Cualquier modelo ha de ser capaz de describir el comportamiento de la superficie completa del instrumento. El modelo propuesto se basa en el método de elementos finitos (en inglés, FEM) del análisis matemático, una técnica numérica ideal para sistemas físicos complejos como el que se presenta en la superficie de doble curvatura del tambor de acero.

Debido a los grandes requerimientos de cómputo del método de elementos finitos, la aparición de computadores de alta velocidad facilitó su uso como herramienta de análisis en la ingeniería a comienzos de los años setenta. Este método se ha utilizado ampliamente para estudiar sistemas tan diversos como las características de vibración de álabes de las turbinas en los sistemas de propulsión de aviones<sup>11,12</sup> y el funcionamiento acústico del tímpano de los gatos<sup>13</sup>.

En la aplicación que nos interesa aquí, el campo está constituido por la superficie de metal deformada y la falda del tambor. Las expresiones que describen las características de vibración de las superficies en términos de las propiedades de los materiales y las dimensiones se aplican a cada elemento. Las ecuaciones de los elementos se agrupan para «reconstruir» la superficie com-

pleta y los parámetros de desplazamiento requeridos se obtienen al resolver el conjunto de ecuaciones algebraicas lineales. Los parámetros de interés en este caso son las frecuencias (valores propios) y los desplazamientos correspondientes (vectores propios) que se emplean para construir los patrones modales de las superficies de vibración.

Los análisis efectuados se llevaron a cabo usando el método de elementos finitos de una placa cuadrada uniforme de Mindlin, que incluye los efectos de la inercia rotatoria y de las tensiones iniciales<sup>14</sup>. Este programa de elementos finitos fue modificado (teniendo en cuenta las formas irregulares de las notas del steelpan) y se empleó para realizar análisis similares de las notas de los tambores<sup>15</sup>.

Se ha propuesto emplear el método de elementos finitos utilizando elementos isoparamétricos tridimensionales doblemente curvados para analizar el tambor de acero. Los modelos numéricos de este tipo tienen la capacidad de examinar la respuesta en fre-

cuencia y el modo formal de cualquier combinación de propiedades del metal, forma y grosor de éste, sin importar cuáles sean la distribución de las notas y las propiedades de los materiales. Tal modelo optimizaría el proceso de evaluación del efecto de la localización de las notas en las características tonales del instrumento completo (superficie y lados del tambor de acero).

Se han empleado, así mismo, métodos ópticos para interpretar las propiedades de vibración de los instrumentos acústicos musicales, ya que éstos proveen información útil con respecto a parámetros de diseño. Sin embargo, tales métodos requieren todavía que se haga un prototipo del instrumento para cada configuración diferente. Los modelos generados por computador no presentan tal limitación.



## Mediciones acústicas

Con el fin de facilitar la verificación y calibración del modelo numérico, se han propuesto varias mediciones acústicas. Sin contar con el beneficio de una verdadera «cámara sorda», proponemos el empleo de un sistema de espectrometría de retardo que tenga un micrófono de referencia estándar.

La medición directa de las vibraciones de la superficie se logrará mediante el uso de transductores piezoeléctricos desarrollados por Copeland con el objeto de amplificar el tambor de acero (refuerzo del sonido)<sup>4</sup>.

## Mediciones físicas

Proponemos el uso de un método óptico con el fin de obtener una interpretación tridimensional de la superficie del instrumento (sus coordenadas cartesianas X, Y y Z). Este método se está desarrollando en el laboratorio de óptica del Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Sistemas de la Universidad de West Indies.

## Conclusiones

Para cuantificar de manera precisa los parámetros del tambor de acero se recomienda determinar todos los atributos y propiedades del instrumento mediante el uso de técnicas modernas de medición. Esto permitirá desarrollar una

investigación mejor enfocada y una rápida y efectiva estandarización.

Los modelos numéricos que emplean técnicas como el método de elementos finitos, son necesarios para determinar los efectos relativos de la multiplicidad de variables que contribuyen al sonido global del tambor. Los modelos teóricos deben refinarse por medio de pruebas físicas empíricas realizadas en tambores reales, utilizando un proceso experimental iterativo.

Los transductores electrónicos pueden ayudar a entender mejor los efectos de los diferentes parámetros del tambor, con el fin de filtrar, amplificar e igualar de manera adecuada y obtener los demás beneficios proporcionados por la electrónica digital. Esto tiene implicaciones importantísimas para lograr solucionar un grave problema de los tambores de acero: el tamaño inmanejable (de la falda) de los instrumentos de tonos bajos.

Es recomendable el uso de herramientas flexibles en la manufactura de los tambores de acero, particularmente para aquellos con escalas musicales altas. Esto eliminaría las limitaciones existentes en cuanto a forma, tamaño y material, permitiendo el uso de un acero de calidad más consistente y adecuado con el fin de lograr una mayor reproducción y permitir la construcción de prototipos relativamente económicos y la realización de operaciones piloto.

## Referencias

1. **Dennis RA:** A preliminary investigation of the manufacture and performance of a tenor steel pan. *West Indian Journal of Engineering*, Vol. 3, No. 1, April 1971.
2. **Price, Bruce:** Musical capabilities and note arrangements of the Steel Pan. *Official Launching of the First Steelpan Standard*. Trinidad and Tobago Bureau of Standards, Macoya, Tupanuma, Trinidad, July 20, 1992.
3. **Pichery, Leslie:** Specifications for the Steelpan industry. *The Caribbean Conference on Steelpan*, hosted by The Caribbean Intercultural Music Institute and Pan Trinbago, Holiday Inn Port of Spain, Trinidad, March 27-28, 1992.
4. **Copeland B:** Pickups for electro-acoustic Steelpans. Submitted to *The West Indian Journal of Engineering*, June 1994.
5. **Imbert C:** Investigation of commercial production techniques of Steelpan instruments. *Caribbean Industrial Research Institute (CARIRI)*, Tupanuma Post Office, Trinidad, Project No. E-SBR-73-5-1, June 1977.
6. **Timoshenko SP, Woinowsky-Krieger S:** *Theory of Plates and Shells*, 2nd Ed. McGraw-Hill, New York, 1961.
7. **Pallett, David S:** Application of mechanical impedance instrumentation for the study of vibration properties of musical instruments. *Journal of the Acoustical Society of America* 1972; 51(2): 464-466.
8. **Pallett, David S:** Mechanical properties of a toy xylophone and two steel drums. *Journal of the Acoustical Society of America* 1973; 53(1): 372 (abstract).
9. **Nourney C:** Strain gauge sensors eliminate acoustic feedback in amplified string instruments. *J Audio Eng Soc* 1982; 30(3): 107-111.
10. **Cantrell T:** Kynar to the rescue. *Circuit Cellar INK, The Computer Applications Journal*, Aug/Sept 1991, pp. 1-6.
11. **Gill PAT, Ucmaklioglu M:** Isoparametric finite elements for free vibration analysis of shell segments and non-axisymmetric shells. *Journal of Sound and Vibration* 1979; 65(2): 259-273.
12. **Mindle WL, Torvik PJ:** Multiple modes in the vibration of cantilevered shells. *Journal of Sound and Vibration* 1987; 115(2): 289-301.
13. **Funnel W, Robert J, Laszlo CA:** Modeling the cat eardrum as thin shell using the finite element method. *Journal of the Acoustical Society of America* 1978; 63(5): 1461-1467.
14. **Hinton E:** *Numerical Methods and Software for Dynamic Analysis of Plates and Shells*. Pineridge Press, Swansea, U.K., 1988.
15. **Gay D, Imbert C, Jarvis J:** Steelpan acoustic through numerical modelling and acoustic measurement. *In preparation*.

# CONVOCATORIA NACIONAL DE APOYO A PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SERIADAS

Programa COLCIENCIAS-BID III



**COLCIENCIAS**

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

## ■ DIRIGIDA A

Publicaciones científicas y tecnológicas seriadas colombianas.

## ■ REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN

- Tener ISSN.
- Tener temática comprendida por alguno de los once programas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (Salud; Ciencias Básicas; Energía y Minería; Ciencias Agropecuarias; Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad; Ciencias del Mar; Ciencias Sociales; Educación; Biotecnología; Medio Ambiente y Habitat; Electrónica, Telecomunicaciones e Informática).
- Tener como función principal la publicación de resultados de investigación científica o tecnológica, que aporten nuevos conocimientos y metodologías en los programas antes descritos del SNCyT.

## ■ PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS

Las propuestas deberán ser presentadas por el propio director o editor principal de las publicaciones científicas y tecnológicas seriadas colombianas.

## ■ CRITERIOS GENERALES DE SELECCIÓN

Los criterios generales de selección de las publicaciones científicas y tecnológicas seriadas colombianas son los siguientes:

1. Calidad científica
2. Comité Editorial
3. Arbitraje
4. Antigüedad
5. Periodicidad y puntualidad
6. Cobertura nacional e internacional

## ■ FORMATO ÚNICO DE INSCRIPCIÓN

Para participar en la convocatoria se ha diseñado un formato único de inscripción que puede obtenerse en las oficinas de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia A.C.A.C.

Además puede consultarse y retirarse por Internet en la portada institucional COLCIENCIAS: <http://www.colciencias.gov.co> o accediendo al gopher en: <gopher.colciencias.gov.co>.

El formato único de inscripción no tiene ningún costo.

## ■ ENVÍO DE DOCUMENTOS

El formato debidamente diligenciado deberá ser remitido a las oficinas de A.C.A.C., personalmente o por correo certificado (Carrera 50 No. 27-70. Edificio Camilo Torres, Bloque C Módulo 6 Of. 102, Bogotá, Tel.: 221 98 98, Fax: 221 6950, correo electrónico: [acolavci@hemeroteca.icfes.gov.co](mailto:acolavci@hemeroteca.icfes.gov.co)).

## ■ FECHA Y HORA LÍMITES DE RECEPCIÓN

29 de diciembre de 1995, a las 5 p.m.

## ■ PUBLICACIÓN DE RESULTADOS

La publicación de resultados se realizará el 28 de abril de 1996 en la prensa nacional.

Las publicaciones seriadas nacionales que cumplan con los criterios de selección serán incluidas en un índice electrónico nacional. Un Comité de expertos nombrado por la junta directiva de COLCIENCIAS seleccionará las publicaciones que recibirán apoyo financiero por parte del Instituto.

# Novedades editoriales

## COLOMBIA ANTE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE COMERCIO



**Daniel Mazuera,  
Jorge R. Pulecio y otros**

Ministerio de Comercio Exterior  
Colombia

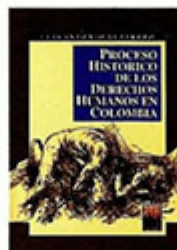
Con la entrada en vigor, el 1o. de enero de 1995, del tratado multilateral que crea la Organización Mundial de Comercio se abre una nueva era en el comercio mundial. En efecto, las nuevas regulaciones en materia de bienes, el sistema común de solución de diferencias y el mecanismo de examen de las políticas comerciales, así como los nuevos temas —servicios, propiedad intelectual e inversión extranjera— y la aceptación de los temas agrícola y de textiles como sujetos de regulación multilateral, resuelven el problema de la provisionalidad del Gatt y ubican a la OMC al mismo nivel del FMI y el Banco Mundial. Este libro reúne trabajos que además de exponer en detalle la nueva estructura del comercio mundial, muestran sus consecuencias para Colombia y los compromisos y ventajas que supone para el país el nuevo orden del comercio mundial.

## GALÁN Y LA CONSTITUCIÓN DE 1991

Instituto para el Desarrollo  
de la Democracia Luis Carlos Galán

La Fundación Luis Carlos Galán, al realizar el seminario "Galán y la Constitución de 1991", durante los días 18 y 19 de agosto de 1994, logró una recapitulación amplia, aunque incompleta, de muchos de los aportes del pensamiento político de Luis Carlos Galán a la Carta Fundamental de Colombia. Creemos que se deben profundizar estos análisis, tanto en beneficio de la historia constitucional de la nación como de futuras reformas. En todo caso, el pensamiento de Galán sigue siendo una invaluable cantera del pensamiento político colombiano, susceptible de ser aprovechada por las generaciones presentes y futuras.

## PROCESO HISTÓRICO DE LOS DERECHOS HUMANOS EN COLOMBIA



**Luis Antonio Restrepo**

Instituto para el Desarrollo  
de la Democracia Luis Carlos Galán

En el centro del drama colombiano y también de su progreso, están los derechos humanos. Su hilo histórico explica la trama y la sustancia de la sociedad contemporánea. La investigación de Luis Antonio Restrepo constituye una síntesis, una lectura crítica y dialéctica del proceso de los derechos humanos en la historia nacional. Se erige como una contribución académica e intelectual para comprender mejor las razones del drama colombiano colocándonos en mejores condiciones para encontrar caminos acertados. Es la hermosa tarea que interesa y compromete al Instituto para el Desarrollo de la Democracia Luis Carlos Galán.

## CIEN PREGUNTAS SOBRE EL SNI

**Salvador Malo Álvarez,  
Graciela Garza Ruiz Esparza**

Academia de la Investigación Científica  
México

La influencia que tuvo la Academia de la Investigación Científica en la creación y evolución del Sistema Nacional de Investigadores ha sido determinante. Esta acción revela la bondad de una iniciativa emprendida por una comunidad ilustrada e independiente, no sólo para el progreso del trabajo de sus miembros, sino también como ejemplo de una idea original bien llevada a la práctica a nivel nacional. El SNI todavía no es perfecto, pero representa el primer programa de gobierno que estableció el sistema de evaluación entre pares, actividad que día a día cobra más arraigo en otros sectores enfocados a la promoción de la ciencia en México.



# REVISTA Innovación Ciencia

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

## SUSCRIPCION PERSONA NATURAL

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

## SUSCRIPCION INSTITUCIONAL

Entidad \_\_\_\_\_  
Nit \_\_\_\_\_  
Representante \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_

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

LLENE  
Y ENVIE  
ESTE  
CUPON

# SUSCRIBASE ¡YA!

Suscripción Regular \$ 20.000  
Estudiantes \$ 15.000  
Exterior (aéreo) US 48

Ejemplar atrasado \$ 2.500  
Socio ACAC Gratuita

Fecha suscripción  
D | M | A

### Forma de pago:

Efectivo  Cheque  Crédito

Consignación: Asociación Colombiana  
para el Avance de la Ciencia

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

Tarjeta No. \_\_\_\_\_

Vence \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /

Credencial  Credibanco  Diners

### \*Renovación automática:

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

Acepto: Sí  No

\_\_\_\_\_  
C.C. Firma

# REVISTA Innovación Ciencia

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

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

Nombre \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_  
Profesión \_\_\_\_\_ Especialidad \_\_\_\_\_  
Entidad \_\_\_\_\_

De:

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

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

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

LLENE Y ENVIE  
ESTE CUPON

# CUPON REGALO

Suscripción Regular \$ 20.000  
Estudiantes \$ 15.000

Exterior (aéreo) US 48  
Ejemplar atrasado \$ 2.500

Fecha suscripción  
D | M | A

### Forma de pago:

Efectivo  Cheque  Crédito

Consignación: Asociación Colombiana  
para el Avance de la Ciencia

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

Tarjeta No. \_\_\_\_\_

Vence \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /

Credencial  Credibanco  Diners

### \*Renovación automática:

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

Acepto: Sí  No

\_\_\_\_\_  
C.C. Firma



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

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



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

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

## ICP, DIEZ AÑOS DE PROGRESO TECNOLÓGICO



**Jesús Aristizábal F.**

Ecopetrol

El autor, miembro fundador del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), ilustra de manera objetiva y clara los hechos, las vivencias y los logros de los años de progreso tecnológico del

ICP. El libro es didáctico en aspectos tan importantes como la historia del petróleo, la tecnología y su relación con la industria petrolera, el país y la empresa. También se tocan áreas de gestión tecnológica como formación de capital humano, información y conocimiento, transferencia de tecnología, propiedad intelectual y planeación; estas últimas, ligadas con las propias experiencias del ICP en su primera década de existencia.

## LA TECNOLOGÍA DE DNA RECOMBINANTE EN ALERGOLOGÍA EXPERIMENTAL

**Luis Caraballo, M.D.**

Universidad de Cartagena

En este libro, producto del trabajo experimental desarrollado durante los últimos dos años en el Instituto de Investigaciones Inmunológicas de la Universidad de Cartagena, se describen los procedimientos básicos requeridos para obtener en el laboratorio alérgenos recombinantes de uso potencial en medicina, estableciendo la posibilidad de su producción a gran escala como recursos diagnósticos o terapéuticos de las enfermedades alérgicas respiratorias más comunes, es decir, el asma y la rinitis. Estas técnicas pueden, además, ser aplicadas para la construcción de bibliotecas de cDNA con objetivos distintos a los de la alergología experimental.

## COLOMBIA: AL FILO DE LA OPORTUNIDAD



Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo

Presidencia de la República  
Colciencias

Este primer tomo de la «Colección Documentos de la Misión» contiene el informe conjunto de los comisionados.

Se trata de un sustancioso esfuerzo de síntesis de las múltiples sesiones de trabajo. Es una base documental que refleja una ambiciosa reflexión que en esta forma colectiva no se había hecho antes en Colombia. La Misión quiso interpretar algo que saltaba a la vista: la necesidad de producir un cambio de grandes dimensiones, ajustándose a una manifiesta voluntad existente en la sociedad colombiana, la de fortalecer la vigencia y la buena marcha de una cultura científica.

## LA ACADEMIA VA AL MERCADO Relaciones de científicos académicos con clientes externos

**Hebe M. C. Vessuri**  
(compiladora)

Fondo Editorial Fintec - Caracas

El presente libro hace un estudio detallado de prácticas, opiniones y actitudes de investigadores y grupos de investigación en las distintas instituciones consideradas, con relación a proyectos de investigación y mecanismos de transferencia específicos. Los autores son investigadores de Brasil y Venezuela interesados en la interfase de la investigación científico-técnica con la educación superior, de importancia crucial en América Latina en el momento actual.



**P**romoviendo la investigación científica y tecnológica

**I**ntegrando a las comunidades científica, tecnológica y académica

**A**poyando la formulación y el desarrollo de una política nacional de ciencia y tecnología

**O**rientando y fomentando las actividades científicas juveniles

**Trabajamos por el Desarrollo de Colombia**



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



**98.5 F.M.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**



**¡CRÉDITO PARA VIVIENDA  
NUEVA O USADA!**

# GRANCASA

DE GRANAHORRAR

LA FORMA MÁS RÁPIDA  
DE CONSEGUIR CRÉDITO  
PARA VIVIENDA

Porque con GRANCASA de  
GRANAHORRAR, le  
certificamos su crédito\* para  
que usted vaya a la fija a  
escoger y comprar la casa  
que siempre soñó.

Llámenos al  
**9800-15711**  
y en Bogotá al 312 5211



**Granahorrar**  
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA  
Usted nos tiene a nosotros

\* Crédito aprobado condicionado. Los créditos están sujetos a aprobación según las condiciones del mercado.