



# Innovación y Ciencia

VOLUMEN IV, Nº 4, 1995

**La dimensión artística  
de las matemáticas**

**Nuevo método diagnóstico  
en tuberculosis**

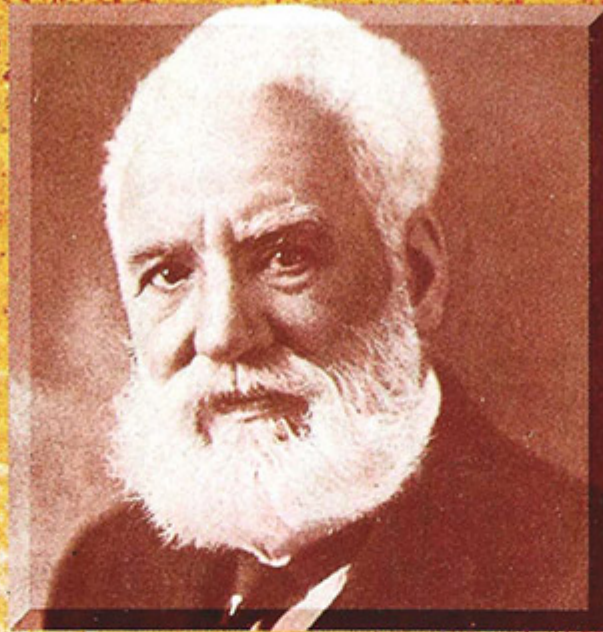
TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$4.000.00



9 770121 514007

00004

LO ESCUCHARON PERFECTAMENTE.



*A. Graham Bell*

\*Inventor del teléfono.

Su proyecto se hizo realidad porque lo escucharon. Su idea revolucionó el mundo de las comunicaciones. En la Corporación INNOVAR sus proyectos de nuevos productos o servicios comercializables y competitivos en el mercado también son escuchados. Complementamos el conocimiento científico y tecnológico que usted posee, para apoyar el desarrollo de su proyecto empresarial.

Sus proyectos tienen eco. Los escuchamos para hacerlos empresa. Somos la Corporación INNOVAR Incubadora de Empresas de Base Tecnológica.



Calle 26A No 37 - 28  
Teléfonos: 269 47 50 - 269 48 86. Fax: 269 49 09  
Beeper: 622 30 11. Código: 619  
Santa Fe de Bogotá, D.C. Colombia.

# **EL CONSEJO DEL PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS COLCIENCIAS**

**CON LA COLABORACION DE UNICEF Y EL ICBF**

**CONVOCA A LOS INVESTIGADORES DEL PAIS A PRESENTAR  
PROPUESTAS DE INVESTIGACION SOBRE EL MALTRATO INFANTIL  
EN SUS DIVERSAS MANIFESTACIONES**

Están llamadas a participar las universidades, centros de investigación y organizaciones con amplia experiencia en el área de las ciencias sociales.

## **DELIMITACION DEL TEMA DE LA CONVOCATORIA**

1. Diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención del maltrato infantil. La formulación del sistema debe partir de las experiencias y expectativas de la comunidad afectada y de aquellas instituciones y agencias que llevan registros de información.
2. Formulación de modelos de intervención para prevenir y tratar el maltrato infantil en Colombia, mediante la evaluación de los sistemas de gestión existentes. Se dará prioridad a estudios que involucren la variedad regional, cultural y étnica.
3. Diseño de un sistema explicativo de las causas, persistencia y tolerancia del maltrato infantil, a nivel nacional, regional y/o local. La investigación debe permitir el montaje de un sistema de indicadores susceptible de ser apropiado por las comunidades.
4. Evaluación sobre estado del arte que incluya causas, persistencia y tolerancia del maltrato infantil. La investigación debe hacer un aporte al estado del conocimiento.

## **CRITERIOS BASICOS PARA LA SELECCION DE PROYECTOS**

- \* Énfasis en investigación empírica, basada en la articulación de enfoques cuantitativos y cualitativos.
- \* Preferencia por propuestas que formulen alternativas prácticas para enfrentar el problema.
- \* Énfasis en proyectos interdisciplinarios y/o interinstitucionales.
- \* Énfasis en proyectos que involucren trabajo de campo.
- \* Énfasis en proyectos que por su contenido y alcance puedan contribuir eficazmente a la creación de una cultura de respeto al niño como sujeto pleno de derecho.

## **COMPROMISO**

Los resultados de investigación deberán entregarse en un año, contado a partir del momento en que Colciencias formalice su iniciación.

## **PROCEDIMIENTO**

1. Solicitar formato de presentación de proyectos en el Programa Nacional de Ciencias Sociales y Humanas de Colciencias. Para los interesados que residan fuera de Bogotá, el formato será enviado por fax o a vuelta de correo, previa solicitud del investigador.
2. Los proyectos deben dirigirse con el nombre de Convocatoria sobre Maltrato Infantil-Programa de Ciencias Sociales y Humanas, a la dirección de Colciencias: Transversal 9A No. 133-28, Santafé de Bogotá. La recepción se hará hasta el 15 de octubre de 1995.
3. La evaluación de los proyectos será hecha por pares, siguiendo el procedimiento establecido por Colciencias. La decisión de financiamiento será dada por un comité *ad hoc* constituido por investigadores de reconocida trayectoria en el campo.
4. Los resultados de la convocatoria se podrán conocer en las oficinas del Programa de Ciencias Sociales y Humanas de Colciencias, el día 20 de enero de 1996. En caso de que las propuestas no satisfagan los criterios dados, la convocatoria podrá declararse desierta.

## **MAYOR INFORMACION**

**Programa Nacional de Ciencias Sociales  
y Humanas  
COLCIENCIAS**  
Teléfono: 216 9800 Exts. 244 y 237  
Fax: 625 1788  
Santafé de Bogotá, D.C.

**COLCIENCIAS ESTIMULA LA INVESTIGACION EN FAVOR  
DE LA POBLACION INEANTU COLOMBIANA**



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

**JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1993-1995**

**PRINCIPALES**  
Eduardo Posada **Presidente**  
Fabio Chaparro **1<sup>er</sup> Vicepresidente**  
Guillermo Hoyos **2<sup>do</sup> Vicepresidente**  
María Cristina Plazas **Secretaria**  
Carlos Corredor **Tesorero**  
Jaime Ahumada **Vocal**  
Pedro Amaya **Vocal**  
Gloria Tamayo de Echeverry **Vocal**  
Paulo Orozco **Vocal**  
Guillermo Hoyos **Vocal**  
Asociación Colombiana  
de Sociedades Científicas  
Instituto Colombiano del Petróleo

**Veedor**  
Marcelo Riveros

**Directora Ejecutiva**  
Nohora Elizabeth Hoyos T.

**Asistente de Dirección**  
Rosario Martínez

**Asesoría Editorial**  
Mauricio Pérez Gil

**Jefe División de Publicaciones**  
Manuel Cardozo

**Revisora Fiscal**  
Teresa Bonilla

**Administradora**  
María Paulina Rubio

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

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

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

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

**Publicidad**  
Clara López

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

**Corrección de Estilo**  
Jorge Iván Cadavid

**Digitación de textos**  
Yenny Yuliett Arias

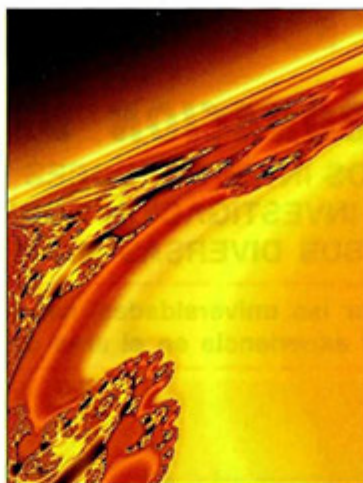
**Pre-prensa Electrónica**  
Elograf Ltda.

**Impresión**  
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

La creatividad matemática está más cerca de la creación artística que de la ciencia. Una buena muestra de ello son los fractales, generados a partir de fórmulas matemáticas, con la ayuda del computador.

(Diseño: Mauricio Pérez G.)

## NOTA DEL EDITOR

La cooperación regional en ciencia y tecnología

7

## CORRESPONDENCIA

• Mensajes para INNOVACION Y CIENCIA

8

## NOTICIAS & COMENTARIOS

### PERIODISMO CIENTIFICO

Historia de la ciencia y divulgación científica

*Manuel Calvo Hernando*

10

### PSICOLINGÜISTICA

Pensando en otro idioma: el cerebro bilingüe

*Diego Andrés Rosselli Cock*

14

### MATEMATICA

Generación de fractales

*Luz Myriam Echeverry*

18

### INGENIERIA

Revolución en las barras de acero para refuerzo de concreto

*Héctor Mosquera*

20

### TECNOLOGIA

Microscopio de efecto túnel

*José Enrique García, Alba Avila*

22

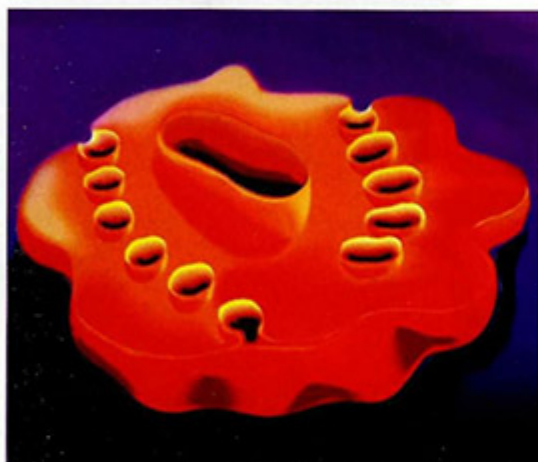
# Innovación y Ciencia

Volumen IV, Nº 4 - 1995

VISTAZOS

Ciencia y Tecnología

24



## ARTICULOS

### ESTETICA

Las matemáticas: ¿ciencia o arte?

*Carlos E. Vasco Uribe*

30

### MEDICINA

Aspectos moleculares de la tuberculosis.

Nuevo método diagnóstico

*Patricia del Portillo y cols.*

40

### BIOLOGIA

Las bromelias epífitas:

microcosmos de los bosques tropicales

*Angela Chaparro de Barrera, Ricardo Barrera Torres*

50

### ANTROPOLOGIA

Ayer y hoy de la relación de los géneros en el patriarcalismo

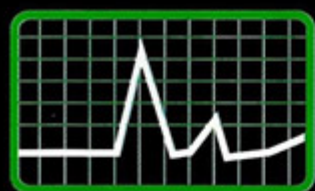
*Virginia Gutiérrez de Pineda*

64

NOVEDADES EDITORIALES

72





# EXPO TECNOLOGIA 95



**EXPO  
CIENCIA**

Bogotá, Septiembre 28 a Octubre 8 de 1995



ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

# NOTA

# DEL EDITOR

## La cooperación regional en ciencia y tecnología

Gracias a las gestiones adelantadas en los últimos meses por representantes de la comunidad científica de varios países latinoamericanos, al apoyo de organismos nacionales de ciencia y tecnología, de entidades regionales como Interciencia y de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, fue posible introducir el tema de la cooperación panamericana en ciencia y tecnología en la agenda de la reciente reunión de presidentes del hemisferio, que tuvo lugar en Miami en diciembre último. Como resultado de ello, en el documento final de la cumbre, el capítulo XVI está dedicado en su totalidad a ese tema, de trascendental importancia para nuestro continente.

Una de las acciones acordadas en esa oportunidad fue la de organizar, en un plazo adecuado, una reunión panamericana de ministros de ciencia y tecnología o su equivalente, con el fin de discutir de manera más detallada los mecanismos de cooperación y de preparar, sobre este punto, la agenda del próximo encuentro de presidentes, que se celebrará en Santa Cruz, Bolivia, el primer semestre de 1996. Merced a las gestiones de Colciencias, apoyadas en todo momento por la A.C.A.C., y al respaldo de varios gobiernos, entre los cuales vale la pena destacar el de los Estados Unidos, se logró que la mencionada reunión tuviera lugar en Cartagena, en marzo de 1996, quedando en manos de Colciencias la organización detallada del evento.

En esta oportunidad, a diferencia de lo que ha ocurrido en ocasiones anteriores, se espera que, tanto en las preparatorias como en el desenvolvimiento de la reunión misma, haya una amplia participación de la comunidad científica panamericana. Por tal motivo se ha iniciado a nivel continental, con la ayuda de Interciencia y otros organismos similares, un amplio proceso de consulta de la comunidad científica, cuyas propuestas deberían quedar plasmadas en los documentos de trabajo

del evento mencionado. Invitamos a todos nuestros lectores a hacernos llegar sus sugerencias y comentarios sobre el tema, con la seguridad de que haremos lo necesario para que sean tenidos en cuenta.

Los principales puntos de la agenda acordada son los siguientes:

- Nuevas formas de cooperación hemisférica en ciencia y tecnología.
- Cooperación hemisférica para la construcción de capacidad científica y tecnológica.
- Cooperación hemisférica para la investigación en biodiversidad y manejo sostenible del medio ambiente.
- Cooperación hemisférica para la innovación y el desarrollo tecnológico.
- Ciencia, cultura y desarrollo social: apropiación social de la ciencia y la tecnología.

Este temario, amplio y ambicioso, cubre los principales temas en los cuales se debe basar la colaboración científica y tecnológica entre países del hemisferio, partiendo del principio de que las naciones del área persiguen todas el ideal común de lograr la libertad y el bienestar de sus pueblos. El continente está llamado a jugar un papel preponderante en la escena mundial, siempre y cuando se consiga un desarrollo armónico, que reduzca las abismales diferencias que se observan entre los países que lo componen, para lo cual se requiere un esfuerzo sincero y desinteresado de las partes. Ojalá sea éste el espíritu que anime a los ministros y, posteriormente, a los presidentes en sus deliberaciones, para que, por primera vez, podamos hablar de una cooperación verdadera entre nuestras naciones, y abandonar las tradicionales e inútiles declaraciones de buenas intenciones.

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

# MENSAJES

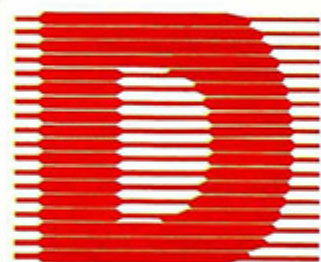
Para Innovación y Ciencia

Apreciados Señores:

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes para agradecerles el envío del No. 2 del Vol. IV de la revista INNOVACION Y CIENCIA. Tan interesante publicación tiene gran aceptación en esta Embajada, tanto por tratar temas de actualidad, como por la excelente calidad de su impresión.

Reiterándoles mis agradecimientos, les saluda atentamente,

Juan Pablo Lira Bianchi  
Embajador de Chile en Colombia



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

**SOLICITELO GRATIS PRESENTANDO  
CARTA EN PAPEL MEMBRETEADO**

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

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

Estimados Señores:

En el artículo *Genética y comportamiento*, publicado en el Vol. IV No. 2 de la revista INNOVACION Y CIENCIA, encontré el siguiente aparte que me llamó la atención: "Siemens analizó los resultados escolares de gemelos idénticos (dos espermatozoides fecundan un óvulo)...". Aunque antes se creía que este hecho era cierto, posteriormente se logró determinar que los gemelos idénticos se originan de un óvulo fertilizado por un espermatozoide, y que la fertilización de un óvulo por dos espermatozoides es un hecho que se considera muy improbable, pues, por lo general, cuando un espermatozoide penetra la zona pelúcida y la membrana vitelina, se produce una reacción automática que impide la entrada de otros espermatozoides.

Probablemente en el artículo original de Siemens, debido a que fue realizado en los años 20, esta definición de gemelos idénticos era aceptada, pero considero que es pertinente la aclaración sobre el concepto actual de gemelos idénticos, para evitar confusiones al respecto.

Agradeciéndoles la atención que les merezca la presente,

Guillermo Acosta Osio, M.D.  
Ginecólogo - Obstetra  
Universidad Metropolitana de Barranquilla  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Miembro ACAC

*Literatura que se puede consultar:*

1. **Genética Médica.** Thompsons & Thompsons. Editorial Salvat.
2. **Obstetricia.** Williams. Editorial Salvat.
3. **Obstetricia.** Schwarcz. Editorial El Ateneo.
4. **Embarazo Múltiple.** G. Acosta Osio. Revista Unimetro.
5. **Obstetricia y Perinatología.** Iffy & Kaminezki. Editorial Panamericana.

## Respuesta

Agradecemos al doctor Acosta su acertada aclaración. Efectivamente, Siemens realizó su investigación partiendo de una definición que ha sido revisada en la actualidad. Asimismo le agradecemos las referencias bibliográficas que, sin duda, serán de utilidad para nuestros lectores.

# Su FT-IR esta parado?



# Ya no es problema!



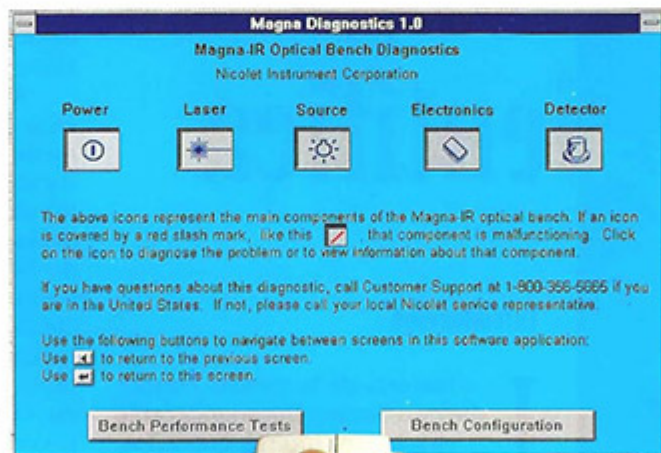
Los nuevos espectrómetros Nicolet Magna™ e Impact™ con el software OMNIC™ introducen un cambio revolucionario en la espectrometría por FT-IR.

Usted puede reemplazar fácilmente la fuente de infrarrojo, el laser, los detectores y la fuente de poder, sin necesidad de recurrir a técnicos especializados. La única herramienta que se necesita es un destornillador.

Nicolet ofrece los primeros sistemas con componentes totalmente reemplazables por el usuario. Cada componente se suministra



pre-enclavada y pre-alineada lo cual le ahorra al usuario tiempo y dinero. Además Nicolet garantiza



el rendimiento de su inversión a través del programa de diagnóstico avanzado. Simplemente oprima el "mouse" y de inmediato tendrá un reporte del status del equipo.



Magna-IR 750

No más adivinanzas

No más demoras

No más problemas!

**The intelligent FT-IR choice!**

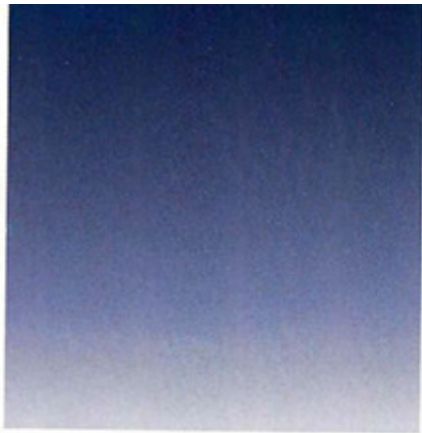
5225 Verona Road / Madison, WI 53711-4495  
TEL: 608/271-3333 / FAX: 273-5046

Argentina - Eidomet SRL  
TEL: 54-1-554-6207  
FAX: 54-1-554-8737  
Brasil - Ambréx S.A.  
TEL: (11) 826-6722  
FAX: (11) 67-1870

Chile - Coasín Instrumentación Ltda.  
TEL: 22 50 643-1848  
FAX: 497 430  
Colombia - Instrumentación Ltda.  
TEL: (1) 612-1515  
FAX: (1) 612-0805

México - Instrumentos de Alta Tecnología  
TEL: (5) 554-9568-9908  
FAX: (5) 554-9572  
Venezuela - Equilab C.A.  
TEL: 289-52-33 / FAX: 289-52-05

**Nicolet**  
INSTRUMENTS OF DISCOVERY



# Historia de la ciencia y divulgación científica

## Introducción

La historia de la ciencia conoce hoy un desarrollo considerable y suscita un interés creciente. Esto se debe a que, al vivir en un mundo en el que la ciencia y la técnica predominan, nos interrogamos cada vez más sobre su formación y su reciente advenimiento, y a veces hasta sobre su legitimidad. Ni la política, ni la economía, aisladamente, bastan para explicar cómo han acabado imponiéndose nuestras formas de vivir contempo-

ráneas. Además, la historia de la ciencia nos permite valorar mejor lo descubierto y lo que queda por descubrir, y ya Papini advirtió que la historia de la ciencia es una progresiva lección de humildad.

Por una inquietante paradoja, tal historia no goza todavía en muchos países de una enseñanza comparable a la de las demás disciplinas usuales. Solemos aprender nuestra historia sin la de las ciencias, la filosofía privada de todo razonamiento científico, las letras espléndidamente aisladas de su entorno científico y, a la inversa, las diversas disciplinas arrancadas de los sedimentos de la historia, como si hubieran caído del cielo; en resumen, una parte de nuestro aprendizaje sigue estando ajeno al mundo real.

Sin embargo, la historia de la ciencia es, por lo menos, tan importante como otras clases de historia.

Aunque el punto de partida de esta disciplina puede situarse a mediados del siglo pasado, su institucionalización coincidió con el cambio de siglo y su consolidación con el período de entreguerras. Después de la segunda guerra mundial, la historia de la ciencia se fortalece como disciplina autónoma, aunque existen nombres anteriores importantes, a partir de la consideración, en el mundo moderno, del papel preponderante de la ciencia en el desarrollo económico y social. Entre los precursores debe citarse a Juan Andrés, nacido en Alicante en 1740, cuya *Historia de las ciencias* es la primera obra de este género publicada en español.

Hoy, en esta disciplina convergen las ciencias de la naturaleza, las matemáticas, las humanidades y las ciencias sociales<sup>9</sup>.

## Historia de la ciencia y sociedad

La historia de la ciencia tiene otro objetivo: acercar al público el conocimiento y sus problemas. Estos últimos surgen, fundamentalmente, de la paradoja de que estando sumergidos en una civilización tecnológica, sean precisamente la ciencia y la tecnología lo menos conocido por el hombre de la calle.

La historia de la ciencia no es sólo un elemento básico del conocimiento, sino que tiene gran valor para la educación y la planificación. "Conocer la historia de la ciencia nos enseña a no repetir errores" (Paolo Galluzzi), y es bien conocido el pensamiento del recientemente desaparecido Karl Popper, en el sentido de que la ciencia es una corrección permanente de equivocaciones.

En los debates y controversias sobre temas tales como la energía y las armas nucleares, la protección del medio ambiente o el sida, y también sobre el creciente escepticismo en relación con la ciencia y la tecnología, la historia de la ciencia proporciona bases sólidas de conocimiento y argumentaciones válidas.

Por otra parte, el hacerse cargo de la evolución científica como una empresa común a toda la humanidad nos permite eliminar prejuicios nacionales, raciales y de otros tipos, y es una vía útil para tratar de superar la distancia entre las dos culturas, la científica y la humanista<sup>10</sup>.

En nuestro tiempo, se trata de añadir a los componentes educativos y culturales de esta disciplina otros objetivos, entre ellos una base más rigurosa para el desarrollo de la política científica.

Por último, el estudio histórico de los grandes problemas de la ciencia en su contexto filosófico y cultural puede equilibrar el desplazamiento del interés científico hacia aplicaciones puramente tecnológicas, y podría constituir una base para tratar de avanzar en conceptos fundamentales tan necesitados de profundización como la naturaleza del progreso científi-

co y la filosofía y la sociología de la ciencia.

## Historia de la ciencia para periodistas

Desde la perspectiva del divulgador científico, la historia de la ciencia ofrece unos contenidos sumamente ricos y sugestivos para interesar al hombre de la calle en el conocimiento. De mí puedo decir que desde que me inicié en esta especialidad informativa, a mitad de los años cincuenta, la historia de la ciencia ha ido creciendo en mi biblioteca y hoy ocupa casi la mitad de los libros de divulgación que manejo o he manejado.

Conocer y divulgar la historia de la ciencia constituye, a mi juicio, una parte importante del cometido del divulgador científico. Esta disciplina nos permite acercarnos a las situaciones y problemas que han jalonado nuestra historia cultural y científica y al conocimiento del investigador ante su historia. En 1936 George Sarton afirmaba que la historia de la ciencia es la única historia que puede ilustrar el progreso del género humano: "De hecho, el progreso carece de todo significado definido e incuestionable en otros campos que no sean los de la ciencia". Hoy parece que no hay meta en el progreso de la ciencia, ni hay manera de saber si algo en la ciencia de hoy resultará verdadero a largo plazo<sup>7</sup>.

Gracias a la historia de la ciencia, los periodistas podemos contar a la gente cosas como las grandes controversias geológicas y biológicas, la revolución de la paleontología, la concatenación prodigiosa de

los progresos de la medicina, las modas científicas de otros tiempos, la historia social del conocimiento, la historia de tierras y mares, y la epopeya de su conquista por los grandes viajeros y navegantes que ensancharon el conocimiento de la Tierra.

Podemos escribir también de cuestiones tan diversas como los choques entre doctrinas, la tecnología en la Edad Media, los cambios en el significado del concepto de «ley», el Círculo de Viena, los complejos procesos de la adquisición del saber y hasta los mitos de las revoluciones científicas, y también sobre la semblanza científica y humana de los grandes héroes intelectuales de la historia, esos gigantes de que habla Merton y sobre cuyos hombros se alzan quienes vienen después.

Las investigaciones de esta síntesis de ciencia e historia nos dejan asomarnos a problemas tan fascinantes como el universo casi vacío en que vivimos, el hecho de que la materia consta casi por completo de nada y el gran misterio de por qué son las cosas de aspecto, y al tacto, tan rígidas y sólidas, y por qué no era posible explicar la razón de que los objetos cotidianos no se deshicieran en el aire como humo. Y cuál el secreto de esa complejidad desconcertante que ha empezado a producir estudios de mentes tan espléndidas como Prigogine y Edgar Morin. Un ejemplo bastará para subrayar esta complejidad. La *Review of Modern Physics* necesita un número entero para imprimir la lista completa de partículas, resonancias y otros estados de la materia.

La historia de la ciencia y de la técnica nos abre caminos sugestivos

**La historia de la ciencia no es sólo un elemento básico del conocimiento, sino que tiene gran valor para la educación y la planificación.**

vos para interesar al lector medio. He aquí algunos ejemplos, entre los miles que podrían elegirse:

- Christian Huygens escribió en 1670 un libro en el que hacía una serie de especulaciones atrevidas y premonitorias sobre la naturaleza de los demás planetas del sistema solar.
- Cuando, en el siglo XVII, el británico John Ray procedió a catalogar en forma sistemática casi 7000 plantas, la botánica dio un paso de gigante.
- La electricidad fue una importante moda científica durante el siglo XVIII.
- La de coser fue la primera máquina propiamente dicha que hizo acto de presencia en el hogar.
- Los cuatro artículos que publicara Einstein en 1905 hubieran sido una producción impresionante para cualquier físico, como fruto de toda una vida dedicada a la investigación. Pero el hecho resulta aún más asombroso si se contemplan como lo que en realidad fueron, el resultado de los ratos libres de un año de trabajo de un empleado de 26 años de una oficina suiza de patentes.
- El año de 1927 es uno de los más importantes en la historia del pensamiento contemporáneo: Heisenberg expone su principio de incertidumbre, Lemaître da a conocer su teoría sobre la ex-

pansión del universo, Einstein propone su teoría del campo unitario, Teilhard de Chardin publica los primeros elementos de su obra. Y es el año del congreso de Copenhague, que marca la fundación oficial de la teoría cuántica<sup>4</sup>.

Una figura universal relacionada con España, Santiago Ramón y Cajal, ha contado, en su libro *Los tónicos de la voluntad*, aspectos curiosos de la historia de la ciencia y cómo los hechos, triviales al parecer, han llevado a muchos investigadores, adecuadamente preparados, a grandes conquistas, y subraya el hecho frecuente de que gérmenes de grandes invenciones, tenidas por curiosidades en su tiempo, los encontramos hoy en las obras de los antiguos y hasta en los sabios del Renacimiento.

Cajal recuerda a Servet y cuenta cómo, perdido en un indigesto tratado de teología (*Christianismi restitutio*), escribió, como de pasada, tres líneas sobre la circulación pulmonar, que constituyen hoy su principal timbre de gloria. Y antes de que se inventara la palabra serendipia, nuestro Premio Nobel afirma que la ciencia está llena de esta clase de hallazgos, incluido el de los rayos X. "En la ciencia — escribe — como en la lotería, la suerte favorece comúnmente al que juega más, es decir, a quien, como el protagonista del

**"En la ciencia, la suerte favorece al que juega más, es decir, a quien, como el protagonista del cuento, remueve continuamente la tierra del jardín".**

cuento, remueve continuamente la tierra del jardín". Solicitar la ayuda de la casualidad, añade, es como agitar el agua turbia para que suban y se hagan patentes objetos sumergidos en el fondo.

Cajal dedica quince páginas de este mismo libro, a señalar las líneas generales de una política científica, y utiliza ya la misma expresión de hoy.

La divulgación de la historia de la ciencia plantea algunos problemas, unos comunes a la de otras disciplinas, como la distorsión de los relatos y las explicaciones, especialmente en la idealización de los grandes científicos de la historia. Como dice Thuillier, toda una mitología acaba por interponerse entre los hombres de ciencia y el público.

La historia es algo que se «vende» bien y esta rama de la historia de la ciencia empieza a ser material de lectura general. Los éxitos y sus caminos, los fracasos y las vicisitudes de científicos e inventores constituyen material excelente. Un gran divulgador científico de nuestro tiempo, Arthur Koestler (aunque era conocido mundialmente por su libro *El cero y el infinito*) fue periodista científico en Alemania y su libro *Los sonámbulos* es una historia de la ciencia para el público no científico. Pitágoras, Platón, Aristóteles, Tolomeo, Copérnico, Kepler, Galileo, Newton y otros desfilan por sus páginas, como hombres de ciencia y como seres humanos.

### Filosofía y antropología de la ciencia

La antropología de la ciencia y de la técnica trata de comprender cómo un hecho científico se impone, cómo una máquina se adapta, cómo una nueva realidad, basada en el conocimiento, se construye paso a paso, cómo la eficacia de la tecnología es definida por transformaciones y compromisos sucesivos.

En la obra colectiva *Historia de las ciencias*<sup>13</sup> se habla de una historia de las ciencias espontánea, que sería practicada por una historia demasiado poca enterada de las ciencias y por ciencias muy mal instruidas en historia. Y justamente esta progresión sin accidente del saber integral en un tiempo global, homogéneo e isotrópico, caracteriza esta espontaneidad irreflexiva.

Esta disciplina permite asimismo superar la antigua visión, tanto en la historia general como en el desarrollo científico, de una sucesión lineal de adquisiciones continuas y crecientes o una secuencia idéntica de rupturas, descubrimientos, invenciones o revoluciones que precipitan en el olvido un pasado súbitamente transformado. Hoy sabemos que la historia de las ciencias

corre y fluctúa sobre una red múltiple y compleja de caminos que se cruzan en nudos, cúspides o encrucijadas, intercambiadores en los que se bifurcan una o varias vías. Una multiplicidad de tiempos diferentes, de disciplinas diversas, de ideas de la ciencia, de grupos, de institucionales, de capitales, de hombres en acuerdo o en conflicto, de máquinas y objetos, de previsiones y de azares

imprevistos componen un tejido que representa de manera fiel, aunque a veces provisional, la historia múltiple de las ciencias.

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

### Bibliografía

1. **Alfonseca, Manuel:** Tres artículos sobre historia de la ciencia publicados en *La Vanguardia*, Barcelona, los días 13/12/87, 26/12/87 y 31/01/88.
2. **El científico español ante su historia.** La ciencia en España entre 1750-1850. I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias. Diputación Provincial de Madrid, 1980.
3. **González Blasco, Pedro; Jiménez Blanco, José; López Piñero, José María:** Historia y sociología de la ciencia en España. Alianza Universidad, Madrid, 1979.
4. **Guillon, Jean; Bogdanov, Grichka; Bogdanov, Igor:** Dios y la ciencia. Editorial Debate, Madrid, 1992.
5. **Historia de las ciencias.** Coordinadores: Antonio Lafuente y Juan J. Saldaña. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1987.
6. **Jordán, Pascual:** La ciencia hace historia. Aguilar, Madrid, 1959.
7. **Knight, David:** La era de la ciencia. Pirámide, Madrid, 1988.
8. **Koestler, Arthur:** Los sonámbulos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, D.F., 1981.
9. **López Piñero, José María:** "La historia de la ciencia como disciplina". *Saber Leer*, No. 55, Madrid, mayo 1992.
10. **Meyenn, Karl von:** "Los episodios científicos del pasado tienen un gran valor en la educación y en la planificación futura". *La Vanguardia*, Barcelona, 26/02/89.
11. **Merton, Robert K.:** A hombros de gigantes. Península, Barcelona, 1990.
12. **Sagan, Carl:** El cerebro de Broca. Crítica, Barcelona, 1994.
13. **Serrés, Michel (ed.):** Historia de las ciencias. Ediciones Cátedra, Madrid, 1991.
14. **Thuillier, Pierre:** De Arquímedes a Einstein. Alianza, Madrid, 1990.

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

**PEAK SCIENTIFIC**

GASES PARA LABORATORIO

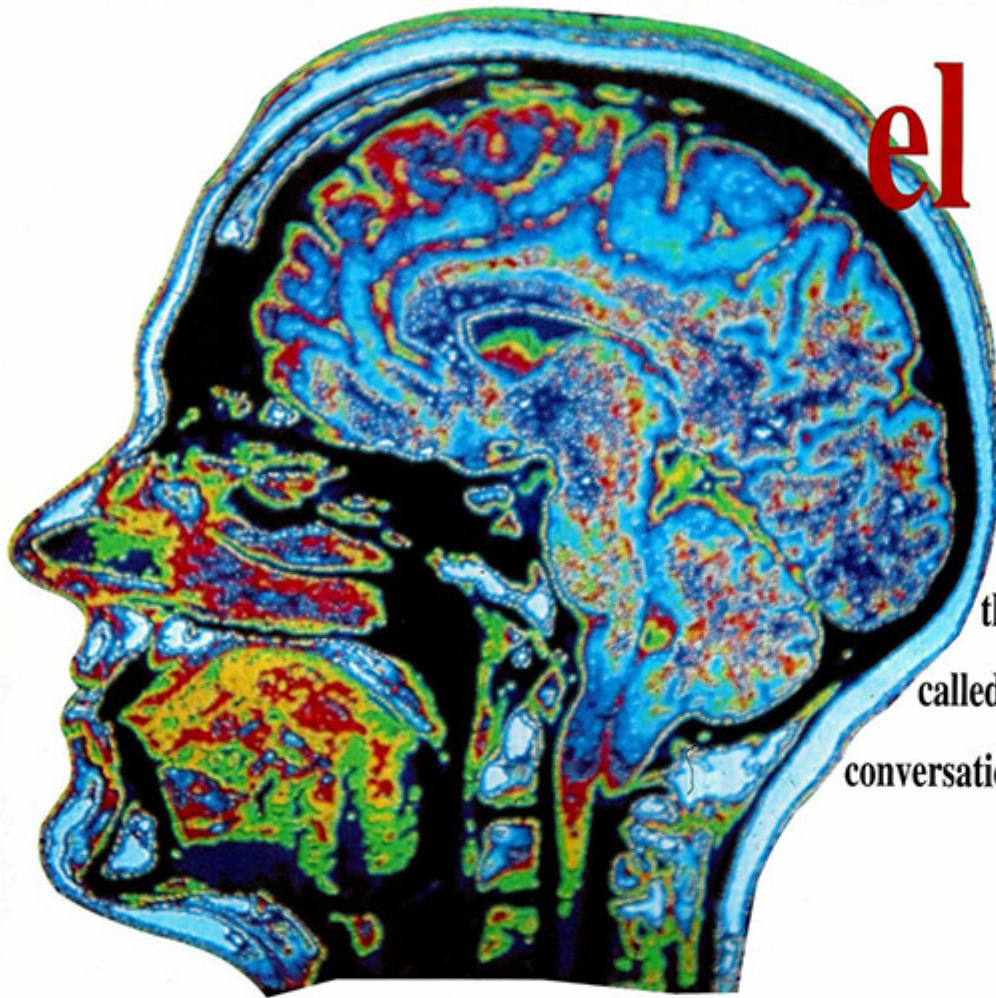
- \* Nitrógeno
- \* Hidrógeno
- \* Aire
- \* Compresores
- \* Bombas de vacío

**TECNOLOGIA SIN LIMITES**

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

**PHILIPS**

# Pensando en otro idioma el cerebro



.....

Are not thought  
and speech the same, with  
this exception, that what is  
called thought is the unuttered  
conversation of the soul with herself.

Plato, *Sophist* [263]

Contrario a la creencia de muchos, el bilingüismo no es un fenómeno de aparición reciente en la historia humana. El incremento que hemos vivido en los últimos años en el volumen y la velocidad de la información nos ha hecho conscientes de un hecho que se remonta a épocas prehistóricas. Los seres humanos hablamos miles de lenguas distintas. Si se han de compartir ideas entre dos sociedades diferentes es necesario que se puedan expresar en ambas lenguas. Algunos de los grandes pensadores se han logrado expresar en idiomas

distintos al suyo. Jesús, cuya lengua nativa era el arameo, predicaba en hebreo<sup>20</sup>; San Pablo fue criado en un ambiente bilingüe (hebreo y griego), y su habilidad para expresarse en varias otras lenguas ha sido considerada como la más importante fuerza impulsora del cristianismo<sup>6</sup>. El profeta Mahoma, asimismo, dominaba varios dialectos árabes y Alá le "[...] ordenó hablarle a su gente de tal manera que todos le entendieran"<sup>5</sup>.

La preocupación sobre la conveniencia de la educación bilingüe era ya tema de discusión en la edad antigua, y los romanos considera-

ban que sus hijos no aprenderían bien el latín si se les enseñaba además el griego<sup>11</sup>.

Un idioma se ha desarrollado para expresar ciertos aspectos particulares de cada cultura. No es sorprendente, pues, si cada lengua difiere en el significado exacto de sus palabras y expresiones. Ya San Jerónimo, al traducir al latín la Biblia *Vulgata*, del hebreo y el griego originales, se preocupó por este problema<sup>6</sup>. Muchos siglos más tarde, Julien Green, nacido en Estados Unidos y elegido miembro de la Academia Francesa, rehusó permitir la traducción de una de sus novelas del francés al inglés. Terminaría siendo una novela completamente diferente, afirmaba, él<sup>18</sup>

# na: Bilingüe

Las lenguas en el mundo moderno están cambiando constantemente. Día a día se añaden nuevos términos, pero, más importante aún, la influencia política y económica de las lenguas poderosas ejerce presión sobre las minorías lingüísticas y las sociedades económicamente dependientes cambiando su idioma, homogenizando las lenguas «menores», o condenándolas a la extinción. Se espera que más de mil lenguas desaparezcan en la década de los noventa<sup>20</sup>. Todo porque el bilingüismo y el multilingüismo, con algunas excepciones notorias, son condiciones inestables. En las Islas Británicas, por ejemplo, la población que utiliza principalmente las lenguas celtas (el galés y las lenguas gaélicas escocesa e irlandesa) disminuye a pesar de los esfuerzos de los gobiernos locales por dar incentivos a su utilización<sup>4</sup>. Una situación similar viven las lenguas nativas americanas en Canadá, México, Perú y Bolivia<sup>16</sup>.

Algunos pocos países bilingües y multilingües, sin embargo, han logrado mantener unas proporciones relativamente fijas de usuarios de un idioma, hecho por lo general asociado con altos índices de bilingüismo en su población. Este es el caso de Suiza o Bélgica<sup>19</sup>, así como el de Paraguay, donde el 48% de la población habla con fluidez tanto el español como el guaraní<sup>3</sup>. Compárese esta cifra con un 12% de población bilingüe en Canadá<sup>12</sup>.

Un típico ejemplo de prejuicio en contra de una lengua nativa se observa en la siguiente cita de un prestigioso escritor paraguayo en 1911:

"[...] cada lengua tiene, por así decirlo, una mentalidad propia que define y retrata a su cultura; ya que el guaraní es tan radicalmente diferente del español y de las otras lenguas arias, no sólo en su léxico sino en la construcción misma de sus palabras y expresiones, constituye un obstáculo para el desarrollo de la civilización en Paraguay. El remedio es obvio: eliminar el guaraní. Atacando su lengua uno puede esperar que se modifique su inteligencia [...]" (citado en Corvalán<sup>3</sup>).

Por sorprendente que nos parezca este texto, la supuesta superioridad de los idiomas europeos puede considerarse responsable de la extinción de la mayoría de las lenguas nativas, en especial en las sociedades fuertemente monolingües como Estados Unidos, Argentina, Australia y Brasil<sup>9</sup>. Colombia se podría agregar a esta lista.

Pero regresando al tema del bilingüismo, ¿utiliza dos procesos mentales diferentes en su vida cotidiana la gente que emplea dos idiomas? ¿Cambia nuestra manera de ver las cosas el hecho de adquirir un segundo idioma?

Para comenzar, los efectos del bilingüismo y del biculturalismo son difíciles de separar. La distinción es importante ya que algunos lingüistas creen que los individuos biculturales poseen dos sistemas semánticos separados, mientras que los verdaderos bilingües tienen dos maneras diferentes de expresar una única red semántica subyacente<sup>12</sup>. Por esta razón, los investigadores dan gran valor al hecho de si las dos lenguas se adquirieron en contextos separados; la edad de adquisición de la segunda lengua es, sin embargo, una variable interrelacionada difícil de separar.

La investigación de los efectos del bilingüismo sobre los procesos cognoscitivos, particularmente sobre la inteligencia, data de principios de siglo<sup>1,13</sup>. Los trabajos iniciales, al parecer por inadecuada selección de casos y controles, y falta de equiva-

lencia de variables como clase social y nivel educativo, describieron todo tipo de problemas en niños bilingües al compararlos con sus compañeros monolingües<sup>13</sup>. Las investigaciones realizadas por Lambert en Canadá en los años sesenta, y corroboradas luego por otros investigadores en Nueva York, Israel, Sudáfrica, Singapur y Suiza, demostraron que si se controlaban estas variables los niños bilingües obtenían puntajes más altos en las pruebas tanto verbales como no verbales de inteligencia. La ventaja de los niños bilingües se atribuye a mayor "flexibilidad cognoscitiva", "creatividad" y "pensamiento divergente"<sup>13</sup>. El autor hace énfasis en el hecho de que los niños de estos estudios estaban aprendiendo un segundo idioma, distinto al que predominaba en su sociedad, pero cuyo aprendizaje implicaba ventajas sociales (como sería aprender inglés o francés en nuestro medio). Para Lambert este es un bilingüismo "aditivo", diferente de lo que ocurre con el bilingüe "sustractivo", que poco a poco va reemplazando su lengua materna por el idioma predominante en el país en que habita (los «hispanos» en los Estados Unidos, por ejemplo).

Buena parte de lo que hoy conocemos sobre la organización cerebral del lenguaje en los bilingües se deriva de la literatura sobre las «afasias», de pacientes con lesiones cerebrales. Ribot en 1882 (citado en Hamers y Blanc<sup>8</sup>) hizo las primeras descripciones del compromiso diferencial de los idiomas en políglotas con lesiones cerebrales. El postuló lo que vendría a llamarse la "ley de Ribot": "La primera lengua que se adquiere es la menos afectada por la lesión y la primera en recuperarse". Hoy sabemos que eso no siempre es cierto. De las muchas variables que inciden sobre las características de las afasias en bilingües, la edad de adquisición es la más importante. Si el sujeto creció en un ambiente bilingüe, el compromiso de los dos idiomas sigue un patrón similar<sup>8,17</sup>. La primera lengua tiene una representación principal en el hemisferio cerebral izquierdo, mientras los idiomas adquiridos más tarde en la vida tie-

nen una mayor representación en los dos hemisferios cerebrales<sup>2,8</sup>. Una enfermedad cerebral difusa, como un traumatismo severo o la enfermedad de Alzheimer, van a afectar más el idioma que se adquirió de último. Por el contrario, una alteración circunscrita al hemisferio cerebral izquierdo puede afectar de manera más notoria la lengua materna<sup>8</sup>.

Un ejemplo muy bien estudiado de procesamiento diferente de dos sistemas de lectoescritura es el de los japoneses afásicos. Para entender el problema, es necesario saber que la escritura japonesa posee dos tipos de caracteres:

- Los caracteres *kanji* se derivan del chino y fueron adaptados al japonés alrededor del siglo VII, y se describen como símbolos pictográfico-ideográficos. Un japonés educado promedio reconoce unos 3000 caracteres *kanji*; un buen diccionario puede traer unos 40.000<sup>7</sup>.

- Los caracteres *kana*, por el contrario, constituyen un sistema de escritura fonética, son sólo 71 y se asemejan a los sistemas de escritura de las lenguas indoeuropeas ya que las palabras se escriben de acuerdo con su sonido, no con su significado (como ocurre en el *kanji*). Las palabras nuevas, como los términos técnicos o la adaptación de palabras extranjeras, por ejemplo, se escriben siempre en *kana*<sup>7</sup>.

Las lesiones que comprometen la región posterior del hemisferio cerebral izquierdo, en particular la circunvolución angular (área de confluencia de los lóbulos parietal, temporal y occipital), afectan el procesamiento fonémico y, por consi-

guiente, interfieren con la lectura del sistema *kana* permitiendo la comprensión de los símbolos *kanji*. Los pacientes tienen dificultad para leer

el *kanji* en voz alta, pero pueden explicar en forma apropiada su significado<sup>15</sup>. Este hallazgo sugiere una diferente localización de las funciones interpretativas de los símbolos ideográficos, probablemente lateralizada hacia el hemisferio derecho. Del mismo modo, los niños japoneses con dislexia leen mejor el *kanji* que el *kana*<sup>10</sup>.

Una mayor participación del hemisferio derecho en la comprensión y la expresión a través de símbolos no fonémicos se observa también en bilingües que hablan chino e inglés. Se ha demostrado en ellos una correlación entre su habilidad para leer chino (el mejor ejemplo de un sistema de escritura ideográfico-pictográfico) y los puntajes en pruebas de habilidades no verbales que requieran desarrollo visoespacial<sup>10</sup>.

También se han descrito cambios en la localización cerebral de las funciones verbales en individuos bilingües no afásicos. Utilizando técnicas como la de estímulos auditivos dicóticos (con estimulación simultánea pero diferente por los dos oídos),

presentación de palabras simultáneas en los dos hemicampos visuales, estudios electroencefalográficos y, más recientemente, empleando glucosa radiactiva para medir el aumento regional de metabolismo cerebral (tomografía por emisión de positrones), se ha llegado a plantear que el lenguaje, tanto el primero como el segundo, se encuentran menos lateralizados en sujetos bilingües<sup>14</sup>. En estudiantes bilingües para alemán y sueco se demostró una mayor participación del hemisferio derecho en su primer idioma, que se correlaciona con la

maestría que tengan en la segunda lengua<sup>14</sup>.

En 1956 Whorf (citado en Hamers y Blanc<sup>8</sup>) planteó la hipótesis



de que cuando un sujeto bilingüe cambia el lenguaje que está empleando, cambia también los mecanismos cerebrales de su pensamiento, tanto verbal como no verbal. Sin embargo, los intentos por probar su teoría han sido infructuosos. Hamers y Blanc, por ejemplo, estudiaron un grupo de individuos bilingües mediante la prueba proyectiva conocida como el TAT (test de apercepción temática) realizada dos veces, con un intervalo de dos semanas, una vez en francés y otra en inglés. Al compararlos con un grupo control, los bilingües mostraron mayor variación en sus respuestas, pero no fue posible identificar otras tendencias significativas, o diferencias consistentes entre las respuestas en una lengua y otra.

En conclusión, falta aún mucha investigación sobre las diferencias en el procesamiento cognoscitivo

**Algunos datos sugieren que el cerebro utiliza diferentes estructuras para el procesamiento de idiomas distintos.**

entre mono y bilingües. La investigación en este campo se dificulta por la presencia de otras variables difíciles de controlar. Para comenzar tenemos la omnipresente variabilidad humana que complica todo estudio del comportamiento (no existen para el lenguaje modelos animales). Después, el investigador enfrenta

todas las posibles combinaciones de idiomas, con variaciones inimaginables de habilidad en una y otra lengua y de motivación para aprender la nueva. Y finalmente, los mecanismos cerebrales que se emplean en la comprensión y la expresión del lenguaje están lejos

de ser un terreno bien demarcado. Algunos datos aislados sugieren que el cerebro utiliza diferentes estructuras para el procesamiento de idiomas distintos y que quizá modifica sus mecanismos de pensamiento con la adquisición de una lengua nueva. Las consecuencias de estos cambios cerebrales sobre el comportamiento humano tomarán su tiempo en ser aclaradas.



.....

**Diego Andrés Rosselli Cock**  
 Director de Desarrollo Científico y Tecnológico, Ministerio de Salud.  
 Profesor de Ciencias Neurológicas, Facultades de Psicología de las Universidades Javeriana y de los Andes

## Referencias

1. **Ben-Zeev S:** Mechanisms by which childhood bilingualism affects understanding of language and cognitive structures. In: Hornby PA (ed.): *Bilingualism: Psychological, Social, and Educational Implications*. Academic Press, New York, 1977, pp. 29-55.
2. **Chany P:** Aphasia in a multilingual society. In: Vaid J (ed.): *Language Processing in Bilinguals: Psycholinguistic and neuropsychological perspectives*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1986, pp. 183-197.
3. **Corvalán G:** Bilingualism in Paraguay. In: Paulston CB (ed.): *International Handbook of Bilingualism and Bilingual Education*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 1988, pp. 358-378.
4. **Dorian NC:** The Celtic languages in the British Isles. In: Paulston CB (ed.): *International Handbook of Bilingualism and Bilingual Education*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 1988, pp. 109-139.
5. **Elgibali A:** The language situation in Arabic-speaking nations. In: Paulston CB (ed.): *International Handbook of Bilingualism and Bilingual Education*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 1988, pp. 47-62.
6. *Encyclopedia Britannica*. Chicago, 1993.
7. **Hadamitzky W, Spahn M:** Kanji and Kana. Charles E. Tuttle Company, Tokyo, 1982.
8. **Hamers JF, Blanc M:** *Bilinguïté et Bilinguïsm*. Pierre Mardaga, Brussels, 1983.
9. **Harris RJ, Nelson EMM:** Bilingualism: not an exception any more. In: Harris RJ (ed.): *Cognitive Processing in Bilinguals*. Elsevier, Amsterdam, 1991, pp. 3-14.
10. **Hasuïke R, Tzeng O, Hung D:** Script effects and cerebral lateralization: the case of Chinese characters. In: Vaid J (ed.): *Language Processing in Bilinguals: Psycholinguistic and neuropsychological perspectives*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1986, pp. 275-288.
11. **Heredia R, McLaughlin B:** Bilingual memory revisited. In: Harris RJ (ed.): *Cognitive Processing in Bilinguals*. Elsevier, Amsterdam, 1991, pp. 91-103.
12. **Hornby PA:** Bilingualism: an introduction and overview. In: Hornby PA (ed.): *Bilingualism: Psychological, Social, and Educational Implications*. Academic Press, New York, 1977, pp. 1-14.
13. **Lambert WE:** The effects of bilingualism on the individual: cognitive and sociocultural consequences. In: Hornby PA (ed.): *Bilingualism: Psychological, Social, and Educational Implications*. Academic Press, New York, 1977, pp. 15-28.
14. **Mägiste E:** Leaning to the right: hemispheric involvement in bilinguals. In: Harris RJ (ed.): *Cognitive Processing in Bilinguals*. Elsevier, Amsterdam, 1991, pp. 549-560.
15. **Mayeux R, Kandel ER:** Disorders of language: the aphasias. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (eds.): *Principles of Neural Science*. Elsevier, New York, 1991, pp. 839-852.
16. **Paulston CB (ed.):** *International Handbook of Bilingualism and Bilingual Education*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 1988.
17. **Schnitzer ML:** The Pragmatic Basis of Aphasia: a neurolinguistic study of morphosyntax among bilinguals. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1987.
18. **Siguan M:** Bilingüismo y personalidad. En: *Bilingüismo y biculturalismo*. Instituto de Ciencias de la Educación, Barcelona, 1978, pp. 275-304.
19. **Swing ES:** Bilingualism and linguistic separatism in Belgian schools. In: Paulston CB (ed.): *International Handbook of Bilingualism and Bilingual Education*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 1988, pp. 63-83.
20. **Thomason SG:** Languages of the world. In: Paulston CB (ed.): *International Handbook of Bilingualism and Bilingual Education*. Greenwood Press, Westport, Connecticut, 1988, pp. 17-46.

# Generación de fractales

## Introducción

El término fractal, acuñado por B. Mandelbrot en 1975 para designar objetos geométricos muy irregulares, se popularizó en los años ochenta gracias a la difusión de libros y artículos con hermosas imágenes hechas por computador. Fractal es un nuevo nombre para algo ya conocido por los matemáticos hace tiempo, como el mismo Mandelbrot lo dice en su libro<sup>1</sup>, en donde cuenta cómo los fractales básicos aparecen entre 1875 y 1922 y están asociados con nombres como Weierstrass, Cantor, Peano, Lebesgue y Hausdorff.

## Conjuntos de Julia y Mandelbrot

Durante la primera guerra mundial dos matemáticos franceses, Gaston Julia (1893-1978) y Pierre Fatou (1878-1929), estudiaron las aplicaciones de las funciones racionales del plano complejo, en particular de  $f(z) = z^2 + c$ . Este trabajo fue poco conocido y recobró gran popularidad gracias a las gráficas por computador.

Se presenta a continuación una breve descripción de los conjuntos de Julia antes de dar el macroalgoritmo para su generación. Tomando en la función  $f$ , anteriormente presentada,  $c = 0$ , el proceso iterativo

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

tiene diferentes comportamientos dependiendo del valor del punto inicial  $z_0$ : si el punto inicial está fuera del disco unitario la sucesión diverge (tiende a infinito); si el punto inicial está estrictamente dentro del disco unitario la sucesión converge a cero. Si el punto inicial está en el círculo unitario:  $|z_0| = 1$ , los puntos de la sucesión permanecen en el círculo unitario y tiene diferentes comportamientos dependiendo del ángulo que forme con el eje real; si por ejemplo  $z_0 = i$  se tiene  $z_1 = -1$ ,  $z_2 = 1$  y la sucesión converge; si el ángulo es de sesenta grados la sucesión no converge pero se queda en un ciclo; si el ángulo es un múltiplo irracional de  $2\pi$  el comportamiento de la sucesión es caótico. En resumen, el círculo es la frontera entre la cuenca de atracción del infinito y la cuenca de atracción del cero y éste es el conjunto de Julia del proceso. Si  $c = -0.12 + 0.56i$  se tiene un comportamiento parecido al anterior pero la frontera entre las dos cuencas no es suave y cero no es atractor.

Se tiene un conjunto de Julia que es un círculo deformado, completamente irregular y lleno de «picos»: fractal.

En consecuencia, para generar un conjunto de Julia y colorear la cuenca de atracción del infinito, descomponga los números complejos  $z = x + iy$ ,  $c = p + iq$  y defina:

$$(1) \quad \begin{aligned} x_{k+1} &= x_k^2 - y_k^2 + p \\ y_{k+1} &= 2x_k y_k + q \end{aligned}$$

Es decir,  $z_{k+1} = f(z_k)$ . El infinito siempre es un atractor; el objetivo es colorear su cuenca de atracción mostrando qué tan rápido se va al infinito cada punto.

Suponga que el monitor tiene una resolución gráfica de  $a$  por  $b$  puntos (pixels) y puede desplegar  $K + 1$  colores (negro es cero) simultáneamente. Si  $K$  es pequeño, se usan los colores cíclicamente,  $K = nK$ .

### Inicialización:

$$c = p + iq,$$

$$x_{\min} = y_{\min} = -1.5, \quad x_{\max} = y_{\max} = 1.5,$$

$$M = 100, \quad \Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{a - 1}, \quad \Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{b - 1}$$

Para todos los pixels

$$(\eta_x, \eta_y), \quad \eta_x = 0 \dots a - 1, \quad \eta_y = 0 \dots b - 1,$$

haga

$$x_0 = x_{\min} + \eta_x \Delta x$$

$$y_0 = y_{\min} + \eta_y \Delta y$$

$$k = 0, \quad r = x^2 + y^2$$

Mientras que  $r \leq M$  y  $k < K$  haga

$$z_0 = f(z_0) \text{ (usando la fórmula (1))}$$

$$k = k + 1$$

$$r = x^2 + y^2$$

$$fmq.$$

Si  $r > M$ , asigne el color  $k$  al pixel  $(\eta_x, \eta_y)$ .

### Notas

- Variando  $x_{\min}$ ,  $y_{\min}$ ... usted puede hacer ventanas y estudiar detalles del conjunto.

- Para reducir el tiempo de cálculo se puede usar la simetría, el resultado es el mismo para  $(x,y)$  y  $(-x,-y)$ . Si el programa se hace en C o C++, es conveniente programar las operaciones básicas: suma y multiplicación en assembler.
- El mismo proceso se puede realizar con  $z_{n+1} = z_n^p + c$ ,  $p$  entero positivo o también con funciones trascendentales.
- El método de Newton para hallar raíces:  $z_{n+1} = z_n - \frac{p(z_n)}{p'(z_n)}$  es fuente de una gran variedad de fractales al colorear las diferentes cuencas de atracción de las raíces del polinomio o  $z_{n+1} = z_n - r \frac{p(z_n)}{p'(z_n) + s}$   $0 < r < 2$ ,  $0 < s < 1$ .
- En general hay una gran variedad de gráficas fáciles de realizar. Fractin es un programa de libre distribución a través de Internet que permite ver los fractales y estudiar combinaciones interesantes.

## Conjunto de Mandelbrot

Fatou mostró que en el proceso (1) si el punto «crítico»  $z_0 = 0$  genera una sucesión que tiende a infinito no hay más atractores (ni puntos fijos, ni ciclos ni otro tipo de conjuntos en los que se queden los puntos). Esta es la base para pintar el conjunto de Mandelbrot. Colorear los  $c \in \mathbb{C}$  tales que el cero genera una sucesión que tiende a infinito y asignarle el color de acuerdo con la «velocidad de escape». Por contraste el conjunto queda en negro.

### Inicialización:

$$p_{\min} = -2.25, q_{\min} = -1.5,$$

$$p_{\max} = 0.75, q_{\max} = 1.5,$$

$$M = 100, \Delta p = \frac{p_{\max} - p_{\min}}{a - 1}, \Delta q = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{b - 1}$$

Para todos los pixels

$$(\eta_p, \eta_q), \eta_p = 0 \dots a - 1, \eta_q = 0 \dots b - 1,$$

haga

$$p_0 = p_{\min} + \eta_p \Delta p$$

$$q_0 = q_{\min} + \eta_q \Delta q$$

$$k = 0, r = p^2 + q^2$$

Mientras que  $r \leq M$  y  $k < K$  haga

$$z_0 = f(z_0) \text{ (usando la fórmula (1))}$$

$$k = k + 1$$

$$r = x^2 + y^2$$

$$fmq.$$

Si  $r > M$ , asigne el color  $k$  al pixel  $(\eta_p, \eta_q)$

## Notas

- Como en el caso del conjunto de Julia, también se puede acelerar el proceso y hacer ventanas que muestren detalles, teniendo cuidado, porque lo más lindo es la frontera del conjunto pero allí se necesitan muchas iteraciones para decidir si un punto va al infinito o no.
- También se generan los conjuntos de Mandelbrot para diferentes fórmulas iterativas.
- Una buena referencia para ver las propiedades geométricas y topológicas de estos conjuntos es Blanchard P: *Complex analytic dynamics on the Riemann sphere*. Bull Amer Math Soc 1984; 11: 85-141.
- Otra manera de generar fractales es usar un sistema de funciones iteradas, por ejemplo para el triángulo de Waclaw Sierpinski (1882-1969). No hay espacio para presentar esta técnica, pero algo fundamental es el hecho de que los fractales son atractores de sistemas dinámicos y en muchos casos están ligados con el comportamiento caótico de dichos sistemas. El tema del caos también causó revuelo en los últimos años y gracias al computador se han realizado simulaciones interesantes y fáciles de repetir uno mismo en un buen microcomputador.

.....

**Luz Myriam Echeverry**  
Universidad de los Andes

### Bibliografía

1. *Mandelbrot H: Fractals: form, chance, and dimension*. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1977.
2. *Peitgen HO, Richter PH: The beauty of fractals*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986.

# Revolución

## en las barras de acero para refuerzo de concreto



**S**e ha observado que cuando las barras de refuerzo se encuentran cerca de los océanos, estos elementos estructurales se exponen a un proceso altamente corrosivo, debido al agua del mar o a la contaminación del aire oceánico, con el re-

sultado de que el elemento estructural se destruye con sólo unos pocos años de servicio.

El profesor Gareth Thomas, de la Universidad de California, ha desarrollado un método para fabricar aceros estructurales de refuerzo en concre-

tos, el cual deja al acero casi libre de tal proceso corrosivo.

El método de fabricación consiste en fundir el acero a partir de chatarra, arrabio o prerreducido (hierro esponja). Después de ajustar la composición del baño, se cuelan los lingotes y se procede a conformar las barras, mediante conformado plástico en caliente, seguido de un proceso de enfriamiento. Si el enfriamiento se realiza al aire (enfriamiento lento), mediante procesos de difusión, el carbono se segrega para formar carburos de tamaño microscópico, los cuales, con la matriz de ferrita, forman una pila donde la ferrita se comporta anódicamente y las partículas de carburo catódicamente, facilitando los procesos corrosivos que pueden debilitar dramáticamente el elemento estructural.

Cuando el enfriamiento en la línea de producción se hace con agua (enfriamiento rápido), se elimina la presencia de carburo en las barras de refuerzo sin sacrificar la resistencia mecánica del material. Este enfriamiento rápido evita, además, la nucleación y el crecimiento de los carburos, debido a que no se da tiempo para que ocurra la difusión; por consiguiente, se elimina la acción corrosiva.

Al colocar estas barras de acero como refuerzo de concreto, se ha observado que, después de un año de servicio bajo agua salada de mar, no se ha activado ningún proceso corrosivo en el material.

Esta técnica de fabricación no se está utilizando en Colombia; es decir, las barras de acero en la actualidad se están enfriando al aire (método lento), lo cual ha llevado a tener que emplear protección catódica para las construcciones que en condiciones de servicio están afectadas por agua de mar o contaminación marina.

**Héctor Mosquera**

Sección de Metalurgia  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Universidad Nacional de Colombia

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



Corona presenta



El nuevo sanitario de  
Bajo Consumo de Agua

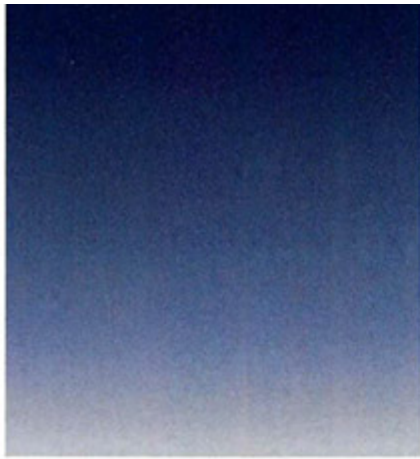


- Ahorra agua.
- Ahorra dinero.
- Por su precio es un producto ideal para vivienda económica.
- Diferentes colores que permiten crear bellos ambientes.



**Corona**  
*Más Ambiente!*

Para mayor información visite los distribuidores y salas de venta Corona



Una de las inquietudes más sentidas por el hombre a través de los tiempos ha sido conocer la estructura de la materia y su comportamiento, así como la estructura del universo. Sin embargo, nuestros ojos están limitados por un rango de visión que comprende desde 0,1 mm a 10 km. Esta limitación nos ha obligado a desarrollar herramientas que nos permitan observar aquellas dimensiones que están fuera de este rango. La pregunta planteada durante siglos: ¿de qué y cómo están formadas las cosas?, que marca el nacimiento de la ciencia occidental, exige investigar la estructura de la materia, ampliando, entre otras cosas, todo lo pequeño al campo de visión humano.

Para tal fin se diseñaron los microscopios ("instrumentos ópticos que aumentan el tamaño de la imagen de objetos pequeños; si ésta se obtiene a partir de luz visible o ultravioleta, recibe el nombre de micros-

copio óptico; si es por electrones, recibe el nombre de microscopio electrónico, y si es por iones es un microscopio iónico<sup>1</sup>). La microscopía óptica ha evolucionado hasta llegar a ser una técnica cuyas posibilidades se encuentran en los límites de las leyes que rigen la interacción de la luz con la materia: el microscopio óptico no puede resolver estructuras atómicas, debido a que la longitud de onda promedio de la luz visible es 200 veces mayor ( $10^{-7}$  m) que el diámetro de un átomo que está dentro de los 3 Angstrom ( $10^{-10}$  m). Con la microscopía electrónica de transmisión se puede ir más allá, puesto que la longitud de onda de los electrones es aún más corta. Aprovechando la interacción de los electrones con la materia se desarrolló el microscopio electrónico de barrido, que permite observar superficies reconstruyéndolas a través de un proceso de barrido de un haz de electrones sobre la superficie por observar, y detectando los electrones que «rebotan» en una dirección.

Con la microscopía por efecto túnel se ha ido mucho más lejos en la posibilidad de escrutar en la constitución de la materia, ya que permite «ver» los átomos de una superficie uno a uno y caracterizar cuantitativamente sus detalles, debido a que

# Microscopía de efecto túnel

su resolución alcanza estructuras que tienen una centésima parte del tamaño del átomo.

El efecto túnel electrónico fue demostrado experimentalmente en la década de los sesenta por Giaver; una década después llegó a convertirse en un potente método para caracterizar materiales y estructuras. En los años ochenta se construyó el microscopio de efecto túnel (scanning tunneling microscopy, STM), por el cual sus creadores Gerd Binnig y Heinrich Rohrer del laboratorio de investigación de la IBM en Zurich recibieron el Premio Nobel en 1986.

El principio de funcionamiento de este microscopio se conocía desde 1956. En el departamento cartográfico del ejército de los Estados Unidos, J.A. O'Keefe elaboró un microscopio que detectó detalles de tamaño menor que la mitad de la longitud de onda de iluminación, un "microscopio de barrido de campo próximo", cuya resolución

## MICROSCOPIOS DE BARRIDO TECNICAS Y CAPACIDADES

MICROSCOPIO	DESARROLLO	CAPACIDAD
Scanning Near-Field Optical Microscope (1982)	D. W. Pohl	50 nm (resolución lateral) Imágenes ópticas
Scanning Thermal Microscope (1985)	C. C. Williams, H. K. Wickramasinghe	50 nm (resolución lateral) Imágenes térmicas
Atomic Force Microscope (1986)	G. Binnig, C. F. Quate, Ch. Gerber	Resolución atómica sobre superficies conductoras y no conductoras
Magnetic Force Microscope (1987)	Y. Martin, H.K. Wickramasinghe	100 nm (resolución lateral) Imágenes magnéticas de bits
Scanning Spin precession Microscope (1989)	Y. Manassen, R. Hamers, J. Demuth, A. Castellano	1 nm (resolución lateral) Imágenes de spins paramagnéticas

# scopio ecto nel

era independiente de la longitud de onda de la luz utilizada. Mediante un barrido de la muestra se detectaban los cambios producidos en ella. El instrumento presentaba problemas con el barrido pues no se conocía una forma para fijar o mover la posición de un objeto. En 1972 Eric Ash, usando radiación de microondas (longitud de onda de  $l = 3$  cm) y siguiendo a Keefe, alcanzó una resolución de 150 micrómetros ( $1/200$ ). En este mismo año R. Young utilizó materiales cerámicos piezoeléctricos, que producen un desplazamiento proporcional al voltaje que se les aplica, para manejar el posicionamiento de un objeto en tres dimensiones. Para este tiempo ya se tenían los medios para solucionar el problema del control espacial sobre la muestra. La combinación de este hallazgo y el efecto túnel permitió el desarrollo del STM en 1981.

Actualmente se está desarrollando en las instalaciones del Centro Internacional de Física en Colombia un microscopio STM, con el cual se incursionará en las aplicaciones propias de este microscopio

observando superficies de películas delgadas y posteriormente estructuras biológicas.

## Principio de funcionamiento

El microscopio de efecto túnel en principio consta de una aguda aguja de tungsteno, cuya punta debe contener un solo átomo para mejorar la resolución (0,2 nm de diámetro). Con un cerámico piezoeléctrico se acerca la punta hasta una distancia de 1 Angstrom de la muestra; al aplicar un voltaje entre la aguja y la muestra los electrones atraviesan esa distancia (gap) aguja-muestra (efecto túnel), produciendo una corriente del orden de 1 nA. El valor de la corriente decae exponencialmente con la distancia: así, si la separación aumenta en 0,1 nm, el valor de la corriente disminuye a  $1/10$ . Utilizando un sistema electrónico de retroalimentación se mantiene la corriente constante y se conserva la distancia de la aguja a la superficie de la muestra. La posición de la aguja en el plano de la muestra es controlada por dos piezoeléctricos, de tal manera que es recorrida mientras el circuito de retroalimentación mantiene constante la distancia entre la muestra y la punta; de esta manera la topografía de la superficie es reproducida por la posición de la aguja.

Con los cambios en el voltaje aplicado al piezoeléctrico para mantener la distancia constante y los voltajes aplicados a los piezoeléctricos de la posición en el área, se reconstruye la superficie barrida usando un computador y un programa gráfico tridimensional.

Este microscopio permite el estudio de defectos atómicos en cristales, disección de moléculas y estudios de propiedades electrónicas, entre otras utilidades (figura 1).

## Otros microscopios

El microscopio de efecto túnel habilitó el surgimiento de una nueva familia de microscopios tales como:

- Microscopio de fuerza atómica (AFM): registra las variaciones de la fuerza repulsiva causada por el solapamiento de los electrones de la aguja con los electrones de la muestra, «sigue» la superficie. Este fue desarrollado por Binnig, Calvin F. Quate (Universidad de Stanford) y Gerber (IBM). Uno de los problemas es que contacta los materiales con una fuerza capaz de contaminar o dañar elementos pequeños.

- Microscopio de fuerza láser (LMF): registra la fuerza producida por la interacción atractiva entre la aguja y la superficie. Fue desarrollado por Yves Martin y Clayton C. Williams. Su precisión de resolución es 5 nm en el relieve de la superficie.

Otros se mencionan en la tabla.

Gracias a estos microscopios el mundo nanométrico de la biología y los microcircuitos es visible ante nuestros ojos; gracias a ellos hoy podemos refutar aquello de que "el mundo atómico se puede imaginar pero no ver".

.....

**José Enrique García**

Físico. Director del laboratorio de Física Aplicada Centro Internacional de Física

**Alba Avila**

Estudiante de Ingeniería Eléctrica y Física Universidad de los Andes

## Bibliografía

1. Gerd Binnig y Heinrich Rohrer. *El microscopio de efecto túnel. Investigación y Ciencia*, octubre de 1985.
2. Joseph A. Stroscio y William Kaiser. *Scanning Tunneling Microscopy*. Academic Press, Inc., 1993.
3. S. Steer, B. Hoffmann-Millack, C.J. Roberts y W.A. Steer. *A versatile Scanning Tunneling Microscope for use in air*. IOP Publishing Ltd., mayo 1990.
4. R.A. Lewis, S.A. Gower, P. Groombridge, D.T.W. Cox y L.G. Adorni-Braccesi. *Student Scanning Tunneling Microscope*. American Journal of Physics, enero 1991.

### ECOLOGIA

#### Superincineradores para la transformación de desechos



Un grupo de investigadores en Alabama, Estados Unidos, está ideando una nueva tecnología con el fin de convertir los desechos en combustible y hasta en piedras preciosas.

El principio de este invento es sencillo. Al calentar un gas a 12.000°F se obtiene plasma, o gas ionizado, el cual al ser aplicado sobre un objeto específico lo descompone por medio de un proceso denominado pirólisis. Los ingenieros crean plasma en las fábricas al calentar el gas a temperaturas muy altas y lo usan para manipular metales y cerámicas. Este proceso no requiere mayor cantidad de oxígeno y no contamina el ambiente tanto como los incineradores normales. Al aplicar plasma sobre desechos orgánicos se obtiene gas de hidrógeno. Este plasma, a su vez, puede recuperar materiales preciosos depositados dentro de los desechos. La parte negativa de este proceso es que consume cantidades considerables de electricidad y en consecuencia es más económico depositar los desechos en basureros o quemarlos por medio de incineradores. La gran ventaja del proceso es su limpieza y por esta razón ya en San Diego, California, se está construyendo la primera planta piloto para la transformación de medicamentos peligrosos.

#### Contaminación en ciudad de México: ¿cuál es la causa?

Durante un buen número de días al año, la contaminación en ciudad de México alcanza niveles peligrosos y, según parece, la cocina más que los automóviles es responsable de esta contaminación.

La solución en estos momentos críticos ha sido disminuir la actividad de las industrias o impedir el tráfico de automóviles. Sin embargo, una de las mayores fuentes de contaminación del aire en ciudad de México parece ser el gas de petróleo líquido no combustido, el cual en alguna forma se está escapando al ambiente. La composición de este gas, utilizado para cocinar y calentar los hogares, es de un 50% de propano y otro 50% de butanos y butenos. Estos últimos forman ozono fácilmente.

Según explica Donald Blake de la Universidad de California en Irvine, los butenos únicamente conforman del 5% al 9% de los

gases de petróleo líquido, pero esta fracción forma tanto ozono como el resto de los componentes del petróleo. En Los Angeles, por ejemplo, el tipo de gas usado para cocinar contiene 95% de propano, muy poco butano y no contiene butenos, razón por la cual es menos eficiente para la formación de ozono.

La parte más grave de esta situación es que el gas se escapa a velocidades alarmantes. Los científicos norteamericanos estiman que un tercio de la contaminación en ciudad de México es causada por el gas para cocinar proveniente de cilindros individuales, y dado que más de un millón de hogares lo utilizan, buscar la fuente de escape es tarea complicada.

Una buena solución a este problema sería reformular la composición del gas mexicano para eliminar butanos y butenos y así reducir la contaminación del aire en un 10% o 20%.

## GEOLOGIA

### Diamantes microscópicos rompen los moldes geológicos

Recientemente se descubrieron unos fragmentos microscópicos de diamante, en rocas del suroeste noruego. El hallazgo de Larissa F. Dobrzhinestskaya, de la Academia de Ciencias Rusa, está revolucionando las teorías geológicas.

Los diamantes no se pueden observar sin la ayuda de un microscopio, debido a que tienen un tamaño entre 20 y 80 micrómetros. Este descubrimiento ha asombrado a los investigadores, ya que aquéllos se forman en la corteza continental, un lugar exótico para la formación del mineral más fuerte que existe.

Según los tratados de geología, los diamantes pueden crecer únicamente en el manto terrestre, a profundidades de 120 kilómetros o más. Allí la presión y temperatura extremadamente altas (40.000 atmósferas y 900°C) convierten el carbono en estructuras ultracompactas de cristales de diamante. Las gemas alcanzan la superficie, cuando las erupciones volcánicas las empujan a través del manto y la corteza.

Los diamantes noruegos se salen de este esquema, porque no provienen de rocas del manto volcánico; por el contrario, aparecen en rocas metamórficas formadas originalmente como depósitos sedimentarios en la superficie terrestre. Las capas de sedimento fueron compactadas y calentadas hace millones de años cuando otro continente chocó contra lo que hoy es la península escandinava. Sin

embargo, estos choques continentales alcanzan únicamente presiones de 15.000 atmósferas y temperaturas de 650°C, las cuales son demasiado bajas para convertir el carbono en diamante.

La hipótesis propuesta para explicar este fenómeno es que la colisión continental empujó temporalmente algunas rocas de la corteza hacia el manto terrestre profundo. El carbono existente en la capa sedimentaria se convirtió entonces en diamantes antes de que las rocas regresaran a la superficie.

Algunos investigadores han logrado obtener pequeñas pelí-

culas de diamante, similares a los encontrados en Noruega, a muy bajas presiones, lo cual pondría en duda la hipótesis propuesta.

De cualquier forma, con este hallazgo será necesario reevaluar los tratados de geología existentes. "Nos enfrentamos, pues, a un gran problema tectónico, o hemos encontrado una forma completamente nueva de fabricar diamantes", concluye Stephen E. Haggerty, geólogo experto en diamantes de la Universidad de Massachusetts.

Durante 60 años un derivado de celulosa fabricado por la compañía Dow Chemical, llamado ethocel, ha sido utilizado para diversos tipos de productos desde recipientes plásticos hasta drogas.

Actualmente, Dow Chemical está desarrollando una versión comestible de este producto, con el objeto de explotar la capacidad de formar una delgadísima película sobre los artículos a los cuales se aplica. Se empleará para añadir suplementos alimenticios al arroz, el cual podrá distribuirse en países pobres para combatir el hambre.

Las frecuentes inyecciones que padecen los diabéticos y otros pacientes con enfermedades crónicas desaparecerán próximamente.

Investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts han desarrollado un ingenioso método de inyección de drogas. Utilizando pulsaciones de ultrasonido de baja frecuencia lograron introducir drogas a través de la piel. Este novedoso sistema ya ha sido empleado para inyectar insulina.

## FISICA

### Condensación Bose-Einstein

Un grupo de científicos en Colorado publicó en la revista *Science* de julio 14 un logro extraordinario. Enfrizaron átomos de rubidio 87 a una temperatura de 170 nanokelvins y obtuvieron una condensación conocida con el nombre de Bose-Einstein. Este estado de la materia había sido pronosticado hace unos 70 años pero no se había logrado obtenerlo.

En 1924 Albert Einstein y Sayendra Nath Bose predijeron que a temperaturas muy bajas los átomos de un gas diluido no «interactuante» se condensarían y caerían todos en el mismo estado cuántico, llegando a comportarse como un solo átomo o mejor dicho un «superátomo». Es un fenómeno similar al que ocurre en un rayo láser, en el cual los fotones viajan en forma coordinada y generan un rayo de luz. La existencia de una condensación de átomos establece la posibilidad de crear "un equivalente atómico de un láser", según Steve Chu de Stanford University.

Los científicos norteamericanos lograron la condensación Bose-Einstein al atrapar los átomos de rubidio 87 mediante un conjunto de haces de luz provenientes de seis rayos láser, y en esta forma lograron que la temperatura del condensado bajara a 20 nanokelvins. Posteriormente, al apagar la trampa láser, activaron una trampa magnética, lo cual permitió que los átomos calientes se escaparan llevándose con ellos un exceso de energía.

Al llegar el condensado a una temperatura de 20 nanokelvins, las imágenes que indican la velocidad de los átomos muestran un pico específico cuando la velocidad es cero, lo que indica que la nube de átomos es estacionaria. Al remover la trampa magnética,

la fracción de la condensación retuvo su forma elíptica original mientras que los átomos no condensados se esparcieron.

¿Cuál es el uso práctico de este descubrimiento? Posiblemente rayos del condensado Bose-Einstein puedan usarse para inscribir circuitos increíblemente

pequeños en chips electrónicos ultracompactos. Los átomos también podrían emplearse en relojes atómicos de alta precisión. Aun cuando hasta el momento la lista de posibles usos no es muy larga, en un futuro cercano tendrá innumerables aplicaciones.

## TECNOLOGIA

### Una segunda opinión por computador

Incluso los radiólogos experimentados pueden interpretar de manera incorrecta un mamograma. Del 10% al 30% de los radiólogos fallan al detectar el cáncer de seno tras la lectura de las mamografías.

Con la ayuda de un nuevo sistema por computador, los médicos radiólogos pueden sentirse más tranquilos. El sistema le ofrece al médico una segunda opinión y le sugiere la revisión de ciertas regiones de la mamografía.

Durante la primera etapa del cáncer mamario aparecen en los mamogramas numerosos puntos blancos, los cuales pueden estar enmascarados por otros materiales y por consiguiente dar resultados falsos. Los investigadores pueden hacer que el sistema localice estos depósitos pequeñísimos aun con la presencia de otros tejidos encima. Por otro lado, el



sistema compara los dos senos y cualquier masa o diferencia sutil es identificada fácilmente.

El sistema ha sido elogiado por varios grupos de radiólogos quienes consideran que ofrece un servicio complementario muy valioso. El costo de este sistema es de unos 100.000 dólares.

Se estima que sólo en los Estados Unidos el número de personas afectadas por cáncer mamario en 1995 será del orden de 207.000 casos. El computador prestará entonces un excelente servicio de diagnóstico.

# SOLO SE SIENTE AL CONDU CIRLO

(No insista en tocar este aviso,  
sólo lo puede sentir al subirse)



Sólo con ver un Mazda 626 Matsuri, dan deseos de sentir su diseño interior, la amplitud que transmite su habitáculo, su comodidad, su buen gusto en cada uno de los detalles. Desafortunadamente, por más que lo intente en este aviso, no va a poder sentir las sensaciones que produce un Matsuri al conducirlo. No lo mire más.

Venga a cualquiera de los Concesionarios Mazda en todo el país y siéntalo.

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

MAZDA  
**626**  
MATSURI

## MEDICINA

### Protección contra la parálisis cerebral infantil

Un estudio retrospectivo reciente sugiere que la administración de sulfato de magnesio, a mujeres gestantes con riesgo de dar a luz bebés con bajo peso, podría ayudar a disminuir los casos de parálisis cerebral neonatal.

Según un informe publicado en la revista *Pediatrics*, dos investigadores compararon el cuidado prenatal de 42 niños que pesaron menos de 1500 gramos al nacer y que desarrollaron parálisis cerebral, con el de 75 niños que tuvieron peso similar al nacer pero no desarrollaron parálisis cerebral.

El 7% de las mujeres que dieron a luz niños con parálisis cerebral recibieron sulfato de magnesio durante el embarazo, mientras el 36% de las madres

con hijos sin ningún problema del sistema nervioso central recibieron la droga, según informaron Karin B. Nelson del National Institute of Neurological Disorders and Stroke, y Judith K. Grether del California Birth Defects Monitoring Program (Emeryville).

El sulfato de magnesio se prescribe para prevenir las convulsiones asociadas con preeclampsia (una forma de hipertensión arterial inducida por el embarazo) o para detener las contracciones uterinas prematuras. Los autores no pudieron explicar por qué la droga podría reducir la incidencia de parálisis cerebral; sin embargo, otros estudios han demostrado que podría prevenir el sangrado cerebral. Este estudio abre nuevos horizontes en la búsqueda de la salud neonatal.

### Nuevas indicaciones para el uso de implantes cocleares

Por lo general los implantes cocleares se han utilizado sólo en adultos y niños que no perciben ningún sonido con las ayudas auditivas normales.

Los implantes cocleares fueron diseñados para ayudar a las personas completamente sordas; sin embargo, algunos estudios han demostrado que los adultos con pérdidas auditivas profundas que reciben estos implantes, pueden percibir las palabras y los sonidos mejor que aquellos con menores pérdidas auditivas que utilizan ayudas convencionales.

Los dispositivos de audición convencionales amplifican los sonidos que viajan a través de los canales normales de audición desde el oído externo, pasando por el oído medio hasta la cóclea, la cual

los convierte en impulsos eléctricos que van al cerebro. La sordera usualmente se produce por daño en los tejidos que limitan el paso del sonido a través de ellos. Los implantes cocleares establecen un puente sobre los canales normales de audición, transformando los sonidos en impulsos eléctricos que se transmiten directamente al cerebro. Con entrenamiento adecuado, las personas con este tipo de dispositivos pueden percibir estos impulsos como sonido, y llega a ser tan buena la audición, que hasta pueden usar el teléfono.

Cabe anotar que los adultos que pierden la audición después de aprender a hablar y reciben los implantes tempranamente antes de volverse sordos, obtienen la percepción más clara de las palabras. Los adultos que fueron sordos desde antes de aprender a hablar, generalmente se benefician poco de los implantes, pero pueden llegar a reconocer algunos sonidos ambientales y sonidos de peligro.



### La testosterona en la tercera edad

A diferencia de la hormona estrógena, la cual disminuye rápidamente en la mujer después de la menopausia, la testosterona no decrece en el hombre con el paso de los años. Por esta razón, nunca se ha estudiado realmente si el tomar esta hormona en la edad avanzada puede ser beneficioso para el hombre. El doctor Fred M. Ellyn, de la Escuela de Medicina de Chicago, realizó un estudio en el cual 10 hombres muy saludables entre los 60 y 75 años tomaron dosis pequeñas (25 a 50 mg) de testosterona una o dos veces a la semana durante dos años consecutivos. Aunque los investigadores encontraron un aumento en el tamaño de la próstata o en la incidencia de cáncer, llegaron a la conclusión de que la testosterona presenta grandes beneficios: aumento en la actividad sexual, deseo de vivir y sensación de bienestar general. Además hubo reducción en el nivel de concentración de colesterol en la sangre y mayor fuerza muscular.

## ● EPIDEMIOLOGIA

### ¿Vacuna a la vista?

La cepa VIH-2 del virus de inmunodeficiencia adquirida (sida), encontrada más que todo en Africa, parece transmitirse más difícilmente y ser menos virulenta que la cepa VIH-1 responsable de la epidemia mundial.

En un estudio de nueve años realizado en mujeres de Senegal, se encontró que la proporción de personas infectadas con VIH-2 ha permanecido constante desde 1985 mientras que la incidencia de infección con VIH-1 ha aumentado más de 10 veces. Un análisis posterior ha indicado que las mujeres ya infectadas con VIH-2 no se contagian con VIH-1. Este efecto protector puede ser de gran valor en la creación de una vacuna contra el sida.



#### 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



## LANZETTA, RENGIFO & CIA. LTDA.

### REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA COLOMBIA DE:



Instrumentos para investigación, industria y educación:

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



### HunterLab

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

- Medición de color
- Apariencia de imagen
- Software.



### Forma Scientific, Inc

- Equipos para bancos de sangre
- Cabinas de seguridad biológica



### ATLAS ELECTRIC DEVICES COMPANY

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



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

### MOISTURE SYSTEMS CORP.

Equipos para medición inmediata en proceso de:

- Humedad
- Espesor de película
- Peso de cubierta o

Cra 14 No 82-41 Piso 3 ▪ Tels: 6110983 / 6162001 / 2268399 / 2268400 / 6110830  
Fax 6110795 ▪ A.A. 091133 ▪ Santafé de Bogotá D.C., - Colombia



Las matemáticas,





ciencia o arte?

**Carlos E. Vasco Uribe**  
Licenciado en Filosofía y Letras,  
M.S. en Física y Ph.D. en Matemáticas.  
Profesor Titular, Depto. de Matemáticas y Estadística,  
Universidad Nacional de Colombia.  
Asesor del Ministerio de Educación Nacional  
para la renovación curricular.  
Excomisionado Coordinador de la  
Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo

**Las matemáticas  
construyen  
y reconstruyen sus  
mundos en formas  
más cercanas  
a las de las artes  
que otras maneras  
de construir mundos.**

**E**l lector de *Innovación y Ciencia* ha tenido que habérselas con las matemáticas todos sus años de estudio, al menos desde la educación primaria o, si es un poco más joven que el promedio, desde el preescolar. Según la mayor o menor fortuna que haya tenido en el aprendizaje de esos variados juegos simbólicos, bien o mal llamados «matemáticas», que se enseñan todos los años hasta el final de las carreras universitarias, tendrá una actitud positiva o negativa con respecto a esas matemáticas. En todo caso, seguramente compartirá con sus maestros y profesores la opinión de que las matemáticas son lo más riguroso y científico que hay en la cultura, y que el arte es lo menos científico y lo menos riguroso que existe. ¿Cómo es que un matemático defiende que las matemáticas no son ciencia sino arte?<sup>1</sup>

### **La estética de la ciencia**

En primer lugar, no es correcto mantener a distancia las ciencias y las artes. En un libro magistral, Nelson Goodman propone que no existe «el Mundo» ya dado, sino que hay al menos cuatro maneras de construir mundos, muy relacionadas entre sí: las filosofías, las ciencias, las artes y el sentido común, tanto en la percepción normal como en el discurso cotidiano<sup>2</sup>. Más que maneras opuestas, son maneras comple-

mentarias y finamente entrelazadas.

En la década de los setenta, Judith Wechsler realizó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) varios cursos sobre la estética

de la ciencia, con base en los cuales editó un libro con ese título, publicado en español por el Fondo de Cultura Económica<sup>3</sup>.

En ese libro, físicos, psicólogos e ingenieros discuten los aspectos estéticos, generalmente olvidados por los profesores de esas ciencias. No es pues de extrañar que si en esas ciencias se encuentra tan profundamente implicada la estética, más todavía se encuentre en las matemáticas.

Porque así como las ciencias, las artes y el sentido común, las matemáticas también construyen sus mundos especiales, y reconstruyen a su manera los demás mundos; además, si atendemos a la relación de las ciencias naturales, sociales y humanas —a las que llamaré en adelante *ciencias fácticas*— con lo real, con los hechos empíricos y con los fenómenos observables, podríamos decir que las matemáticas construyen y reconstruyen sus mundos en formas más cercanas a las de las artes que otras maneras de construir mundos. Lo mismo podría decirse de la lógica formal, de la teoría de la información o de la teoría general de procesos y sistemas. Me referiré a estas últimas disciplinas y a las distintas ramas de las matemáticas como *ciencias formales*.

No estoy diciendo con esto que hay que contraponer el arte a las ciencias fácticas, ya sean naturales, sociales o humanas. En todos esos campos se cultiva la estética y se valora ante todo la creatividad. Esos aspectos estéticos y creativos son los que cautivan a quienes se animan a seguir las largas y exigentes carreras científicas, y a perseverar en la pasión por investigar, a pesar de los obstáculos económicos e institucionales que todavía existen para ello en países como el nuestro. No defendiendo, pues, la separación de las ciencias fácticas y las artes, ni la de las ciencias fácticas y las formales. Sólo defendiendo que si comparamos el campo de las ciencias formales, y en particular el de las matemáticas, con el arte y con las ciencias fácticas, las ciencias formales parecen estar más cerca del arte que de las ciencias fácticas.

Aduzco sólo una razón: en las ciencias formales y en las matemáticas no se dan los rasgos más importantes de las ciencias fácticas: la confrontación con lo real, la búsqueda de datos empíricos, la observación de los fenómenos y la contrastación de hipótesis por medio de experimentos. En cambio, sí se dan en forma muy notable los rasgos más propios del arte: la libertad de creación de mundos y la búsqueda de coherencia interna, con un alto grado de independencia de la realidad cotidiana. Veamos algunos ejemplos de estos rasgos artísticos de las matemáticas.

## Un concurso de belleza

En el citado libro de Judith Wechsler, el matemático y educador Seymour Papert habla de un extraño concurso de belleza que se le ocurrió realizar a propósito de la estética en las matemáticas. Esta vez se trataba de un concurso de belleza de fórmulas. Para escoger las fórmulas partió de la demostración usual de que la raíz cuadrada de 2 no puede ser un número racional, o sea que no es representable por una fracción con numerador y denominador enteros. En esa demostración se suele comenzar suponiendo lo contrario: que sí existe un numerador entero  $p$  y un denominador entero  $q$ , por medio de los cuales se puede representar la raíz cuadrada de 2 como una fracción irreducible:

$$\sqrt{2} = p/q$$

Esa ecuación puede sufrir muchas transformaciones, con lo que resulta una variedad de fórmulas, algunas de las cuales aparecen en la **figura 1**. La pregunta que hizo Papert a muchas personas era la siguiente: sin pensar mucho en el significado de estas fórmulas, ¿cuál le parece estéticamente más agradable? Si observa un momento la **figura 1**, ¿qué diría usted?

$\sqrt{2} = p/q$	$p/q = \sqrt{2}$
$(\sqrt{2})q = p$	$p = (\sqrt{2})q$
$q\sqrt{2} = p$	$p = q\sqrt{2}$
$(\sqrt{2})^2 q^2 = p^2$	$p^2 = (\sqrt{2})^2 q^2$
$q^2(\sqrt{2})^2 = p^2$	$p^2 = q^2(\sqrt{2})^2$
$2q^2 = p^2$	$p^2 = 2q^2$

**Figura 1.**  
Concurso de belleza  
de fórmulas.

Sorprendentemente, la mayoría de las personas sienten una resonancia estética con la última de todas, la reina de las fórmulas de esa figura:

$$p^2 = 2q^2$$

Pero no sólo resultó más hermosa esa fórmula que las demás, sino que al observarla con atención y goce estético, Papert pudo proponer una demostración nueva para la irracionalidad de la raíz cuadrada de 2, demostración que se puede extender fácilmente a la de la raíz cuadrada de cualquiera de los números primos impares 3, 5, 7, 11, etc.

Recordemos que cualquier número entero puede descomponerse de una manera única (excepto por el orden de los factores) como un producto de primos elevados a ciertas potencias. Así, contemplando un rato la hermosa fórmula  $p^2 = 2q^2$ , de repente aparece claro que, en el lado izquierdo de la ecuación, el exponente del primo 2 en la descomposición del número  $p^2$  tiene que ser par, y que el de la descomposición de  $2q^2$  en el lado derecho tiene que ser impar. ¡Eso es imposible!

Admirando pausadamente a esa reina de las fórmulas, obtenemos una nueva demostración de un famoso teorema de la aritmética, ya no diríamos por álgebra, sino por contemplación.

Así pues, también las fórmulas, las demostraciones y las definiciones de las matemáticas tienen un componente estético inseparable de su significado. Cuando los buenos matemáticos discuten sobre los artículos de sus colegas, utilizan con frecuencia como criterios la sencillez, la hermosura, y sobre todo la elegancia. Ya que nuestros profesores nos ocultaron esa dimensión estética de las matemáticas, tratemos de nuevo de descubrirla en las páginas de los textos y de los artículos. No miremos en las fórmulas sólo su significado riguroso y su adusta complejidad: admiremos su elegancia y su belleza. Convirtámonos así en buscadores de arte en las matemáticas.

## Los fractales

En los años sesenta, un matemático entonces no muy bien visto por sus colegas, Benoît Mandelbrot, inventó una extraña forma de dibujar. Estudiaba la aplicación repetida de una función a un punto  $z$  en el plano complejo, y revivió ideas de otros matemáticos, como Gaston Julia, sobre los puntos que no se alejan

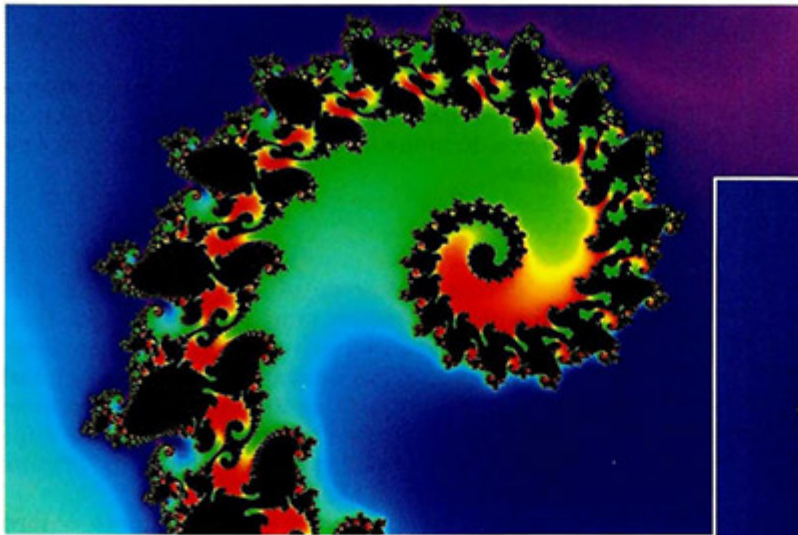
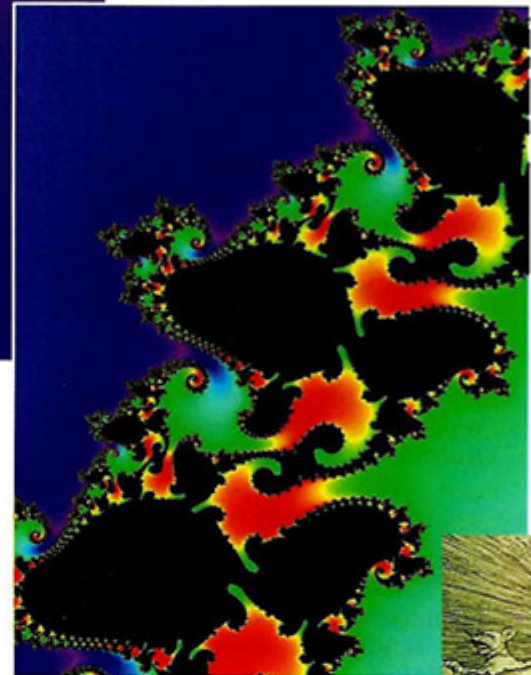


Figura 2. Un fractal de Mandelbrot.

Figura 3. Ampliación de una parte de la figura 2.



indefinidamente del origen al aplicarles una y otra vez la misma función. Al graficar esos conjuntos en los incipientes computadores de entonces, aparecían figuras intrigantes, paisajes lunares o costas de islas imaginarias. Mandelbrot bautizó esas figuras extrañas y atractivas con el nombre de *fractales*. Esta palabra está relacionada con *fracción*, *fragmentado*, *roto*.

Con el aumento de la velocidad de computación y la llegada de las pantallas a color, los fractales se han convertido en una de las fuentes de pintura contemporánea más atractivas y exquisitas. Si uno mira con cuidado la **figura 2**, empieza a ver que algunos de sus esquemas se repiten aquí y allá, a distintas escalas. Si se amplía la pintura, a cada escala de ampliación vuelven a aparecer los mismos esquemas (**figura 3**).

Esa característica de repetición de los patrones a distintas escalas es la que produce esa fascinación estética. Además, permite utilizar el poderoso concepto de recursión, que está en el núcleo de amplios campos de problemas de las matemáticas, de la lógica y de la computación. Por ejemplo, si aplicamos la recursión a la transformación que duplica, o sea si duplicamos el duplicador, obtenemos el cuadruplicador, y si seguimos aplicando recursivamente la duplicación a sí misma, obtenemos una función exponencial de base dos, en donde el exponente es el número de aplicaciones. Algo parecido sucede con los fractales, en los que a los componentes geométricos de un patrón o esquema inicial les empezamos a aplicar recursivamente la misma regla de formación, hasta obtener figuras que a cualquier nivel de resolución muestran las mismas características.

La geometría usual trata de objetos relativamente simples, conformados por rectas y por curvas suaves. Los objetos geométricos producidos por recursión llegan a complejidades tales que

rechazan la existencia de derivadas, de longitudes específicas, y aun de las dimensiones usuales que se expresan con números enteros (1, 2 ó 3 dimensiones). Aparecen curvas limitadas pero de longitud infinita, y dimensiones que hay que expresar con enteros y decimales. Por ello se ha llegado a decir que la geometría fractal es la geometría del futuro.

## Artistas matemáticos

Así como algunos artistas han empezado a pintar con computador, otros han empezado a componer música con computador. La música aleatoria tiene sus seguidores, así como el arte pictórico computacional. Pero ya desde antes de existir los computadores, algunos músicos habían ensayado traducir a notas



los esquemas estéticamente atractivos que detectaban en los números y en las letras. Los pitagóricos pensaban que las esferas celestes, a las que consideraban fijados los planetas, emitían una música celestial: la música de las esferas. En el período barroco no faltaron las fugas y los temas tomados de números y letras. El mismo Bach compuso una fuga con un tema desarrollado a partir de las letras de su nombre, B-A-C-H, considerando, como era costumbre, y lo es aún en los países anglosajones, la B como la nota Si, la A como la nota La, la C como el Do y la H como el Si bemol. Si se numeran las doce teclas de la escala dodecafónica de 1 a 12, o se numeran las teclas del piano, cualquier melodía en negras puede traducirse en una sucesión de enteros, y cualquier sucesión de enteros en una melodía.

**Figura 4.** *La Melancolía de Alberto Dürero.*



Así mismo en la pintura, muchos pintores desde la Antigüedad utilizaron las formas geométricas regulares en sus cuadros, murales y decoraciones. En el Renacimiento, Alberto Dürero utilizó motivos matemáticos en sus cuadros (**figura 4**), y Leonardo da Vinci utilizó la sección áurea en sus bocetos y composiciones.

## La sección áurea

Dibujemos un cuadrado de lado unidad y dividámoslo en dos rectángulos iguales por medio de una recta vertical (**figura 5**).

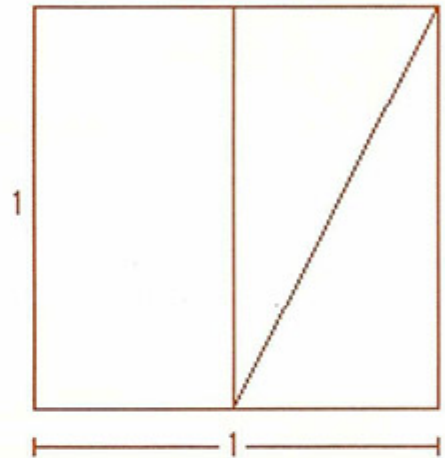
Prolonguemos ahora los lados horizontales, y con un golpe de compás, marquemos en la prolongación de la base una distancia igual a la diagonal de uno de los dos rectángulos. Esto nos marca una longitud A a la derecha del cuadrado original. Completamos ahora un tercer rectángulo, de base A y altura 1, a la derecha del cuadrado original (**figura 6**). Ese

nuevo rectángulo pequeño resulta semejante al rectángulo grande formado por los tres rectángulos pequeños, aunque ahora tiene los lados más largos hacia arriba.

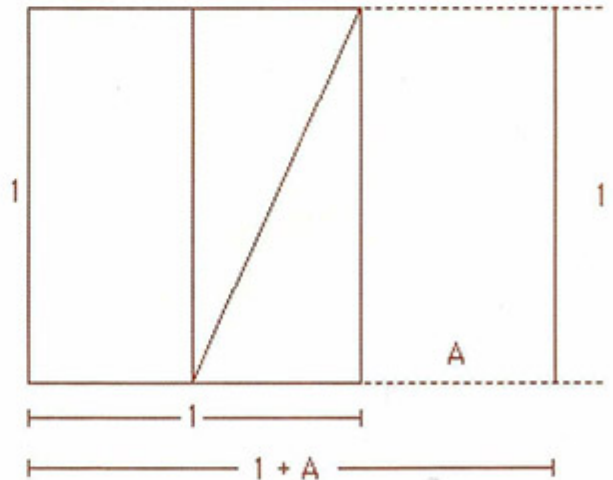
Podemos, pues, plantear una proporción entre los lados de estas figuras: el lado corto (de longitud 1) del rectángulo grande es al lado largo (de longitud 1 + A), como el lado corto del rectángulo pequeño (de longitud A) es a su lado largo (de longitud 1):

$$1 : (1 + A) :: A : 1$$

Multiplicando los medios y los extremos de esta proporción, llamada *proporción áurea*, obtenemos la ecuación:



**Figura 5.** *Un cuadrado y dos rectángulos.*



**Figura 6.** *Un nuevo rectángulo grande y uno pequeño.*



Figura 7.  
Mansión  
parisiense  
diseñada por  
Le Corbusier.

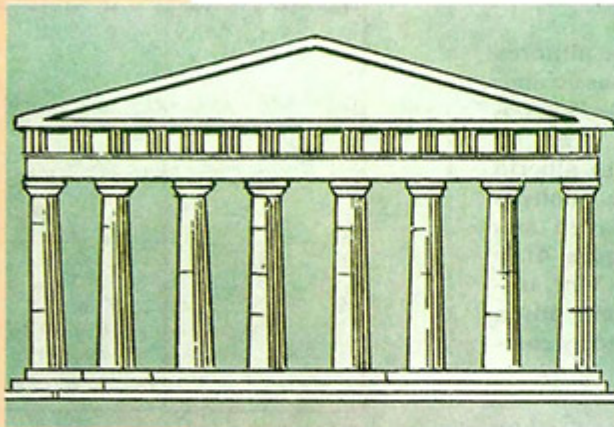


Figura 8.  
El Partenón  
enmarcado en  
un rectángulo  
áureo.

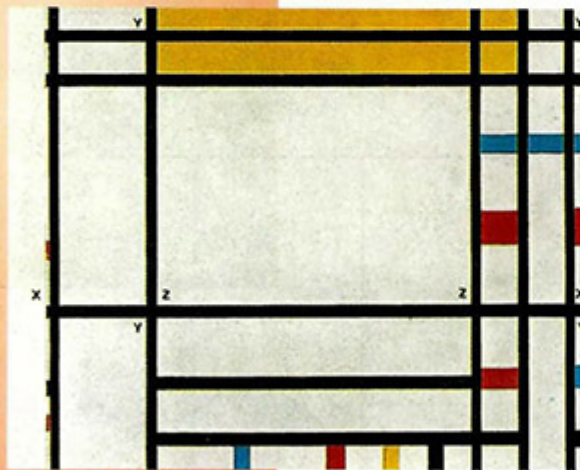


Figura 9.  
Un cuadro de  
Piet Mondrian  
con rectángulos  
áureos.



Figura 10.  
San Jerónimo.  
Oleo de  
Rembrandt.

$$A + A^2 = 1$$

o también, después de reordenarla:

$$A^2 + A - 1 = 0$$

Una solución de esta ecuación es la sección áurea A, llamada también *número áureo*:

$$A = (\sqrt{5} - 1) / 2 = 0,618\dots$$

Dicho de otra manera, los lados cortos de un rectángulo áureo tienen de largo muy aproximadamente el 61,8% de la longitud de sus lados largos. De alguna manera, nuestro cerebro detecta esta proporcionalidad entre los lados de los rectángulos áureos, sintiéndola con una sensación estética especial, que ha atraído a los artistas desde hace siglos.

El célebre arquitecto Le Corbusier utilizó la sección áurea en una hermosa mansión en los suburbios de París (figura 7).

Si se enmarcan las ruinas del Partenón de Atenas en un rectángulo, resulta ser aproximadamente un rectángulo áureo (figura 8). ¿Pura coincidencia?

Muchos artistas han utilizado conscientemente la sección áurea en sus composiciones, y muchos críticos de arte han buscado y medido proporciones en muchas otras composiciones pictóricas, en las que han creído encontrar la sección áurea (figuras 9 y 10). Convirtámonos nosotros también, como esos críticos, en buscadores de matemáticas en las artes.

## La magia de Maurits Escher

Hay un pintor que llevó a su perfección la utilización de las matemáticas en el arte. Es el holandés Maurits Escher, quien nos legó la más apasionante colección de grabados, litografías, plumillas y acuarelas que presenta la historia del arte como matemáticas, o de las matemáticas como arte. Teselaciones o embañosados del plano, grupos cristalográficos, rotaciones, reflexiones y proyecciones de todo tipo, hacen de sus cuadros una exhibición de deslumbrantes fuegos artificiales de las matemáticas hechas artes plásticas (figura 11).

## La matemática como arte

Pero no sólo busquemos arte en las matemáticas y matemáticas en el arte. Podemos también practicar las matemáticas como arte. Por ello sostengo que las matemáticas como quehacer humano pueden volverse profundamente satisfactorias, y aun apasionantes, porque están más cerca de las artes que de las ciencias. En efecto, los verdaderos matemáticos practican sus matemáticas como un arte.

Los que las practican como una mera ciencia formal se quedan en una artesanía de símbolos, en una monótona escritura de fórmulas. Pero eso los condena a ser sólo repetidores de matemáticas inventadas por los matemáticos creativos. Nunca serán ellos mismos verdaderos creadores de matemáticas. No saben lo que se pierden, así sea sólo por la sensación estética profunda de crear nuevas matemáticas.

Porque la actitud del matemático creativo se parece más a la del artista. Se trata de dejar flotar la imaginación en las horas de soñar despierto; de seguir las nubes en su vagar multiforme en los crepúsculos; de oír atentamente la regularidad

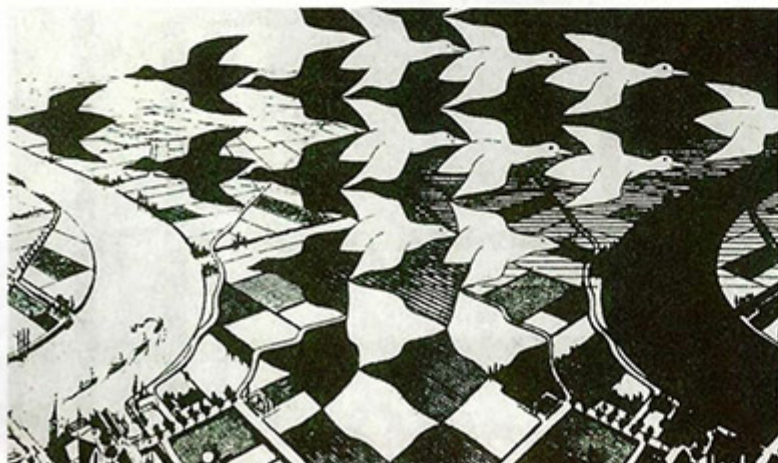
de las olas del mar contra la playa o de los silbos del viento en la arboleda; de perseguir sin cesar las conjeturas, los bocetos, las quimeras, los modelos, hasta que, de pronto, surja la inspiración con su luz deslumbrante.

Así sea en el placer de redescubrir algo ya descubierto, en el de reconstruir algo ya construido, y mejor todavía en el de inventar algo nuevo, la emoción estética de la captación súbita de una solución, de una variación, de una definición alterna o de una demostración nueva, es lo que hace de la práctica diaria de las matemáticas algo más cercano al arte, una actividad humana plena y profundamente satisfactoria.

No tenemos en español una buena palabra para traducir aquella vivencia profunda que los alemanes llaman "vivencia del ajá" ("Aha-Erlebnis"), y que los griegos caracterizaron con la famosa exclamación de Arquímedes: "Eureka". Los ingleses tienen un nombre para ella: "insight". En español no tenemos una buena traducción para nombrar ese chispazo maravilloso que produce una emoción estética inenarrable. ¿Será porque lo hemos sentido tan pocas veces? ¿Será porque nuestros maestros no lo sintieron nunca o al menos nunca nos enseñaron a sentirlo? Por eso tal vez tenemos ese vacío en nuestra lengua: porque no hemos necesitado ponerle nombre a ese instante creativo y embriagante.

Por ello no es extraño que la mayoría de las personas hayan adquirido en la escuela esa enfermedad casi incurable que Papert bautizó con el nombre de "matofobia". Se requeriría un nuevo tipo de psiquiatras que pudieran curar a quienes ya la han adquirido. Pero si los profesores y maestros vivieran y enseñaran las matemáticas como arte, todos podríamos vivir esa experiencia creativa, y tal vez muchos de los artistas serían también matemáticos, muchos de los matemáticos artistas, y todos podríamos ser al menos buenos aficionados a ambas cosas.

Figura 11. El día y la noche. Grabado de Maurits Escher.



### Notas

1. Las notas de esa conferencia fueron publicadas por el Ministerio de Educación Nacional en 1984, en el tomo 1 de *Un nuevo enfoque para la didáctica de las matemáticas*, pp. 100-105, y aparecieron luego con ilustraciones en un librito mío titulado *El enfoque de sistemas en la enseñanza de la matemática*, pp. 42-51, Editorial Norma, Bogotá, 1986. Este artículo retoma varias de las ideas de esa última publicación.
2. Goodman N: *Ways of worldmaking*. Hackett Publ. Co., Indianapolis-Cambridge, 1978.
3. Wechsler J (ed.): *La estética de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica México, 1982.

**SU EMPRESA TIENE M**



# MUCHO QUE MOSTRAR

## DEJE QUE SU EMPRESA ESTE ENTRE LAS MEJORES Y EN LAS MEJORES CONDICIONES.

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

Venga a **EXPOCIENCIA**  
Y **EXPOTECNOLOGIA 95**.

Una Feria única, que le da la oportunidad de encontrarse con un público selecto y un alto número de compradores.



# EXPO CIENCIA TECNOLOGIA /95

HAY QUE VER, PARA CREER



Mayores Informes:

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

Tels.: 221 3313 - 221 7348 - 221 9281 Fax: 221 6950  
Cra. 50 No. 27-70 Módulo 3 Santafé de Bogotá, D.C.

The image features a hand in silhouette holding a pen, pointing towards the right. The background is a gradient of blue and purple, with a faint, glowing circular shape in the upper left. A dark grey horizontal bar is positioned across the top, containing the text 'Aspectos molecul'.

# Aspectos molecul

Nu  
dia

---



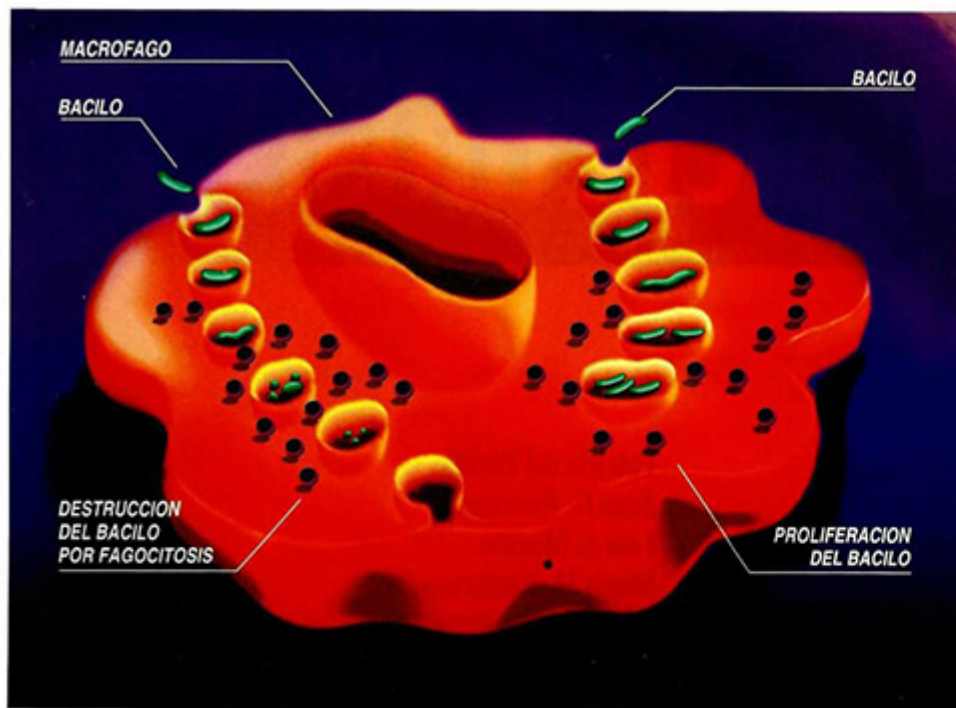
# res en la tuberculosis

Patricia del Portillo,  
Juan G. Rodríguez,  
Luis A. Murillo,  
María M. Zambrano,  
Manuel Elkin Patarroyo  
Departamento de Biología Molecular,  
Instituto de Inmunología,  
Hospital San Juan de Dios,  
Universidad Nacional de Colombia

## Panorama epidemiológico

**L**as enfermedades infecciosas se sitúan actualmente como la mayor causa de mortalidad en el mundo, por encima de las enfermedades cardiovasculares y el cáncer. En 1991 la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó 4,5 millones de muertes en niños por infecciones respiratorias agudas, 3,5 millones de muertes debidas a enfermedades diarreicas y cerca de 1 millón de muertes por malaria. A estas cifras se debe sumar un estimativo de 1,5 millones de muertes acumulativas por el síndrome de inmunodeficiencia humana adquirida (sida). Lo más sorprendente de todo y lo que ha constituido una realidad por casi todos olvidada es que dentro de las enfermedades infecciosas la tuberculosis es la causa principal de mortalidad en el mundo. Los últimos informes disponibles de la OMS (1992) muestran que anualmente se presentan 8 millones de casos nuevos de tuberculosis, de los cuales alrededor de 2,5 millones fallecen. El panorama mundial no parece alentador, ya que se predicen 30 millones de muertes debidas a tuberculosis en la década de los noventa. La tuberculosis, considerada hasta hace poco tiempo una enfermedad de los países en vía de

evo método  
gnóstico



**Figura 1.** Los macrófagos son las primeras células del sistema inmune en enfrentarse al bacilo de la tuberculosis. De acuerdo a la virulencia del bacilo, éste puede ser destruído en el fagolisosoma o puede sobrevivir y multiplicarse.

desarrollo, se ha convertido en una amenaza a nivel mundial como lo muestran las cifras expuestas. En los países desarrollados se ha presentado un incremento vertiginoso en los últimos ocho años; sólo en los Estados Unidos la incidencia de tuberculosis ha aumentado en un 20% desde 1985 y en Europa las cifras no se quedan atrás<sup>1</sup>.

Colombia no es ajena a esta realidad. En nuestro país la enfermedad siempre se ha considerado un problema de salud pública. A pesar de los escasos datos epidemiológicos de que disponemos, el programa de control de tuberculosis del Ministerio Nacional de Salud muestra que la tasa de incidencia anual de esta enfermedad ha fluctuado en los últimos 10 años entre 30 y 50 por cada 100.000 habitantes<sup>2</sup>.

Entre los factores que han contribuido al resurgimiento de la tuberculosis en la última década están sin lugar a dudas: a) la asociación con el síndrome de inmunodeficiencia adquirida; b) la controvertida eficacia del método inmunoprolifáctico existente: la vacuna del BCG o bacilo de Calmette y Guérin; c) la aparición de cepas multirresistentes a drogas en los últimos años; d) la carencia de métodos diagnósticos rápidos y específicos, que permitan la identificación de individuos infectados en las etapas iniciales de la enfermedad.

Este espectro epidemiológico ha permitido definir tres grandes prioridades de investigación en tuberculosis:

1. Descifrar los mecanismos moleculares involucrados en la interacción hospedero-patógeno, lo que conduciría a un diseño racional

de nuevas vacunas y estrategias adecuadas de control.

2. Definir las bases moleculares de la resistencia a drogas, para iniciar tratamientos eficaces contra la enfermedad en el menor tiempo posible.

3. Desarrollar nuevos métodos diagnósticos rápidos y sensibles para su detección temprana.

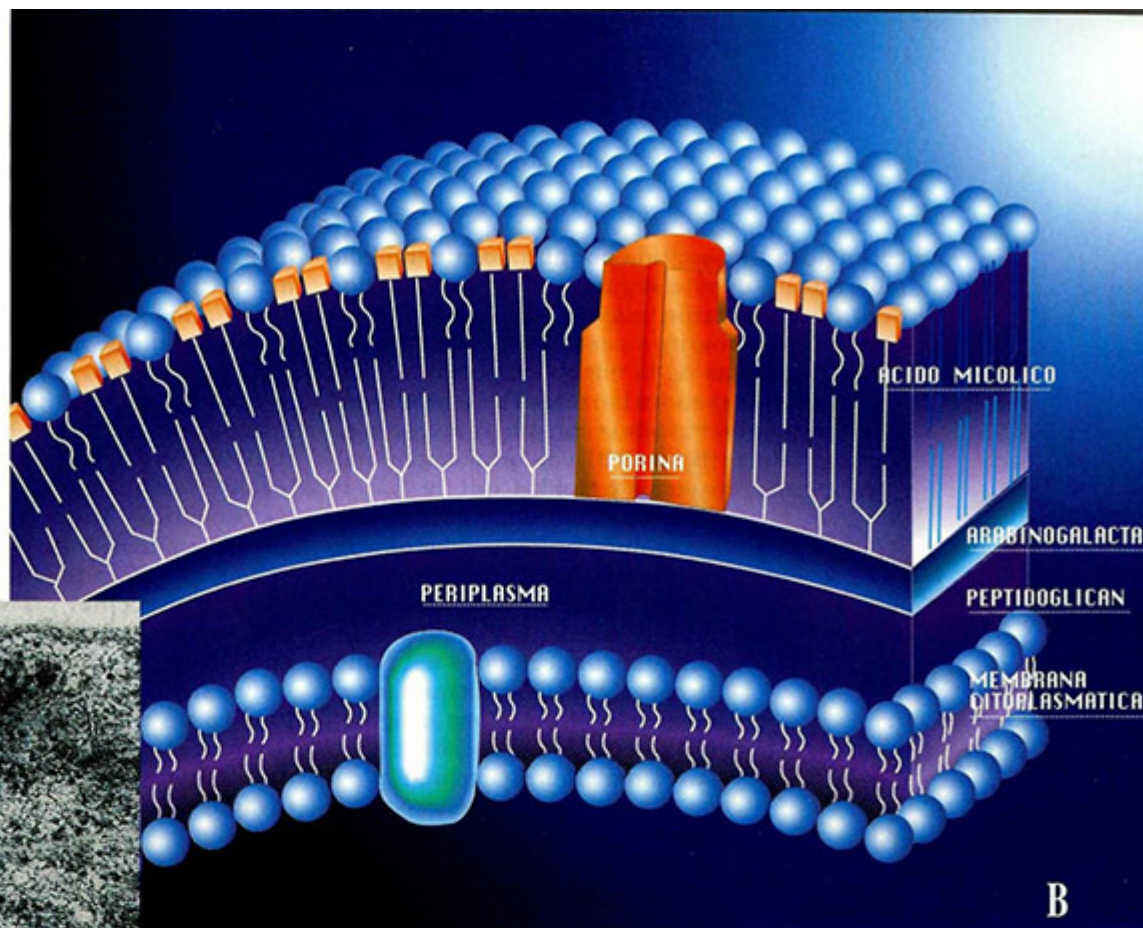
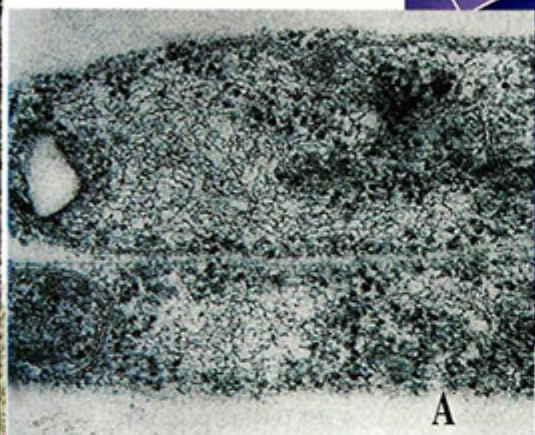
Se espera que en su conjunto los resultados de estas investigaciones lleven a un control eficiente y a una posible erradicación de la enfermedad. En este sentido el presente artículo se propone dos objetivos fundamentales: en primer lugar, describir el estado actual de las investigaciones en biología molecular del bacilo de la tuberculosis, y en segundo lugar exponer los resultados obtenidos por nosotros en

el Instituto de Inmunología del Hospital San Juan de Dios, a partir de la identificación de una proteína especie-específica del *Mycobacterium tuberculosis*, a la que hemos denominado MTP40, que nos ha permitido desarrollar un nuevo método de diagnóstico molecular más rápido y efectivo de la tuberculosis, lo cual puede conducir en un futuro no muy lejano a la elaboración de una vacuna sintética contra esta enfermedad.

## Características de la tuberculosis

La tuberculosis es una enfermedad transmisible en la cual es necesario distinguir entre infección y enfermedad. En la mayoría de los casos cuando se inhala el bacilo de la tuberculosis éste es fagocitado por los macrófagos alveolares, dentro de los cuales puede ser destruído o puede sobrevivir y multiplicarse por un tiempo limitado. Lo más frecuente es que en un lapso de dos a cuatro semanas, el sistema inmune celular del individuo lleve a la muerte de la mayor parte de los bacilos y por tanto al control de la infección; este primer contacto con el bacilo normalmente transcurre sin síntomas clínicos. Sin embargo, en algunos individuos este microorganismo permanece viable en un estado latente, que por diversos motivos puede reactivarse y causar la enfermedad (figura 1).

La enfermedad, ya sea por reactivación o por una nueva infección, se caracteriza porque el bacilo se disemina desde su foco primario por las vías linfáticas o sanguíneas a otras partes



**Figura 2.**  
**A.** Microfotografía electrónica del bacilo de la tuberculosis.  
**B.** Estructura de su compleja pared celular.

del cuerpo, preferencialmente a otras partes del pulmón. Allí comienza a multiplicarse en forma activa y produce necrosis sólida caseosa conocida como el tubérculo, de donde la enfermedad deriva su nombre. En caso de que la necrosis no pueda ser controlada por el sistema inmune, se produce una cavidad que se expande y se rompe en los bronquios, permitiendo que un gran número de bacilos se eliminen al toser. Esta reacción inflamatoria es la responsable de los síntomas clínicos característicos de la enfermedad como son debilidad, fiebre, dolor, tos y, cuando se rompe un vaso sanguíneo, el esputo con sangre. Si la tuberculosis no se trata, la mortalidad oscila entre el 40% y el 60%. Sin embargo, la introducción de antibióticos ha llevado a un control eficiente de esta enfermedad, si bien hoy día existen pocos antibióticos efectivos contra la tuberculosis y el tratamiento más utilizado es la combinación de isoniazida, rifampicina y pirazinamida administrados durante un período de seis meses.

## El bacilo de Koch

El agente causal de la tuberculosis humana es una bacteria conocida científicamente como *Mycobacterium tuberculosis* (figura 2A) y

fue descubierta en el año 1882 por el médico alemán Robert Koch. A pesar de que fue el primer microorganismo identificado como causante de una enfermedad en el humano, hace más de 100 años, poco es lo que se ha avanzado en el conocimiento de su biología y de los mecanismos moleculares involucrados en su interacción con el hospedero. Aunque el campo de la genética bacteriana se inició hace aproximadamente 40 años, los primeros trabajos en genética molecular de este microorganismo no comenzaron sino hasta 1985. Desde entonces el avance ha sido vertiginoso pero aún es mucho lo que nos falta por conocer; por ejemplo, en el simposio de mecanismos moleculares de tuberculosis realizado en febrero de 1995 en Estados Unidos se comprobó que desconocemos los mecanismos moleculares que gobiernan procesos como supervivencia, invasión y virulencia, y se informó que se conoce sólo el 5,5% del material genético de esta micobacteria.

¿Por qué se conoce tan poco de un microorganismo que es la causa principal de mortalidad en el mundo? Entre las muchas razones que explican estos vacíos en nuestro conocimiento podríamos mencionar la falta de presupuesto de investigación en los países industrializados, para los cuales la tuberculosis no fue un problema de salud sino hasta hace algunos años; el hecho de ser una enfermedad

**D**entro de las  
enfermedades  
infecciosas  
la tuberculosis  
es la causa principal  
de mortalidad  
en el mundo.

---

---

contagiosa transmitida por aire, lo que implica laboratorios de alta seguridad para su manejo; pero quizá la razón más importante y lo que hace más fascinante su estudio son las propiedades biológicas de la micobacteria en sí.

Una de las grandes barreras en el estudio del bacilo de la tuberculosis la constituye su compleja pared celular (**figura 2B**), conformada por una gruesa capa de ceras y lípidos que la hacen impermeable a la gran mayoría de agentes antimicrobianos y le confieren resistencia a muchos agentes proteolíticos. Esto hace muy difícil el estudio de sus componentes subcelulares así como la caracterización bioquímica y molecular de proteínas antigénicas o moléculas asociadas a su pared o membrana celular.

Otra de sus características sobresalientes es que a diferencia de otras bacterias como *Escherichia coli*, las cuales forman una colonia visible sobre medios de cultivo en ocho horas, la micobacteria crece lentamente y esto se refleja en la obtención de una colonia en un período de entre 4 y 6 semanas, hecho que las hace poco atractivas para estudios genéticos.

### Biología molecular

Las técnicas modernas de la biología molecular han constituido una herramienta poderosa para la investigación de este complejo microorganismo. Gracias a esta tecnología se ha logrado conocer la estructura primaria o secuencia de aminoácidos de aproximadamente 20 proteínas del bacilo, lo cual ha contribuido a determinar la función de algunas de ellas, como las proteínas de estrés térmico, enzimas como la superóxido dismutasa, la catalasa, la alanina deshidrogenasa, proteínas de unión a fibronectina como el complejo 85, entre otras<sup>3</sup>.

Otro campo de investigación, en el que están involucrados científicos de todo el mundo y en el cual la biología molecular es la herramienta más poderosa, lo constituye la búsqueda de genes de virulencia del bacilo. Infortunadamente y a diferencia de otros patógenos bacterianos, no tenemos hasta el momento ninguna clave de los mecanismos empleados por el *M. tuberculosis* para causar enfermedad en el humano. Sin embargo se tienen algunas

luces al respecto; por ejemplo, se sabe que este microorganismo es capaz de invadir activamente a los macrófagos, una de las células del sistema inmune encargadas de eliminar a los agresores o antígenos. Esta penetración dentro de las células fagocíticas está mediada por un sistema receptor-ligando y sabemos en la actualidad que una de las moléculas receptoras, localizada en la membrana celular de las células fagocíticas humanas, es el CR3, un receptor normal para uno de los factores del complemento. ¿Cuál es la molécula del bacilo que se liga a este receptor y dónde está localizada?, es una pregunta que hasta ahora no tiene respuesta. En 1992 el grupo de Lee Riley de la Universidad de Cornell, en Estados Unidos, publicó un trabajo elegante de genética molecular en el cual se identificó la secuencia parcial de aminoácidos de una proteína capaz de invadir células. Aunque en ese momento se creyó que se estaba ante el «primer gen» de virulencia del *Mycobacterium tuberculosis*, estos informes no han podido ser confirmados de manera concluyente<sup>4</sup>. *M. tuberculosis* no sólo invade a los macrófagos sino que es capaz de sobrevivir dentro de estas células. Por desgracia tampoco sabemos cuáles proteínas puedan estar involucradas en esta supervivencia intracelular.

Las técnicas de biología molecular también han contribuido a entender los mecanismos moleculares de la resistencia a drogas, una de las áreas de mayor investigación en la actualidad, ya que el incremento en la incidencia de la enfermedad junto con la aparición de cepas resistentes podrían llevar a una verdadera epidemia de tuberculosis. Los avances a este respecto, aunque escasos, son muy promisorios. El grupo de Stewart Cole en el Instituto Pasteur determinó que cambios en una base nitrogenada del ADN del gen que codifica para la ARN polimerasa (la enzima encargada de transcribir el código genético), están asociados con resistencia a rifampicina, una de las drogas empleadas para el tratamiento antituberculoso<sup>5</sup>. Recientemente se ha identificado un gen involucrado en la susceptibilidad a la isoniazida, el antibiótico más utilizado en el tratamiento antituberculoso. Este gen, conocido como *inhA*, codifica para una proteína que probablemente interfiere en la biosíntesis de ácidos micólicos característicos de la pared celular micobacteriana. El gen funcional sería uno de los blancos de la isoniazida y el microorganismo sería susceptible al tratamiento, de manera que variaciones en la secuencia de nucleótidos del *inhA* se verían reflejadas en cepas resistentes al antibiótico.

Otro mecanismo molecular que ha sido identificado en la resistencia a drogas lo constituye el gen de la catalasa-peroxidasa *katG* del bacilo. Estudios de ingeniería genética han demostrado que cepas de *M. tuberculosis* resistentes a isoniazida presentan deleciones, pérdida de material genético, de este gen<sup>6</sup>. Todos estos avances científicos están mostrando que en la resistencia a drogas no hay un mecanismo único involucrado, sino que por el contrario es la interacción de una red compleja, en la cual interviene el producto de varios genes, lo que conduce a la multiresistencia a drogas, uno de los problemas más serios que enfrentamos hoy en día.

## Nuestra aproximación al problema

En el Instituto de Inmunología del Hospital San Juan de Dios, conscientes de que nuestro deber es tratar de resolver los problemas de salud más comunes en nuestro país, hemos venido trabajando en el campo de la tuberculosis desde hace muchos años. La estrategia que hemos desarrollado ha sido la identificación de proteínas exclusivas o especie-específicas del bacilo tuberculoso, con la idea de que es en estas moléculas donde probablemente residen muchas de las claves responsables de la patogenicidad y virulencia del microorganismo. Una vez identificadas estas proteínas, se caracterizan y posteriormente este conocimiento se aplica para llegar al desarrollo de una nueva vacuna mediante la utilización de péptidos sintéticos o tecnologías de ADN recombinante, o para la obtención de métodos de diagnóstico rápidos y seguros de la tuberculosis.

En este artículo presentamos los resultados de nuestra investigación en una de estas proteínas, la que hemos denominado **MTP40**, y mostramos cómo la aplicación de este estudio ha llevado al desarrollo de un nuevo método diagnóstico para la tuberculosis.

Antes de entrar a describir el trabajo que hemos desarrollado en el diagnóstico molecular de la tuberculosis, queremos presentar algunas consideraciones acerca de por qué nos involucramos en esta investigación.

Llegar al diagnóstico definitivo del agente etiológico de la tuberculosis no es un proceso rápido; para ello existen dos métodos rutinarios

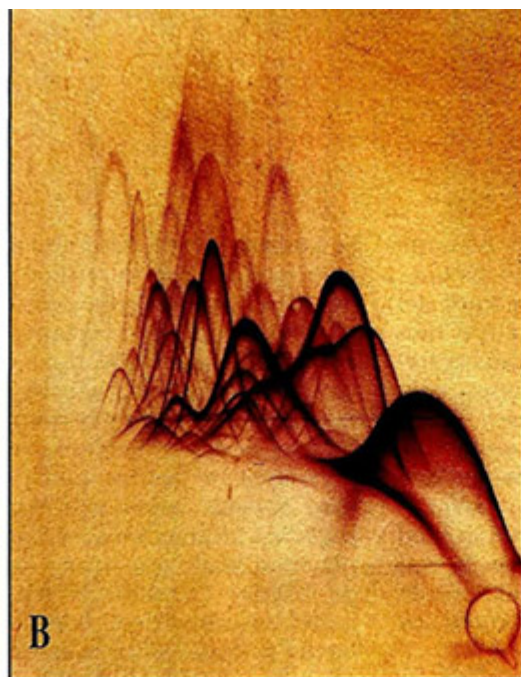
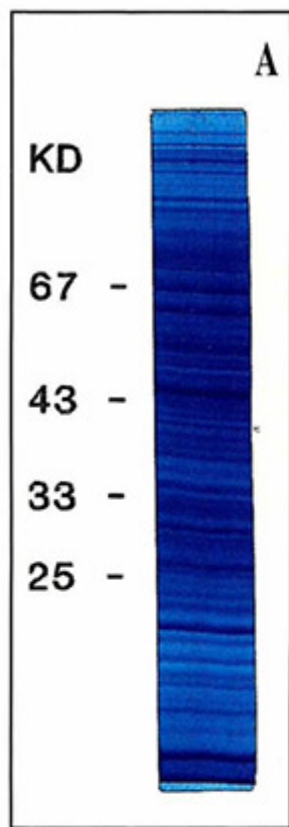
empleados en el laboratorio clínico: 1. el método microscópico y 2. el aislamiento del microorganismo en medios selectivos de cultivo.

El método microscópico utiliza la tinción conocida como Ziehl Neelsen, que explota la característica de ácido-alcohol resistencia de la micobacteria, dada por la compleja pared celular que es capaz de retener el colorante aun en presencia de ácidos fuertes. Esta técnica es muy rápida, toma sólo unos minutos, pero presenta limitaciones inherentes a la microscopía en sí, dado que se requiere un número alto de bacilos (10.000/ml) en la muestra para poder visualizarlos. Por otra parte, no todo bacilo ácido-alcohol resistente es *M. tuberculosis* y por tanto el diagnóstico confirmatorio

viene dado por el aislamiento del microorganismo en medios selectivos. Esta tarea es muy lenta porque, tal como se mencionó anteriormente, *M. tuberculosis* es un microorganismo de crecimiento lento, que toma entre 24 y 72 horas para duplicar su material genético. Como resultado de esto, el crecimiento visible al ojo humano demora un lapso de tiempo variable entre 3 y 8 semanas. Una vez el bacilo ha sido observado en el medio de cultivo, es necesario además someterlo a reacciones bioquímicas para diferenciarlo de otras micobacterias y poder finalmente reportarlo como *M. tuberculosis*, diagnóstico que demora alrededor de 4 semanas. La lentitud del diagnóstico definitivo

**Una de las prioridades de la investigación en tuberculosis es el desarrollo de nuevos métodos diagnósticos rápidos y sensibles para su detección temprana.**

no sólo retarda el inicio del tratamiento, lo que revierte en detrimento del paciente, sino que también favorece la dispersión de la enfermedad a individuos sanos, por ser la tuberculosis una enfermedad contagiosa transmitida por aire. Por estas razones no resulta difícil entender por qué una de las prioridades en la investigación en tuberculosis es el desarrollo de nuevos métodos diagnósticos rápidos y sensibles que permitan un control efectivo de la enfermedad.



**Figura 3.**  
Proceso de aislamiento y reconocimiento de la MTP40, una proteína exclusiva del *Mycobacterium tuberculosis*.  
A. Electroforesis de las proteínas del bacilo.  
B. Anticuerpos contra cada una de ellas.  
C. Aislamiento de la proteína MTP40.  
D. Inmuno-electroforesis contra la proteína MTP40.

### MTP40, una proteína especie-específica del *M. tuberculosis*

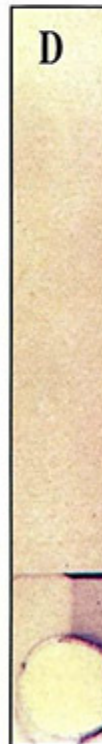
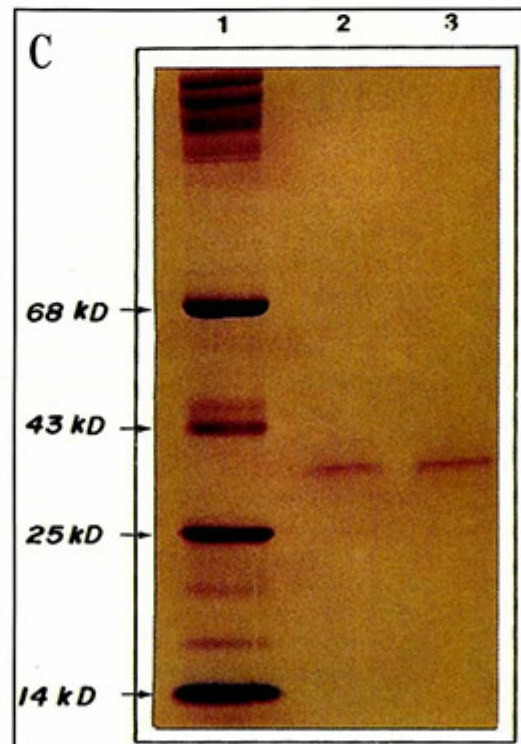
Para comenzar nuestros estudios se hizo un extracto proteico y se separaron las proteínas en geles de poli-acrilamida. Cada una de las bandas que se observan en la **figura 3A** corresponde a una proteína diferente del bacilo. La complejidad antigénica de la micobacteria se evidencia al inocular animales de experimentación con este extracto proteico; el sistema inmune de estos animales reconoce como extrañas estas proteínas y genera anticuerpos específicos contra cada una de ellas. Esto se puede visualizar fácilmente en la electroforesis cruzada de la **figura 3B**, en la cual cada una de las campanas representa una reacción antígeno-anticuerpo. Sin embargo, muchos de estos antígenos son compartidos con otras especies de micobacterias. ¿Cómo, dentro de este sinnúmero de antígenos, podíamos identificar aquel que fuera específico del *M. tuberculosis*?

Para lograr nuestro objetivo decidimos entonces emplear la inmunquímica, y trabajar con el microorganismo más relacionado con el bacilo de la tuberculosis: el *Mycobacterium bovis* BCG, con el cual comparte más del 98% de sus características. Para tal fin, las proteínas de *M. tuberculosis* y de *M. bovis* fueron separadas mediante electroforesis y luego puestas a reaccionar con el suero de pacientes afectados de tuberculosis. Esta aproximación al

problema nos permitió identificar, entre otras, una proteína antigénica con un peso molecular aproximado de 40.000 daltons, la cual era reconocida exclusivamente en el extracto proteico de *M. tuberculosis*. Nos dedicamos entonces a la tarea de aislar esta proteína y, como se puede observar en la **figura 3C**, finalmente logramos obtenerla con un alto grado de pureza. La MTP40, nombre que le asignamos a este antígeno, fue de nuevo inoculada en conejos con el fin de producir un anticuerpo específico que nos sirviera como herramienta para estudios futuros. Como resultado de ello, el suero del conejo inmunizado reacciona ahora exclusivamente con la MTP40, lo que permite identificarla dentro de la infinidad de antígenos de la micobacteria (**figura 3D**).

### Caracterización molecular de la MTP40

Cuando una célula, en este caso la micobacteria, va a fabricar una proteína, lo primero que hace es desenrollar la doble espiral del ácido desoxirribonucleico (ADN) y copia la secuencia del fragmento que tiene la información (el gen) para dicha proteína en una molécula conocida como ácido ribonucleico (ARN); esta molécula se localiza entonces en estructuras subcelulares llamadas ribosomas en donde las



# La MTP40 es la primera proteína especie-específica del *Mycobacterium tuberculosis* que se ha aislado e identificado.

letras del código genético, es decir, sus bases nitrogenadas adenina, timina (uracilo), guanina y citosina son interpretadas y traducidas en lenguaje de aminoácidos que se combinan para dar origen a una proteína determinada.

Para poder llegar a conocer el fragmento de ADN que estaba codificando para la MTP40, dentro de los cuatro millones de bases aproximadamente que conforman el genoma micobacteriano, el primer paso fue la construcción de lo que denominamos una genoteca, que como su nombre lo indica es una biblioteca de genes, una colección de fragmentos de ADN del bacilo introducidos en elementos transportadores (bacteriófagos y/o plásmidos) mejor conocidos como vectores, los cuales tienen la capacidad de duplicarse en una célula hospedera fácilmente manipulable como la *Escherichia coli*. De esta forma, el fragmento insertado de ADN micobacteriano es magnificado millones de veces, con lo que puede ser estudiado fácilmente. Aparte de esto, el vector que empleamos para la construcción de la genoteca tiene la capacidad de expresar la proteína codificada por el fragmento genómico insertado. Nosotros aprovechamos esta característica y empleando el

anticuerpo específico anti-MTP40, generado en conejos, logramos identificar un clon que expresaba parte de la proteína. Estudios genéticos posteriores nos permitieron confirmar nuestras observaciones previas y concluir que estábamos ante la presencia de un fragmento de ADN exclusivo del bacilo tuberculoso. Mediante el empleo de diversas técnicas de biología molecular finalmente llegamos a la secuencia de nucleótidos del primer gen especie-específico de *Mycobacterium tuberculosis* informado<sup>7</sup>. Estudios inmunológicos de los péptidos sintéticos derivados de la proteína, han demostrado que en un futuro algunos de éstos

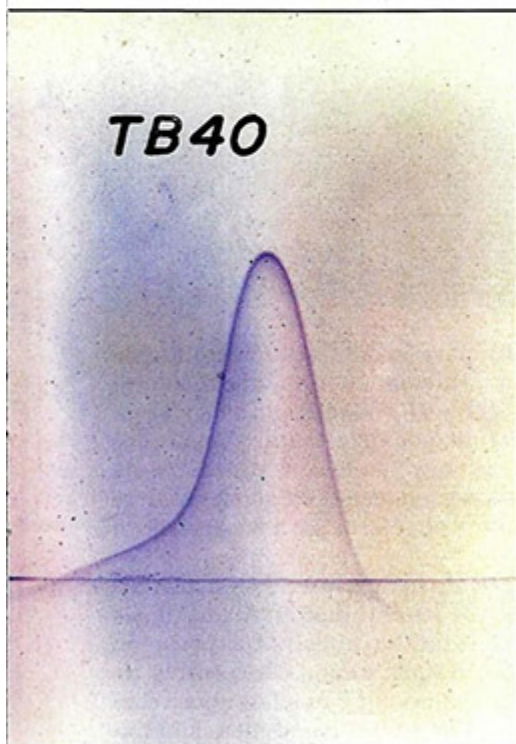
pueden ser incluidos en una posible vacuna sintética<sup>8</sup>.

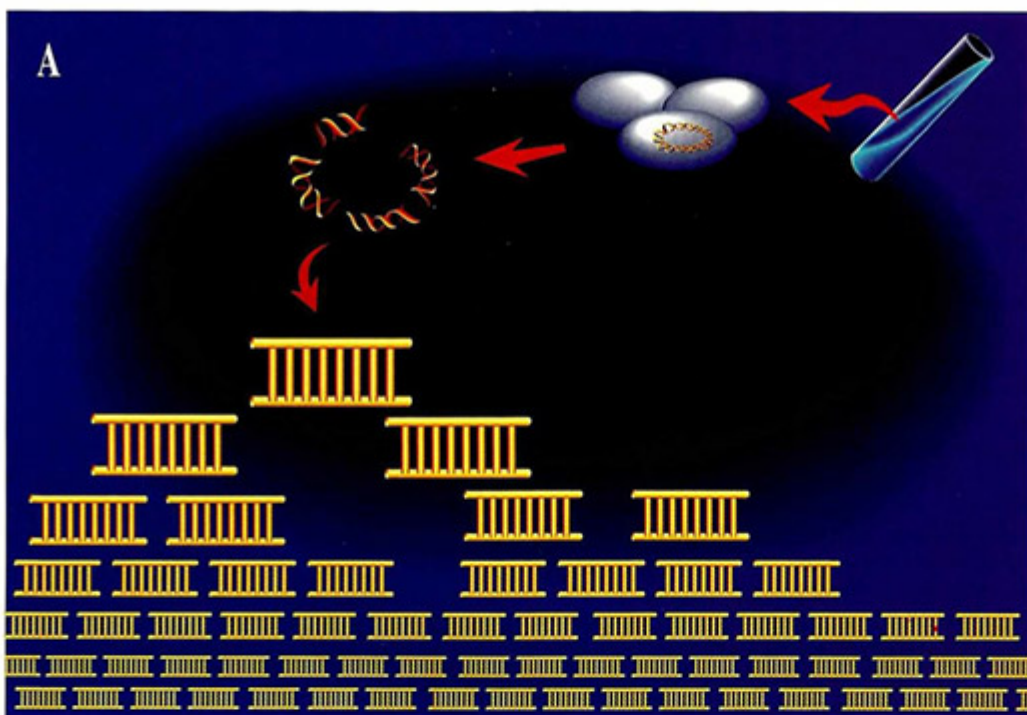
## Reacción en cadena de la polimerasa y la secuencia de la MTP40

Conscientes de haber identificado un gen o fragmento genómico capaz de diferenciar el *M. tuberculosis* del resto de micobacterias atípicas incluido el *M. bovis* BCG, decidimos utilizar los resultados de nuestra investigación y aplicarlos en el desarrollo de un método diagnóstico para la tuberculosis. Para lograr este objetivo empleamos

una metodología molecular conocida como la reacción en cadena de la polimerasa (polymerase chain reaction, PCR). La PCR es una técnica descrita en 1984 por el científico norteamericano Karl Mullis, por lo cual se le otorgó el Premio Nobel de Química<sup>9</sup>. Mediante esta tecnología se logra la amplificación *in vitro* de un fragmento específico de ADN; partiendo de una molécula de ADN se pueden obtener al final de la reacción 1.000.000 de copias idénticas de dicho fragmento. Esta es una herramienta poderosa en muchos campos de la investigación y en especial en el diagnóstico microbiológico, puesto que si se tiene un pedazo de ADN único en el microorganismo, puede ser amplificado y detectado directamente en las muestras clínicas. La técnica requiere un ADN blanco para ser amplificado, en este caso el ADN del bacilo tuberculoso; la presencia de iniciadores químicamente sintetizados en el laboratorio, que son secuencias cortas de ADN complementarias a la secuencia que se quiere amplificar; los cuatro nucleótidos adenina, timina, guanina y citosina, y una ADN polimerasa, la enzima que copia la molécula del ADN. La reacción se repite varias veces en un termociclador que permite cambios de temperatura en el menor tiempo posible (figura 4A).

Con la información de la secuencia del gen de la MTP40, diseñamos una reacción de PCR que amplifica un fragmento de un tamaño específico de 396 pares de bases únicamente cuando el ADN blanco es el de *M. tuberculosis*, lo que muestra su exquisita especificidad. Con esta técnica fuimos capaces de detectar el equivalente a dos bacilos, incrementando así la sensibilidad con respecto a los diagnósticos tradicionales en varios órdenes de magnitud. La reacción puede llevarse a cabo en muestras clínicas de diferen-





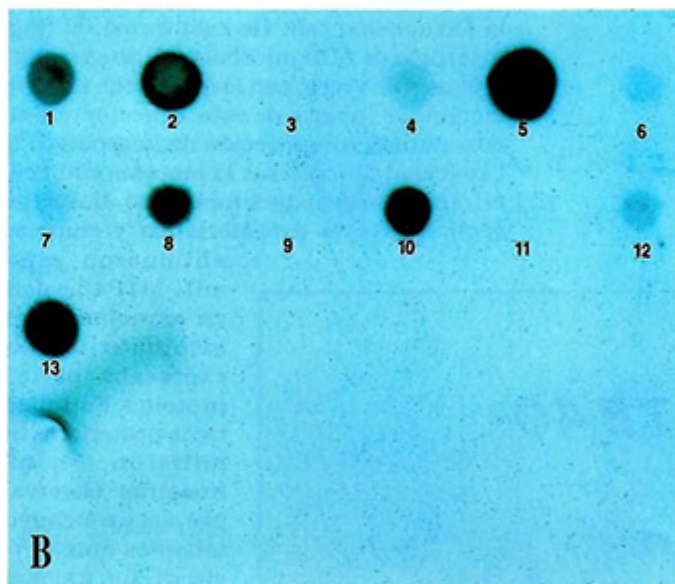
**Figura 4.**  
**A.** Partiendo de una secuencia de ADN del *Mycobacterium tuberculosis* se pueden obtener enormes cantidades de la misma, mediante la reacción en cadena de la polimerasa, en la cual se duplica el ADN en forma cíclica.

**B.** Identificación del bacilo en muestras clínicas de pacientes en quienes se sospecha tuberculosis. 1-5: esputo; 6-10: LCR; 11-12: orina; 13: Control positivo.

te origen biológico como esputo, orina, líquido cefalorraquídeo, sangre, etc., y el proceso completo se realiza en dos días, acortando así el tiempo requerido en el diagnóstico convencional de tuberculosis (figura 4B). Aunque esta no es la única reacción de PCR desarrollada para la identificación de *M. tuberculosis*, sí es la única capaz de diferenciar el bacilo tuberculoso de otras micobacterias estrechamente relacionadas como *M. bovis*<sup>10</sup>. La especificidad y sensibilidad de nuestra reacción ha sido confirmada en otros laboratorios del mundo. Actualmente estamos finalizando un estudio de evaluación clínica para poder demostrar su utilidad en el diagnóstico de tuberculosis.

## El futuro de la investigación

A pesar del olvido al que estuvieron sometidos los estudios moleculares del bacilo tuberculoso, hoy en día contamos con herramientas que nos permitirán en un futuro cercano conocer a fondo la biología intrínseca de este microorganismo. Se cuenta con vectores que permiten el traspaso y la manipulación del material genético de la micobacteria, con micobacteriófagos que son virus de micobacterias manipulados mediante ingeniería genética, los cuales están siendo utilizados para la detección temprana de cepas resistentes a drogas. Con estas tecnologías de punta hemos continuado los estudios de la



proteína MTP40, para lo cual se ha introducido el gen de esta proteína en una micobacteria atípica, no patógena, *Mycobacterium smegmatis*, con lo que pretendemos determinar si esta proteína está o no implicada en procesos de virulencia, o si la presencia de este gen le confiere resistencia a la micobacteria para sobrevivir en macrófagos.

Con este artículo hemos querido mostrar un panorama global de los estudios en tuberculosis y recapitular lo que ha sido nuestra colaboración en este campo. Aunque somos conscientes de que es mucho el camino que nos falta por recorrer, afortunadamente y tal como mencionába-

mos antes, el avance en el conocimiento del *M. tuberculosis* a nivel molecular en los últimos 10 años nos permite ser optimistas y es probable que en los próximos años podamos realmente llegar a desarrollar un control efectivo sobre

esta enfermedad que día a día cobra más vidas humanas.

### Bibliografía

1. Bloom BR, Murray CJL: Tuberculosis: Commentary on a reemergent killer. *Science* 1992; 257: 1055-1064.
2. Ministerio Nacional de Salud: Plan Nacional de Control de la Tuberculosis como problema de salud pública en Colombia. Ministerio Nacional de Salud, Bogotá, 1994.
3. Andersen AB, Brennan P: Proteins and antigens of *Mycobacterium tuberculosis*. In: Bloom Barry (ed.): *Tuberculosis: pathogenesis, protection and control*, Ch. 21: 307-322. ASM Press, Washington, D.C., 1994.
4. Arruda S, Bomfim G, Knights R, Huima-Byron T, Riley LW: Cloning of an *Mycobacterium tuberculosis* DNA fragment associated with entry and survival inside cells. *Science* 1993; 261: 1454-1457.
5. Banerjee A, Dubnau E, Quemard A, Balsubramanian V, Um KS, Wilson T, DeLisle G, Jacobs WR: *InhA*, a gene encoding a target for isoniazid and ethionamide in *Mycobacterium tuberculosis*. *Science* 1994; 263: 227-230.
6. Zhang Y, Heym B, Allen B, Young D, Cole S: Catalase-peroxidase gene and isoniazid resistance of *Mycobacterium tuberculosis*. *Nature* 1992; 358: 591-593.
7. Parra CA, Londoño LP, Del Portillo P, Patarroyo ME: Isolation, characterization and molecular cloning of a specific *Mycobacterium tuberculosis* antigen gene: identification of a species-specific sequence. *Infect Immun* 1991; 59: 3411-3417.
8. Falla JC, Parra CA, Mendoza M, Franco LC, Guzmán F, Forero J, Orozco O, Patarroyo ME: Identification of B and T cell epitopes within the MTP40 protein of *Mycobacterium tuberculosis* and their correlation with the disease course. *Infect Immun* 1991; 59: 2265-2273.
9. Saiki RK, Gelfand DH, Stoffel S, Sharf SJ, Higuchi R, Horn GT, Mullis KB, Erlich HA: Primer direct enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 1988; 239: 487-491.
10. Del Portillo P, Murillo LA, Patarroyo ME: Amplification of a species-specific DNA fragment of *Mycobacterium tuberculosis* and its possible use in diagnosis. *J Clin Microbiol* 1991; 29: 2163-2168.

# Premio Nacional al Mérito Científico

Septiembre 28 de 1995

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

## Categorías

### VIDA Y OBRA

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

### JOVEN INVESTIGADOR

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

### DIVULGACION DE LA CIENCIA

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

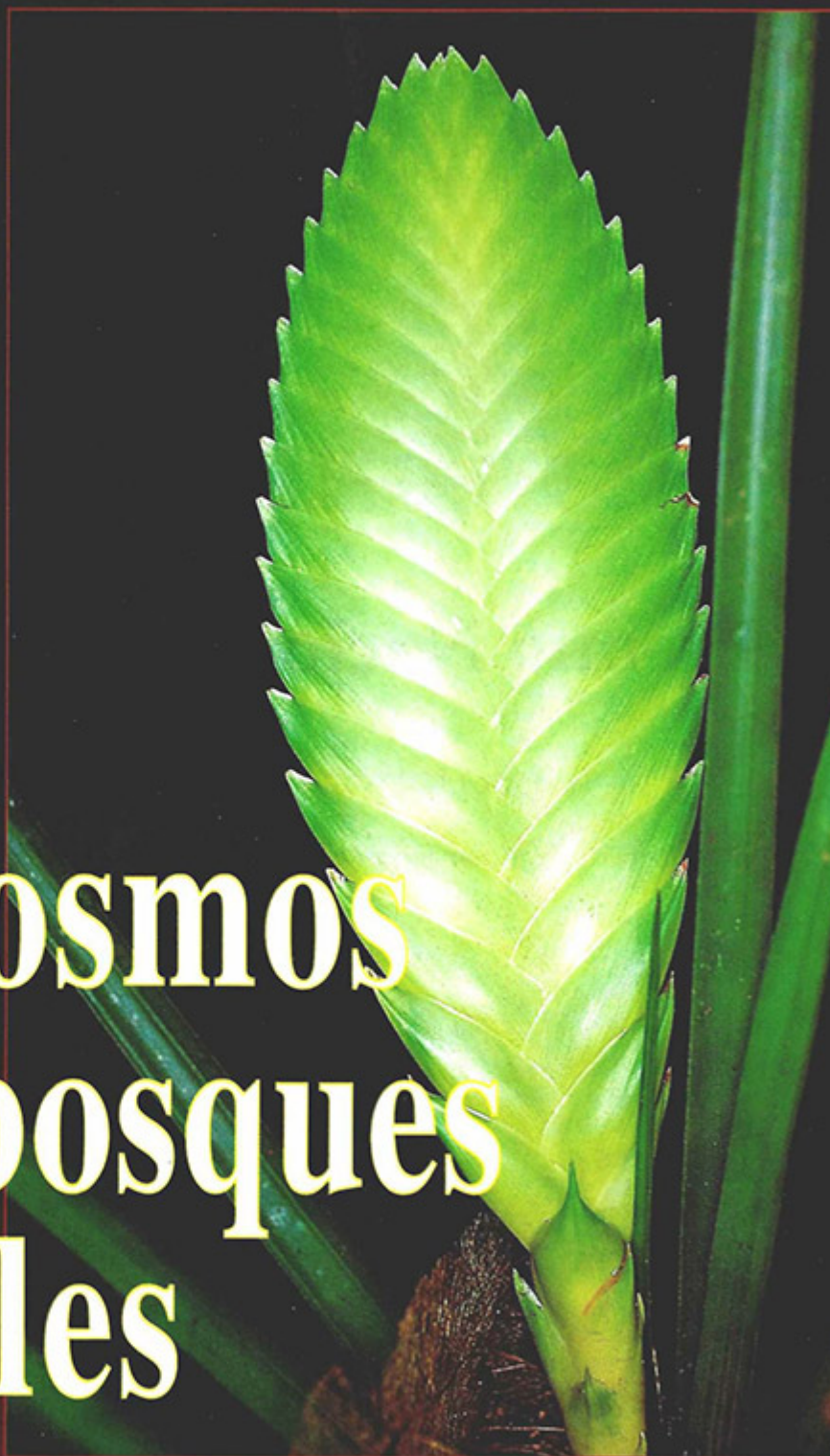
## Requisitos para la inscripción

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

Fecha límite para recepción de material: Agosto 7 de 1995

# Las bromelias epífitas

microcosmos  
de los bosques  
tropicales



**Angela Chaparro de Barrera**  
Bióloga M.Sc. Fisiología Vegetal  
Departamento de Biología  
Universidad Nacional

**Eduardo Barrera Torres**  
Biólogo M.Sc. Sistemática Vegetal  
Departamento de Biología  
Universidad Nacional

**L**a familia de las bromelias incluye especies terrestres y epífitas. Las primeras son plantas por lo general espinosas, adaptadas para crecer y desarrollarse en zonas secas. La especie más conocida es la piña, única de la familia que se explota comercialmente.

El otro grupo es el de las bromelias epífitas, conocidas con el nombre genérico de *quiches*. Crecen y desarrollan todo su ciclo vital sobre otra planta que les sirve de soporte mecánico. Las raíces son poco funcionales para la absorción de agua y nutrientes; el abastecimiento de estos elementos ocurre principalmente a través de las hojas, adaptadas para la función absorbente mediante una serie de estrategias especiales dentro del reino vegetal.

Podría decirse que las bromelias viven en función de evitar la pérdida de agua; para lograrlo, han desarrollado una serie de adaptaciones, entre las que se destaca su capacidad para almacenarla entre las hojas y/o dentro de los tejidos foliares; además, la mayoría de bromelias han evolucionado morfológica y funcionalmente para fijar el CO<sub>2</sub> durante la noche y disminuir al mínimo las pérdidas por transpiración.

En este artículo se busca presentar el grupo de las bromelias epífitas (quiches) y dar a conocer algunas características que garantizan su forma de vida. Estas especies siempre han cautivado al hombre; el encanto que las rodea se debe en parte a su forma, colorido e independencia del suelo para crecer. Dentro

del gran mosaico vegetal, constituyen uno de los grupos más oportunistas, con especies maravillosamente adaptadas, que a lo largo de su historia evolutiva desarrollaron relaciones para vivir sobre otras plantas y hacer simbiosis con otros organismos.

## ¿De qué depende el éxito de una bromelia como epífita?

El éxito de las bromelias como especies epífitas depende de dos condiciones:

1. La capacidad de alcanzar su posición sobre el hospedero. Se ha observado que durante la época seca, los frutos liberan cientos de semillas muy pequeñas, livianas y provistas de un aparato volador (**figuras 1A y 1B**), lo cual facilita su dispersión por el viento y permite su fijación sobre la corteza del forófito (árbol hospedero), cables de conducción eléctrica, piedras o techos de las casas. Otro mecanismo de diseminación se presenta en la especie *Tillandsia usneoides* (barbas de viejo); algunas aves utilizan segmentos de la planta para construir sus nidos; la epífita sobrevive al período de incubación de los polluelos y luego continúa su desarrollo.

2. El establecimiento de la semilla sobre el hospedero, bajo condiciones de humedad retenida en las sinuosidades de la madera y en los detritos y musgos presentes en la corteza, que crean las condiciones adecuadas para la germinación y estados iniciales de la plántula en desarrollo. Durante este período ocurre la rápida formación de raíces especializadas en anclaje al sustrato.

El crecimiento inicial de las plántulas es muy lento; el desarrollo se acelera durante la época de lluvias. En general las bromelias poseen los mecanismos para absorber agua fácil y rápidamente; no obstante, entre los miembros de la familia se presenta un amplio rango de variación por su resistencia a la sequía.

## ¿Cómo obtienen CO<sub>2</sub>, agua y nutrientes?

En los organismos autótrofos (aquellos que realizan fotosíntesis) se distinguen tres rutas para fijar el CO<sub>2</sub>. La primera se conoce como vía C<sub>3</sub>, porque el receptor inicial del CO<sub>2</sub> es un ácido de tres carbonos (ácido fosfoglicérico). Otra ruta se denomina vía C<sub>4</sub>, porque el producto es el ácido oxalacético de cuatro carbo-

nos. La fijación del  $\text{CO}_2$  en las vías  $\text{C}_3$  y  $\text{C}_4$  ocurre durante el día, pero la última es más eficiente porque no hay pérdidas por fotorrespiración.

En las bromelias epífitas la ruta metabólica para fijar el  $\text{CO}_2$  es diferente (figura 2); se conoce como metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC); el  $\text{CO}_2$  se fija durante la noche, para evitar pérdidas de agua durante el proceso; esta vía se ha interpretado como una adaptación fisiológica a los ambientes xéricos (secos) y se ha correlacionado con tejidos suculentos, esto es, especializados en almacenar agua. Las plantas con esta ruta se caracterizan por fluctuaciones diurnas en la acidez de la savia celular.

La ruta MAC opera en epífitas y en plantas que crecen en ambientes xéricos. Para adaptarse a estas condiciones, las células de los tejidos foliares están dispuestas de manera que pueden reservar gran cantidad de agua en los espacios intercelulares y en las vacuolas.

El proceso se inicia en las primeras horas de la noche, cuando el  $\text{CO}_2$  penetra en la hoja a través de los estomas abiertos; la fijación a la molécula receptora es mediada por la enzima fosfoenolpirúvico carboxilasa (PEPc) y el producto es ácido málico o ácido oxalacético. El

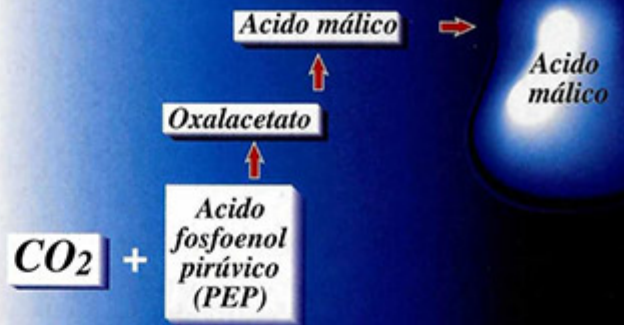


Figura 2. Diagrama simplificado que muestra la ruta metabólica de las bromelias epífitas, el metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC).

Figura 1. Forma de dispersión por semillas. A. La cápsula de una rama fructífera se abre y libera gran cantidad de semillas. B. En muchas bromelias las semillas son muy pequeñas y tienen un aparato volador para facilitar su dispersión.

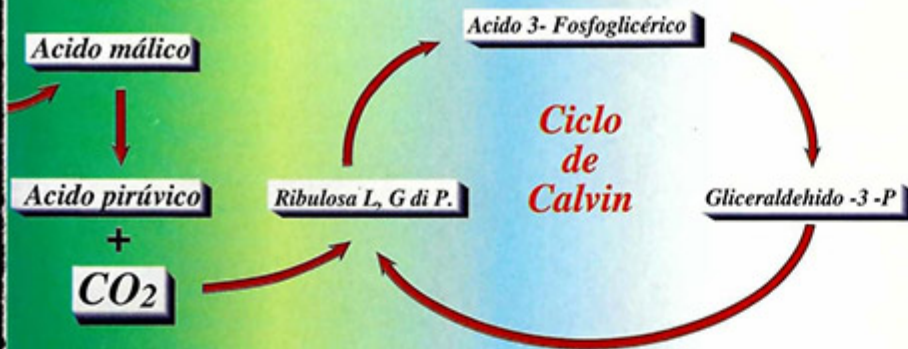


ácido es almacenado en la vacuola hasta el día siguiente. Con el incremento de la intensidad luminosa los estomas se cierran, el ácido sale de la vacuola, enzimáticamente se transforma en ácido pirúvico y  $\text{CO}_2$ . El ácido pirúvico regenera el aceptor y el  $\text{CO}_2$  pasa al cloroplasto donde es fijado por la vía  $\text{C}_3$  o ciclo de Calvin.

Los nutrientes minerales y el agua entran al ecosistema por la atmósfera y el suelo; de la solución edáfica son absorbidos por las raíces y transportados vía xilema por la corriente transpiratoria hasta las partes más altas de las plantas terrestres. Como en las bromelias epífitas las raíces no están ancladas en el suelo, la situación es diferente.

Se distinguen dos tipos ecológicos. El primero comprende las bromelias tanque y cisterna, propias de lugares sombreados, que se caracterizan por su capacidad para capturar agua y nutrientes continuamente a partir de la lluvia y de la materia orgánica que se acumula y se descompone en los recipientes formados por el conjunto de las hojas (las rosetas). La capacidad de almacenamiento en algunos casos alcanza hasta 20 litros, aunque en nuestros bosques se han encontrado volúmenes cercanos a un litro. En el grupo tipo **tanque**, cada hoja forma un recipiente, y en el tipo **cisterna** el conjunto de las hojas forma una cavidad colectiva central (figura 3A).

La composición y las características del fluido del tanque, dependen del estado de desarrollo de la bromelia, del clima y de la biota presente. El tanque confor-



ma un microecosistema que reúne las condiciones adecuadas para hábitat y nicho ecológico de un variado grupo de organismos con los cuales la bromelia establece una relación simbiótica. Existen relaciones oportunistas y/o mutualistas con bacterias, algas cianofíceas, hidras, diferentes estados de desarrollo larval de ciempiés, planarias, caracoles, arañas, hormigas, ácaros, cangrejos, zancudos y ranas. Sobre la lámina foliar, externamente al tanque, se han encontrado los estados adultos de chironómidos, anfibios y reptiles. Incluso se observó que en una comunidad de bromelias, la roseta bien desarrollada de una *Tillandsia fendleri* después de floración, constituía la madriguera para una familia de faras.

Los organismos encuentran alimento y protección, y la bromelia aprovecha los procesos de acumulación, descom-

posición de materia orgánica y fijación de nitrógeno como fuente nutritiva. Las algas verde-azules, *Anabaena* y *Nostoc*, reconocidas por su capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico, crecen epífilas (sobre las hojas) y en el líquido de los tanques; su actividad fisiológica enriquece el medio con nitrato y amonio, formas asimilables del elemento.

El segundo grupo ecológico es el de las **bromelias atmosféricas extremas** o «plantas aire» (figura 3B). Son formas especializadas, adaptadas a la aridez e infertilidad de sus hábitats arbóreos o saxícolas (piedras); estas especies aseguran la humedad y los nutrientes directamente de la atmósfera, mediante la absorción intermitente (de acuerdo con la disponibilidad) por los tricomas y es-

camas que cubren toda la superficie de la planta; en este caso el sistema de raíces no es funcional como órgano de absorción.

Las especies atmosféricas son abastecidas por pulsos; se caracterizan porque no forman depósitos y requieren alta intensidad lumínica, como *T. usneoides*, *T. juncea* y *T. pruinosa*. Preferentemente, estas especies se anclan sobre la corteza desnuda del forófito, tienen láminas foliares estrechas con tricomas o escamas notables, y su funcionamiento depende de las condiciones ambientales de humedad y de la disponibilidad de nutrientes. Además, el crecimiento es muy lento y su productividad se reduce hasta el punto de que sólo los individuos mejor adaptados poseen capacidad generativa para enfrentar el medio seco.

En algunas bromelias, la red formada por sus raíces y la corteza del forófito constituye una unidad integral con la apariencia de un cartón, estructura conocida como «jardín nido», que sirve

como medio de anidamiento para hormigas. En *Tillandsia pruinosa* y *T. flexuosa*, la base de las hojas se comporta como un mirmecóforo (cavidad que aloja hormigas);

**A lo largo de su historia evolutiva, las bromelias epífitas desarrollaron relaciones para vivir sobre otras plantas y hacer simbiosis con otros organismos.**



**Figura 3.** Formas de las rosetas. A. Tipo tanque (*Vriesea capituligera*). B. Tipo atmosférica (*Tillandsia juncea*).

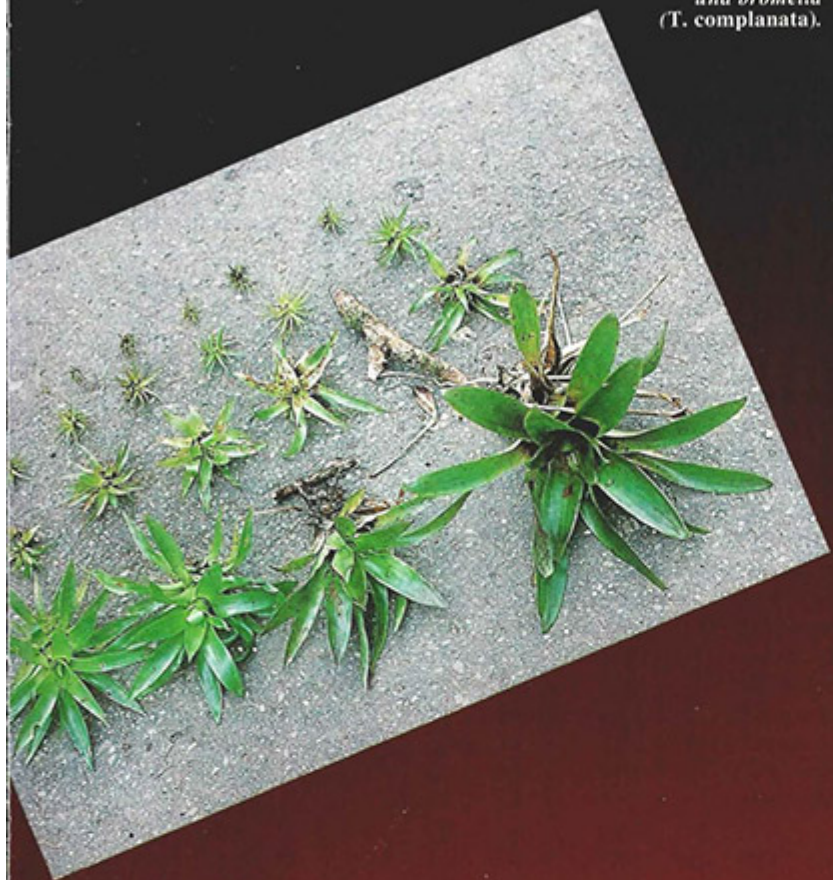


**Figura 4.**  
Rosetas de no más de 12 cm de altura. A. *T. bulbosa*, único ejemplar encontrado en Cundinamarca. B. *T. recurvata*, tan abundante que se constituye en maleza.



**Figura 5.**  
En general las bromelias son poco ramificadas. A. *Vriesea fragrans*, inicialmente los brotes tienen aspecto de estolones. B. *Catopsis nutans*, desarrolla un brote axilar en la base de la roseta madre.

*Figura 6.*  
*Diferentes*  
*estados de*  
*desarrollo*  
*durante el ciclo*  
*de vida de*  
*una bromelia*  
*(T. complanata).*



*Figura 7.*  
*Las bromelias*  
*son llamativas*  
*por la forma de*  
*las rosetas y*  
*porque el color*  
*de las brácteas*  
*contrasta*  
*hermosamente*  
*con el de las*  
*hojas.*



## El carácter

ornamental  
de las bromelias  
depende  
principalmente  
del contraste  
de color en hojas  
e inflorescencias.

aquí la relación es mutualista porque las hormigas brindan a la epífita defensa contra la herbivoría, provisión de nutrientes (a partir de excrementos y materiales acumulados) y posiblemente algunos reguladores de crecimiento sintetizados por los cultivos de hongos que mantienen. Por su parte, los insectos aseguran un nicho al aprovechar la arquitectura y disposición densamente imbricada de las hojas para conformar hormigueros.

### ¿Por qué se caracterizan?

Las bromelias epífitas son plantas perennes; para completar su ciclo de vida (desde la germinación hasta la producción de semillas o vástagos) necesitan varios períodos de lluvia y sequía, en número que varía según la especie.

El tamaño de las bromelias varía desde rosetas muy grandes como *Tillandsia fendleri* y *Aechmea paniculigera*, que en su parte superior pueden alcanzar un diámetro de 3 m con altura de 2 m, hasta plantas relativamente pequeñas como *T. recurvata*, con una altura no mayor de 12 cm, llamativa porque crece vigorosa y abundante sobre las ramas de los árboles hospederos o sobre los cables de la energía (figuras 3B, 4A y 4C).

El hábito de crecimiento de las bromelias que tienen tanque es típicamente una roseta, desarrollada sobre un tallo erecto o decumbente (ápice dirigido hacia el suelo), con entrenudos muy cortos y hojas dispuestas en espiral denso. La forma rosulada erecta constituye una estrategia que permite crear un sustituto del suelo en la base foliar (tanque), y de esta manera es posible para las hojas remplazar la función absorbente de las raíces.

En las epífitas atmosféricas, la base del eje se ramifica y forma colonias o cojines; los brotes de renuevo o retoños inicialmente tienen apariencia de estolones cubiertos por escamas foliares, y su desarrollo puede ir acompañado de la muerte del progenitor. En *T. usneoides*, el eje elongado y péndulo está formado por ramas sucesivas cortas, con un número fijo de hojas; cada rama termina en una flor, y la yema precedente se elonga repetitivamente.

Las bromelias son poco ramificadas. Algunas especies generan al menos un brote axilar que se desarrolla en la parte inferior del tallo, mientras la roseta madre está en floración o maduración de los frutos. Después de que las

semillas se liberan, la roseta original declina y muere; los nutrientes por ella acumulados son traslocados hacia el retoño y aprovechados en su crecimiento y floración. El retoño repite el proceso para originar la tercera generación y así sucesivamente. Para completar su ciclo, cada generación necesita alrededor de 4 a 5 años. El comportamiento descrito manifiesta el fenómeno de dominancia apical, que se presenta cuando la yema terminal vegetativa (zona de la planta donde ocurre la división y alargamiento de las células) controla el crecimiento de las yemas laterales.

Las bromelias epífitas presentan fundamentalmente raíces caulinarias que se originan entre la corteza y el cilindro central del tallo; recorren distancias de longitud variable, como raíces intracaulinarias, antes de emerger a través de la superficie basal.

Estas plantas en general presentan marcada heterofilia; la forma de las hojas durante la fase juvenil de la planta difiere del estado adulto (figura 6). Esta característica refleja cambios en la economía hídrica que se manifiesta con la edad de la bromelia.

Los colores de la roseta cambian según el hábitat; varían entre verde oscuro, rojo, morado y gris, con toda la gama de matices, tonalidades y moteados. En medios muy xéricos las hojas son gruesas y angostas, cubiertas densamente con tricomas o pelos en forma de escudo, como ocurre en *T. recurvata*, *T. juncea* y *T. pruinosa*. En ambientes donde la humedad relativa es más alta las hojas son amplias y poco gruesas, con tricomas poco notables sobre la lámina; entre estas se destacan *T. fendleri*, *T. clavigera*, *T. denudata*, *T. suescana*, *Aechmea paniculigera*. Por último, en la media montaña y pisos térmicos superiores, donde predomina la cobertura de nubes durante todo el año, las hojas son lisas y delgadas, con colores predominantes verde pálido manchados de rojo y morado (*T. biflora*, *T. complanata* y *T. tetrantha*). En algunos géneros, los márgenes de las hojas están armados con espinas rectas o curvas (*Aechmea* y *Pitcairnia*).

Por su forma, la zona basal de la hoja difiere marcadamente de la zona apical, característica que refleja diferencias en la capacidad de absorción. Por lo general, en las bromelias epífitas la base de las hojas es envainadora e inflada, lo que conduce a la formación de una base bulbosa notable, como en *T. bulbosa* (figura 4A).

El proceso de la floración se manifiesta con el alargamiento del eje para dar origen a la inflorescencia en racimo, espiga o panícula; así mismo, las hojas del eje floral se reducen y



**Figura 8.**  
Frutos de las bromelias.  
A. Cápsulas en *T. tenuispica*.  
B. Bayas en *Aechmea paniculifera*.

cambian de color y consistencia, entonces reciben el nombre de brácteas.

Las brácteas de las bromelias son estructuras persistentes, imbricadas y foliosas; son los elementos más llamativos en las inflorescencias, por sus colores rojo, naranja o amarillo brillante. El carácter ornamental de *Tillandsia*, *Vriesea* y *Guzmania* depende principalmente de las brácteas florales; en el género *Aechmea* también son vistosas las del eje, y en especies mejoradas y cultivadas en invernadero el contraste de color en hojas e inflorescencias es muy llamativo y exótico (figura 7).

Las flores de las bromelias, en su mayoría hermafroditas, presentan 3 sépalos, 3 pétalos, 6 estambres y un pistilo. En algunas especies la especialización floral de la familia ha progresado hasta el punto de que uno de los órganos sexuales llega a ser vestigial.

Los sépalos son apergaminaados, permanentes y poco llamativos; su color, generalmente verde, contrasta de manera notable con los demás componentes florales. Los pétalos, de consistencia blanda, alternan con los sépalos, varían de azul a morado con tonalidades blancas.

La fecundación de las flores va acompañada de cambio de color y decaimiento de pétalos y estambres. El ovario inicia su crecimiento y se transforma en fruto (baya o cápsula). En algu-

nas especies, como en *Aechmea*, las ramas fructíferas son ornamentales porque con el avance de la maduración los frutos adquieren bonitas tonalidades y contrastes.



En algunos géneros las cápsulas maduras se abren y permiten la dispersión de las semillas por acción de diferentes agentes como el viento y el agua; en otros, las bayas se descomponen liberando las semillas. En general, las semillas tienen poca masa específica, factor que sumado a la presencia de aparato volador facilita su transporte (figuras 8A y 8B).

## ¿Dónde se encuentran?

Las bromelias epífitas están casi completamente restringidas a los bosques tropicales húmedos

montanos y premontanos del Nuevo Mundo (neotropicales). La mayor diversidad y abundancia de poblaciones, en especial las de tipo tanque, se presentan en sitios donde las condiciones de luz, humedad y temperatura son relativamente estables, como ocurre en el bosque subandino (figura 9). Las bromelias atmosféricas o tolerantes de estrés hídrico, distribuidas en forma abundante en los sitios más secos de esta formación, son menos comunes y por lo general se reducen a pocas taxa.

La franja subandina está constituida por las zonas de vida comprendidas entre 1000 y 2300 msnm; se caracteriza porque la precipitación anual alcanza 2000 mm y la topografía favorece la formación de neblina; los vientos cargados de agua son frecuentes y durante el año alternan los períodos lluviosos y secos en una distribución bimodal.

En el bosque subandino de Cundinamarca se reconoció la presencia de 60 especies, pertenecientes a 6 géneros de las subfamilias *Tillandsioideae* y *Pitcairnioideae*; la zona se puede considerar de convergencia porque alberga especies procedentes de pisos altitudinales más

**Se ha demostrado que las bromelias contribuyen de manera sustancial a la diversidad, dinámica, producción y ciclo de elementos minerales del ecosistema.**

altos (*Tillandsia biflora*, *T. complanata*, *T. tetrantha* y *T. suescana*) y más bajos (*T. flexuosa*, *T. elongata*, *T. fasciculata* y *T. juncea*). La diversidad de las bromelias de esta región concuerda con los resultados de estudios realizados en Costa Rica, los cuales reportan que entre 1000 y 2300 msnm, la diversidad oscila, en promedio, entre 45 y 65 especies por forófito y su densidad llega hasta 416 ejemplares epífitos; la población es 10 veces mayor y la diversidad de especies calculada es 1,6 veces más alta que en alturas menores de 1000 msnm.

En Cundinamarca, en condiciones de bosque disturbado a 1500 msnm, en un árbol aislado de samán (*Phytocellobium saman*), el 20% de sus especies epífitas corresponde a bromelias. Dos especies, *T. fendleri* y *T. tenuispica*, son rosetas independientes y se ubican en zonas poco expuestas dentro del dosel formado por las ramas. *Vriesea fragrans* y *T. recurvata* forman matojos decumbentes, originados por el desarrollo de las yemas axilares.

Nuestras observaciones permiten señalar que las bromelias presentan una distribución altitudinal amplia. El género *Tillandsia* alcanza

las mayores alturas, en especial *T. turneri* y *T. complanata* llegan hasta la zona de transición entre el bosque andino y el subpáramo, aproximadamente a 3200 msnm. De ahí en adelante las bromelias epífitas son remplazadas por formas terrestres como las especies de los géneros *Puya* y *Greigia*, típicas del páramo. Por debajo de los 1000 msnm, particularmente en los valles interandinos, la diversidad de especies y el número de individuos decrece; se destacan *T. flexuosa*, *T. elongata* y *T. recurvata*.

Señalemos que la abundancia varía con la especie. Algunas, como *T. recurvata* y *T. usneoides*, son tan numerosas en algunas zonas que se constituyen en malezas, en la mayoría de los casos. Las especies presentes en una zona tienen numerosos individuos distribuidos de manera irregular en patrones horizontales y verticales. Por último, algunas especies son verda-

deramente raras, como ocurre con *T. bulbosa* y *T. pruinosa*, de las cuales sólo fue posible registrar un individuo.

## ¿Cuál fue su origen?

El origen del hábito epífito se atribuye a varios eventos evolutivos que condujeron a la colonización del hábitat arbóreo. Las bromelias de hábitats secos y semisecos inicialmente evolucionaron durante el surgimiento de las plantas terrestres, y luego a nivel de género y especie.

El epifitismo implicó seguramente la evolución de estructuras adaptativas de la planta durante todas y cada una de las fases de su ciclo vital. Las bromelias consiguieron sitio en el medio epífito, gracias a que dispusieron de las estrategias adecuadas en cuanto a mecanismos de dispersión, de anclaje a través del sistema de raíces y de adaptaciones para sobrevivir en condiciones de déficit hídrico y de minerales, si se tiene en cuenta que ellas no tienen acceso a las reservas edáficas.

Aún no hay acuerdo en cuáles son las bromelias más primitivas. Mientras algunos investigadores opinan que son aquellas que crecen en bosques nublados, bajo régimen de escasa intensidad lumínica, otros postulan aquellas que crecen en los hábitats más expuestos a alta intensidad lumínica. Para evitar las pérdidas de agua que causarían severos déficits, abren sus estomas durante la noche, permiten la entrada del CO<sub>2</sub> y lo acumulan en la vacuola hasta las horas de luz del día siguiente en que se produce su fijación.

## ¿Qué factores determinan su patrón de distribución?

Podría pensarse que las bromelias se distribuyen caóticamente en el bosque (figura 9). Sin embargo, las especies presentan cierta preferencia para ocupar diferentes estratos sobre el forófito. El patrón de distribución de las bromelias epífitas se ha relacionado con su adaptación o dependencia de los siguientes factores.

**Agua.** La lluvia directa garantiza el nivel de líquido en los tanques y el



humedecimiento de la corteza del forófito por escorrentía; sin embargo, la humedad ambiental y la neblina son más importantes que la lluvia directa; estas condiciones favorecen la abundancia y la diversidad. Aquellas bromelias que se localizan sobre acumulaciones de musgo y materia orgánica, tienen condiciones relativamente constantes de humedad y son más sensibles a la sequía, comparadas con las que se encuentran sobre la corteza desnuda del forófito o en lugares completamente expuestos; estas plantas son de menor tamaño y desarrollan menor número de hojas como estrategia para evitar pérdidas de agua.

**Luz.** Algunas especies se localizan en los estratos intermedios del dosel, donde la densidad de las ramas impide la penetración total de luz; otras prefieren lugares completamente expuestos sobre el fuste o en las ramas terminales de la copa. El color y el tamaño de las hojas de las bromelias varía de acuerdo con las condiciones de luz sobre un mismo árbol.

Destacamos que en árboles aislados se observa un mosaico de bromelias diferente del que se presenta en los árboles agrupados. En el primer caso hay mayor número de individuos particularmente en estados juveniles.

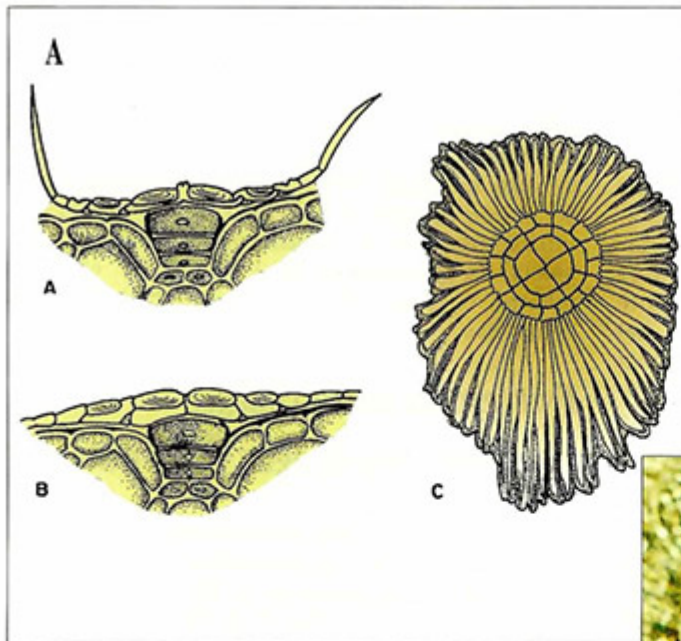
**Figura 9.** Bosque subandino de Cundinamarca. Aspecto de forófitos cubiertos con epifitas. (Fotografía Pilar Gaitán).

La **forma y estructura de los árboles** (altura, nudos, torceduras del tronco, ángulo y tipo de ramificación) y la **naturaleza y composición del sustrato** (estructura y porosidad de la corteza del forófito, acumulación de materia orgánica y presencia de musgos y líquenes) son variables que interactúan con las condiciones climáticas para afectar la germinación de las semillas, el crecimiento, el desarrollo y la productividad de las bromelias.

## Estructuras microscópicas para absorción de agua y nutrientes

Las escamas son estructuras especializadas que revisten la superficie foliar de las bromelias, encargadas de la absorción de agua y nutrientes. Se componen de un filamento





**Figura 10.**  
**A.** *Tricomas* foliares de *Tillandsia*. Sección transversal, a) estado seco, b) estado húmedo, c) vista superficial. (Tomado de Fahy y Cutler').  
**B.** Disposición de las escamas foliares de *T. complanata*, vista superficial. (Fotografía Carlos Rodríguez).

multicelular, ensanchado en la base y de un escudo apical conformado por cuatro células radiales, rodeadas por un anillo pluricelular y por las alas (figuras 10A y 10B).

La absorción comienza cuando el agua y los iones en ella disueltos, entran a las alas y se mueven a las células del escudo y hacia las células adyacentes que se expanden. La diferencia de potencial hídrico entre las alas y el escudo causa continuo movimiento de la solución, la cual se mueve a través del filamento y penetra a los tejidos fotosintetizantes o almacenadores de agua.

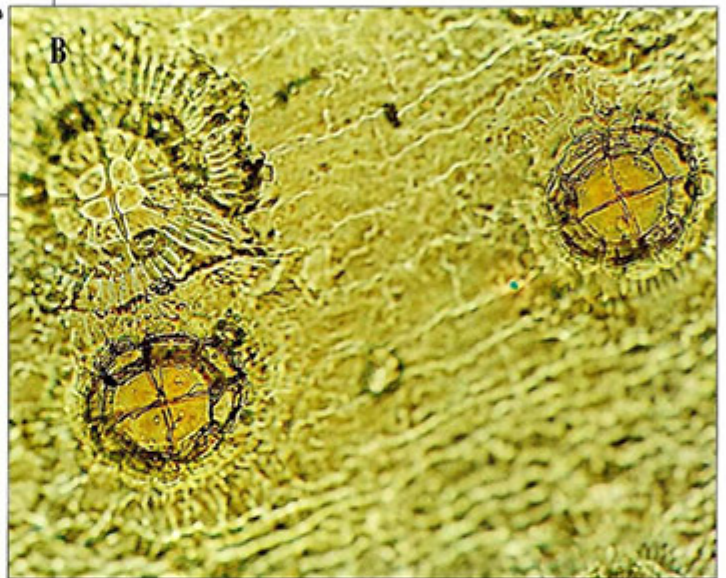
## Relaciones de las bromelias con otros organismos

La morfología, la coloración brillante de brácteas y pétalos, los aromas, la reserva y secreción de sustancias mucilaginosas, son los principales atributos que favorecen la interacción entre bromelias y polinizadores (colibríes, mariposas, abejas) y/o visitantes florales. La polinización por colibríes ocurre principalmente en inflorescencias péndulas, con corolas tubulares y secreciones azucaradas.

Las hojas gruesas bien esclerificadas no disminuyen su palatabilidad y valor nutritivo ni impiden el ataque de herbívoros. Los micos, grillos y langostas consumen los vástagos tier-

nos de *G. monostachia* y las ardillas se alimentan con la inflorescencia de *T. deppeana*.

En la relación entre insectos formadores de agallas y algunas especies de *Tillandsia*, el ciclo biológico del parásito se inicia con el desarrollo de los huevos y estados larvales dentro del tejido epidérmico del hospedero y progresa hasta llegar al estado adulto. La formación de la agalla es inducida por la secreción de sustancias estimulantes por la larva; su efecto modifica el metabolismo, incrementa la división celular y el crecimiento, y altera el patrón morfológico del órgano. La presencia de agallas en especies de bromelias epífitas se ha observa-



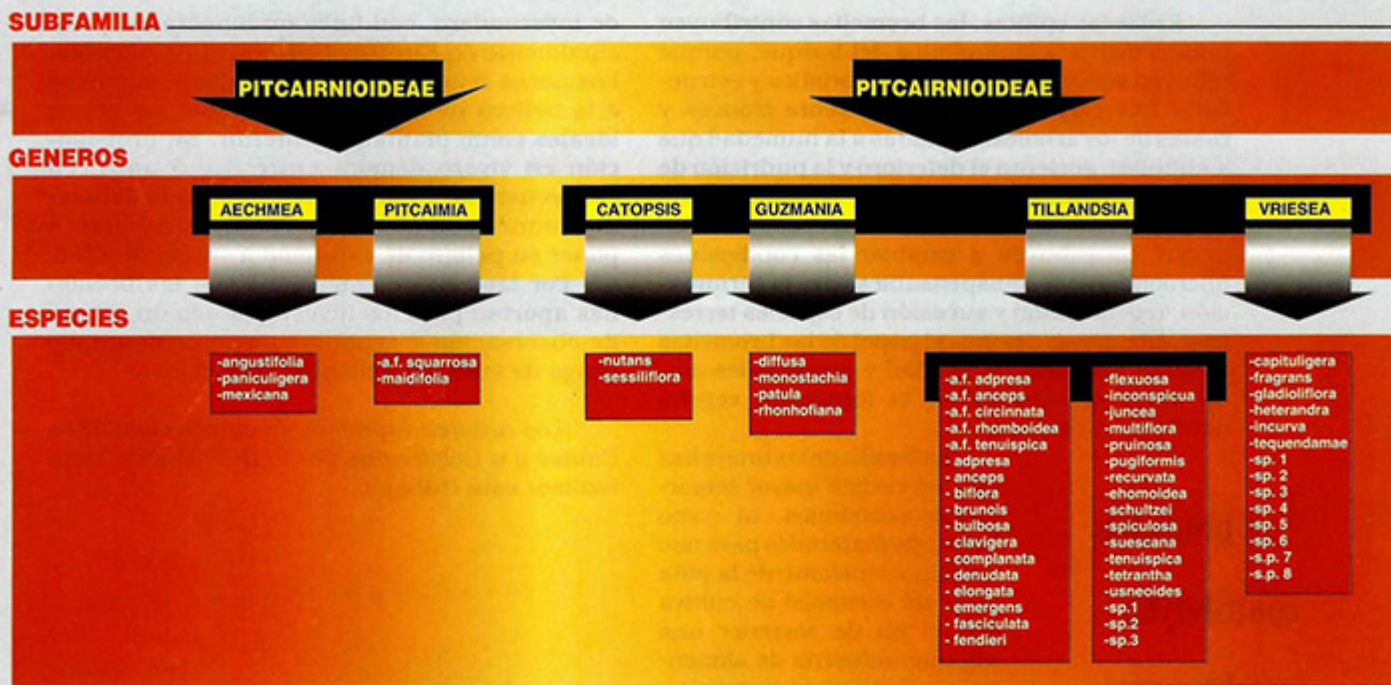
do en ejemplares cultivados bajo condiciones de invernadero, particularmente en *T. ionantha* que en condición natural crece en ambientes xéricos de México.

Desde hace muchos años se comprobó la relación entre las bromelias epífitas y el desarrollo del mosquito *Anopheles*, reconocido como el principal transmisor de la malaria. El líquido acumulado en los tanques de las rosetas constituye el medio más adecuado para ovoposición y desarrollo de las larvas del mosquito.

En especies terrestres uno de los principales patógenos de las raíces son los nematodos; sin embargo, en las bromelias epífitas éstos se encuentran en el tanque, donde no producen daño aparente. El ataque de minadores es evidente por la red de marcas que deja su paso por el tejido fotosintético.

Finalmente, se tienen indicios de que algunas bromelias epífitas disponen de una estrategia adicional para atrapar hormigas. La trampa se

# Clasificación de las bromelias



**Figura 11.** Subfamilias, géneros y especies de la familia Bromeliaceae registradas en el bosque subandino de Cundinamarca (1000 a 2300 msnm).

Las bromelias contribuyen a conformar la familia de monocotiledóneas de América. Tradicionalmente las Bromeliaceae se han dividido en tres subfamilias (figura 11):

**Pitcairnioideae**, se considera la más primitiva, aunque algunos géneros son muy avanzados. Casi en su totalidad, está conformada por plantas terrestres, con márgenes foliares provistos de espinas. El fruto generalmente es una cápsula dehiscente, con muchas semillas desnudas o con apéndices.

**Bromelioideae**, conformada en su mayoría por especies terrestres; el margen foliar puede presentar

espinas y el fruto es una baya que contiene semillas sin apéndices.

**Tillandsioideae**, es una subfamilia constituida principalmente por géneros **epífitos obligados** (no pueden crecer en el suelo). En Cundinamarca se encontraron representantes de *Tillandsia*, *Vriesea*, *Guzmania* y *Catopsis*, los cuales presentan alto grado de refinamiento funcional y anatómico de las escamas epidérmicas. El fruto es una cápsula dehiscente con numerosas semillas plumosas.

localiza en las bases foliares perforadas por las hormigas; cuando los insectos incursionan por las cámaras húmedas, actúa una sustancia mucilaginosa, rica en enzimas hidrolíticas. No obstante, la secuencia de atrapamiento no se ha corroborado, se desconoce la presencia de glándulas secretoras y no se ha confirmado el origen vegetal de las enzimas.

## ¿Cómo se multiplican?

En condiciones naturales, las bromelias se propagan sexual y asexualmente. El proceso sexual da como resultado la formación de semillas e involucra la combinación de genes procedentes de ambos padres. La forma asexual genera retoños o brotes producto del creci-

miento de las yemas; en este caso la progenie es idéntica a su progenitor y el ciclo vital es más corto que cuando las plantas se originan por semilla, por esta razón es el método comúnmente empleado por los viveristas.

## ¿Cuál es su utilidad?

Se ha demostrado que las bromelias contribuyen de manera sustancial a la diversidad, dinámica, producción y ciclo de elementos minerales del ecosistema, por su capacidad para absorber y retener nutrientes atmosféricos y materia orgánica. Las reservas acumuladas en la comunidad de bromelias son fundamentales para mantener las cadenas tróficas (alimenticias y energéticas) de las poblaciones que interactúan con ellas.

Entre las epífitas, las bromelias contribuyen notablemente a la dinámica del bosque, porque influyen sobre su composición florística y estructura. Las cargas que generan sobre troncos y ramas de los árboles, sumadas a la humedad que acumulan, aceleran el deterioro y la pudrición de la madera e incrementan la frecuencia de caída de las ramas, causando claros en el bosque, con lo que contribuyen a cambiar las condiciones microclimáticas indispensables para la germinación, regeneración y sucesión de especies terrestres. Además se destaca el papel de las bromelias como indicadores de la edad y condiciones ambientales prevalentes en la formación vegetal donde se encuentran.

**Las bromelias  
contribuyen  
notablemente  
a la dinámica del  
bosque, porque  
influyen sobre  
su composición  
florística  
y estructura.**

La familia de las bromelias aún no reviste mayor importancia económica, ni como fuente de materiales para uso humano. Únicamente la piña (*Ananas comosus*) se cultiva con el fin de sostener una pujante industria de alimentos y conservas; por otra parte, hace poco en Taiwan se encontró que la calidad del papel obtenido a partir de la pulpa de sus hojas es de excelente calidad.

Hasta ahora el producto más importante obtenido de la piña y de otras bromelias es la bromelina, que se compone de una mezcla de proteinasas, usada como ablandador de carne y como clarificante en la industria de la cerveza. La pulpa de los frutos contiene elevadas concentraciones del producto, reconocido actualmente como antiinflamatorio.

En Ecuador, las raíces de algunas *Pitcairntias* se emplean como diurético y para el tratamiento de enfermedades renales. En Cuba, varias bromelias se utilizan por sus propiedades medicinales como vermífugos.

La fibra interna de *T. usneoides* se usa como material de relleno en la industria de la tapicería, por su resistencia al ataque de hongos e insectos; esta especie también se ha utilizado como alimento para el ganado. El material fibroso de hojas de *Aechmea*, lavado y blanqueado al sol, se usa para la fabricación de hamacas, redes de pesca y artesanías.

Muchas especies de bromelias epífitas se han domesticado y se cultivan bajo condiciones

de invernadero, con fines ornamentales, principalmente en Europa, Costa Rica y Colombia. Los pocos requerimientos de cultivo, sumados a la belleza de las flores y rosetas, las hacen ideales como plantas de interior. Su propagación en vivero demora entre 3 y 5 años; en consecuencia, es más fácil colectarlas del medio natural, situación que ha contribuido a poner en peligro de extinción a varias de ellas.

Por las razones mencionadas, las bromelias aportan para los investigadores un campo de observación y experimentación con amplio rango de cuestionamientos biológicos.

(Los autores expresan su agradecimiento a Cindec y a Colciencias por la financiación para realizar este trabajo).

#### Bibliografía

1. **Benzing DH:** *The biology of the Bromeliads*. Mad River Press Inc., California, 1980.
2. **Benzing DH, Renfrow A:** *The nutritional dynamics of Tillandsia circinnata in Southern Florida and the origin of the «air plant» strategy*. *Bot Gaz* 1980; 141(2): 165-172.
3. **Collins JL:** *Medicinal and dietetic properties of the pineapple*. *Bromeliad Soc Bull* 1958; 8(6): 84-86.
4. **Fahn A, Cutler DF:** *Xerophytes*. Gebruder Borntraeger, Berlin, 1992.
5. **Johansson D:** *Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest*. *Acta Phytogeographica Suecica* 1974; 59. Upsala. 131 pp.
6. **Longino JT:** *Ants provide substrate for epiphytes*. *Selbyana* 1986; 9: 100-103.
7. **Medina E:** *Dark CO<sub>2</sub> fixation, habitat preference and evolution within the Bromeliaceae*. *Evolution* 1973; 28: 677-686.
8. **Varadarajan GS, Gilmartin AJ:** *Seed morphology of the subfamily Pitcairnioideae (Bromeliaceae) and its systemic implications*. *Amer J Bot* 1988; 75(6): 808-818.

# Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

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

## *Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial.*

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

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

### Participantes

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

### Categorías de participación

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

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

# Premio Nacional al Mérito Científico

Septiembre 28 de 1995

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

### Categorías

#### VIDA Y OBRA

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

#### JOVEN INVESTIGADOR

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

#### DIVULGACION DE LA CIENCIA

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

### Requisitos para la inscripción:

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

Fecha límite para recepción de material: Agosto 7 de 1995

Informes: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia Cra. 50 No. 27-70, Bloque C.



# Ayer y hoy

## de la relación de los géneros

Virginia Gutiérrez de Pineda  
Departamento de Antropología  
Universidad Nacional de Colombia  
Santafé de Bogotá, D.C.



## Introducción

**E**n todas las comunidades humanas los sexos actúan dentro de una estructura social y cultural (o mejor, se acomodan), y sus relaciones evolucionan a medida que se introducen cambios en ella. El patriarcalismo es el marco de referencia que correlaciona en nuestro medio a mujeres y hombres, introduciendo factores condicionantes que definen su status, funciones y roles, y determinando el manejo de la autoridad y el poder, no sólo dentro de la familia sino a nivel de la totalidad institucional.

La premisa patriarcal de que el hombre es el amo del universo se proyecta sobre toda la sociedad y define la cultura global y, de manera particular, la familiar. Este principio configura la relación hombre-mujer en todos los espacios, subordina el género femenino al masculino y regula la relación de los géneros en dos esferas: la cultural (valores y normas de comportamiento) y la social, en el interior de cada una de las instituciones. El patriarcalismo ubica a uno y otro género, o a ambos, en las instancias que ameritan su presencia, ya

de interrelación sin el cual se descompondría el sistema social. Tales lineamientos son orientados por una compleja red de valores, normas y conductas, implícitas o subyacentes las unas y explícitas o manifiestas las otras, que mantienen vigente la correlación de sexos.

La normatividad estabiliza el sistema, evita transgresiones e incursiones de un sexo en el mundo del otro, regula la autoridad, controla los abusos de poder y mantiene vigentes las imágenes de cada género en el cumplimiento de sus obligaciones y el

ejercicio de sus derechos. El control es ejercido por la comunidad que sirve de nicho a la relación hombre-mujer y se expresa en sanciones de diversa naturaleza y estímulos positivos (privilegios o recompensas), otorgados como reconocimiento a la superioridad, al sometimiento al molde ideal, y al esfuerzo por mantener un armónico sistema de relación de los géneros.

## Avances y retrocesos

Un análisis de nuestro ambiente cotidiano permite identificar situaciones ambivalentes que

**La premisa patriarcal de que el hombre es el amo del universo se proyecta sobre toda la sociedad y define la cultura global y la familiar.**

# eros en el patriarcalismo

sea en forma jerarquizada —exaltando a uno y/o deprimiendo al otro dentro de las categorías de subordinante y subordinado— o bien equiparándolos, y puede también negar la participación de uno para favorecer la del otro.

En cualquiera de estas situaciones existe un intento subyacente de imponer la relación hombre-mujer como principio social fundamental, dentro de un marco obligatorio y normativizado

dejan entrever los mecanismos de relación de los individuos entre sí y de éstos con el nicho cultural que los acoge, así como las dificultades que surgen en los procesos de cambio de patrones. La mujer patriarcal tradicional (santandereana, boyacense, nariñense, costeña...) no puede admitir que su marido la apoye abiertamente en las tareas de crianza, limpieza, cuidado de ropas o preparación de alimentos. De hacerlo, pierde

# **E**l acelerado cambio institucional de las tres últimas décadas ha modificado la relación hombre- mujer y los valores y normas de conducta asociados.

su imagen, no sólo ante ella sino ante el público, y la conducta de ambos es duramente cuestionada, por propios y extraños.

El marco condicionante de estas conductas ha cambiado y la innovación ha sido asimilada por la pareja. Si antes de los años sesenta, en Santander, el Cauca, Boyacá o cualquier otro lugar patriarcal, una mujer casada hubiera tenido que sostener el hogar, su esposo habría sido criticado con severidad y habría perdido valoración como jefe de familia. La mujer económicamente activa de entonces debía jugar ese papel discretamente; de lo contrario, la pareja perdería su imagen cultural normativa: él, por incapacidad de asumir su rol básico y permitir ser remplazado; ella, por entrometerse

se en tareas exclusivamente masculinas y asumir una imagen contraria a su sexo. No obstante, si la mujer trabajaba dentro del hogar en empresas familiares, bajo el mando de su marido, la cultura absolvía a los dos. Ello explica el que en la etapa de desarrollo de Santander, cuando las miniemprendas se convirtieron en fábricas, las esposas ya no pudieron laborar en ellas y se quedaron recluidas en el hogar. El trabajo remunerado fuera de casa no fue permitido en este período a la mujer patriarcal, en razón de la obligada providencia masculina y el control del hombre sobre la libertad de su mujer.

Tales situaciones son hoy obsoletas, al transformarse el marco sociocultural determinante de las formas tradicionales de interrelación de los géneros. El acelerado cambio institucional de las tres últimas décadas ha modificado la relación hombre-mujer y los valores y normas de conducta asociados, y los efectos de este cambio son claramente apreciables cuando se enfoca el proceso de lucha y tendencia equiparativa de los géneros en dos etapas: antes y después de los años sesenta. El sistema patriarcal que sirvió de marco de referencia a la primera ha ido desmoronándose por las sucesivas transformaciones del entorno social y cultural, y fue sustituido por una pujante lucha, que se acentúa al acercarse el fin del siglo, en pro de la equiparación de los géneros.

Sin embargo, los cambios mencionados no son universales. Existen fuerzas socioculturales ancladas en el pasado que los detienen y contrarrestan. Los sexos no evolucionan al mismo ritmo ni tienen la misma voluntad de hacerlo. Tampoco se sienten igualmente favorecidos con la evolución ni la propician, y existen, dentro de cada

género, vanguardias y retaguardias que se contradicen y entran en pugna. Coexisten mujeres y hombres tradicionales, interrelacionados diferencialmente, y parejas modernas. Se realizan acomodos circunstanciales, en especial frente al sexo, en los cuales se debilita la lucha de equiparación de los géneros por la presencia de remanentes del abuso de poder de un sexo sobre el otro, y se recurre en ocasiones a mecanismos, disimulados pero efectivos, como la seducción, el chantaje cultural, etc.

En consecuencia, la equiparación de las interrelaciones hombre-mujer no es uniforme ni se ha logrado por completo. Al presente sólo una vanguardia —conformada por parejas de jóvenes que casi han logrado desprenderse de la tradición y equipararse dentro de la vida doméstica y social— actúa como punta de lanza en este empeño.

En el campo abierto de la sociedad y de la cultura se admite una tendencia dominante de equiparación de los géneros en las áreas institucional, económica, educativa y legislativa, pero no se presenta el mismo ritmo de avance en el terreno del poder político y la religión ni siquiera entreabre sus puertas al proceso de igualdad de los sexos.

Tampoco se puede afirmar radicalmente que las parejas nuevas hayan alcanzado la equiparación cultural. Su avance es cuestión de matices, no de logros absolutos, y está permeado por conflictos, retrocesos, limitaciones e incongruencias. Con frecuencia los cambios institucionales que estimulan un tipo de equiparación tropiezan con desigualdades culturales que no han evolucionado, como la actividad laboral de ambos sexos, retrasada por el conflicto de roles hogareños, del ego femenino cercado por valores patriarcales, del reparto y valoración de las tareas por género. Los remanentes de la cultura patriarcal no han permitido que se reconozca a la mujer autonomía en el manejo de su libertad.

La mujer trabajadora, o la universitaria, tropieza con limitaciones que interfieren con sus compromisos laborales y detienen su avance o restringen su desarrollo profesional. Las universitarias clásicas escogen profesiones que les permitirán atender sus obligaciones domésticas tradicionales o aquellas que el juicio cultural considera adecuadas para su personalidad o para la meta del matrimonio precoz. Estas mujeres y su círculo familiar-social conexo rechazan, hoy como ayer, las profesiones que catalogan como propias de hombres, pese a que sus aptitudes, aún cuestionadas, les permitirían desempeñarse bien en ellas.

Tampoco han evolucionado armónicamente, y al mismo ritmo de los cambios institucionales,

**Podría decirse  
que la mujer es  
el actor familiar,  
al servicio del hombre,  
que hace del hogar  
una caja de resonancia  
del quehacer social  
masculino.**

las personalidades de los géneros. La mujer no ha asimilado por completo su ingreso al mundo laboral y algunas añoran la posición tradicional, propiciando el retorno al ayer. Por otra parte, se hacen evidentes ciertas discordancias en la relación de pareja. Uno u otra aún no han hecho ajustes a cabalidad, respecto a los cambios que introyectan en la personalidad las funciones sexual, de crianza, de providencia del hogar y de uso de la libertad. Las nuevas imágenes de mujer y hombre no se compaginan. En ciertos campos laborales el hombre siente forastera a la mujer y ella puede experimentar parecida sensación frente a status novedosos que implican posiciones de mando, manejo de personal masculino y toma de decisiones trascendentes. Tampoco engranan completamente la conducta esperada y la recibida, en la relación de pareja, como lo demuestra la

tasa creciente de ruptura conyugal. Sin lugar a dudas, estas situaciones son fruto de la rápida llegada de la mujer a alternativas nuevas dentro de su ciclo vital, en razón del acelerado cambio sociocultural y la dificultad del hombre para asimilarlo y encontrar un piso de respuestas adecuadas a sus expectativas oscilantes entre el ayer y el hoy.

### **La estructura de la relación entre los géneros**

Para sistematizar el análisis de la estructura de los géneros es necesario comparar el ayer patriarcal con la situación actual, dentro del marco de los territorios que competen a hombres y mujeres, sus funciones, su status y su manejo

de la autoridad, bien sea en la relación de pareja o en cualquier otro tipo de vinculación social.

Los territorios se adscriben a cada género según las funciones y los roles que les son asignados. Las instituciones y su entorno cultural seleccionaron al hombre para desempeñarse en ellos, mientras que el ámbito familiar es el anclaje de las tareas femeninas. Más aún, podría decirse que la mujer es el actor familiar, al servicio del hombre, que hace del hogar una caja de resonancia del quehacer social masculino. En consecuencia, sociedad y cultura se organizan para respaldar y controlar el desem-

peño varonil, estableciendo estímulos, retribuciones y, en caso de transgresión de la norma, castigos y sanciones.

Complementariamente, se controlan los territorios de cada género, para mantenerlos separados. La economía, por ejemplo, está en manos varoniles porque la cultura adscribe al hombre la obligación de generar riqueza, la dirección del Estado y las decisiones políticas. La religión pone al hombre como epicentro y descarta la participación activa del otro género. Las demás instituciones tampoco admiten a la mujer patriarcal en su territorio, porque ella sólo puede desempeñar roles adscritos en la familia. Sin embargo, condiciones coyunturales de fuerza mayor han hecho posible, en todas las épocas, que algunas mujeres traspasen ciertos linderos y penetren en territorios varoniles; tal es el caso de las que han tenido que ganar el sustento de su familia nuclear: viudas, madres solteras o abandonadas y esposas e hijas a quienes el patriarca impone trabajo no remunerado dentro de las unidades productivas familiares.

La socialización formal se encarga de delinear los perfiles de los géneros en relación con su función y las expectativas sociales de la edad adulta, para que los individuos se acoplen al reparto de tareas. Ello explica la diferencia de los alcances educativos de cada sexo: la mujer apenas se asoma a la educación formal, en la medida en que se considere indispensable para su rol familiar, mientras que el hombre se ubica en ella sin que se limiten su entrenamiento y su avance técnico y científico, indispensables para su papel social. Pero no sólo se condiciona a los géneros para el reparto mencionado; se les moldea también para el ejercicio de la autoridad y del poder. Adscrito al hombre el comando institucional, se le somete al entrenamiento requerido por su misión, al paso que a la mujer, objeto de dominación, se la condiciona para la subordinación y el ejercicio de sus tareas.

Por estas razones, una honda separación discrimina los géneros en el proceso socializador. Cada función y rol adscrito a un género está dirigido por complejos de valores, normas y conductas que impiden su traspaso a nivel individual y social. Ni la mujer puede ejercer las funciones sociales masculinas, ni el hombre las de ella, so pena de alterar los límites tajantes que separan las configuraciones de los géneros frente a la sociedad y convertirse en personalidades divergentes y en objeto de burla.

La naturaleza del juicio colectivo y la sanción cultural es tal, que el cambio del rol adscrito significa cambio de identidad sexual. El hombre tradicional que ejecuta tareas de crianza, aseo o alimentación se reviste de un

perfil femenino, llegando a albergar dudas sobre su identidad sexual, mientras que la mujer que ejerce una función privativa del hombre pierde su imagen cultural y se asimila a la masculina. Se alteran las valoraciones asociadas a la función adscrita: si el transgresor de la separación de las tareas es el hombre, pierde su status primordial y se rebaja al femenino, mientras que la mujer, masculinizada por el ejercicio de una tarea que no corresponde a su género, no alcanza el status que amerita el hombre y, en cambio, sí destruye su perfil. La cultura patriarcal expresa su rechazo con el siguiente refrán:

*"No hay manjar que cause más empacho que mujer convertida en marimacho".*

## El patriarcalismo frente al proceso de equiparación de los géneros

El reparto y la valoración de tareas por género que circunscribe territorios particulares para su ejercicio a cada uno, es la clave del patriarcalismo; superarlo implica la entrada de la mujer a niveles altos de socialización formal y cualquier transformación radical en el reparto de tareas desestabiliza las bases del sistema y contribuye a su deterioro estructural, como ocurrió ya con la función económica, compartida hoy en día por la pareja.

En la familia patriarcal el hombre ostenta cuatro categorías, base de su poder absoluto al interior del hogar: jefe económico y social, esposo y padre. Partiendo del padre-esposo como cabeza, se escalona la jerarquía familiar, en virtud de principios de edad y sexo; después del padre se ubica la madre, en razón de su rol, los hijos varones y finalmente las hijas. Un principio de mayorazgo masculino crea la figura ascendente del hijo mayor, alterno o sustituto del padre, cuyo status supera al de la madre en la toma de decisiones y la asunción de responsabilidades. En conclusión, padre y primogénito concentran los privilegios y funciones de su género, ejerciendo autoridad y manejando las relaciones de poder frente a los restantes miembros de la familia.

Es de tal trascendencia la subordinación femenina establecida por la cultura que, en condiciones de igualdad de capacitación y pese a la equiparación legal en la vida cotidiana social, los dos géneros distan mucho de tener los mismos salarios, prestaciones, ubicación jerárquica laboral y oportunidades similares en cuanto a otorgamiento de créditos y licencias de funcionamiento empresarial. El principio cultural del status cimero del hombre patriarcal en la sociedad y en la familia es todavía inamovible.

El proceso de equiparación de los géneros al interior de la familia, mediante el trabajo remunerado de la mujer, no ha culminado. Persisten remanentes de los privilegios del poder patriarcal en el manejo del presupuesto familiar y la responsabilidad del progenitor. Del esposo proveedor exclusivo, que maneja a su arbitrio las erogaciones y de cuya voluntad depende la familia, concretamente la mujer, se pasa a un proceso de transición cuando la mujer se convierte en coprovedora. Se avanza en el campo del manejo patrimonial y se pasa de la jefatura exclusivamente masculina a otras alternativas, pero todavía se percibe en los hogares el poder omnímodo del padre, aunque la mujer se constituya en coprovedora del presupuesto doméstico.

El poder masculino, respaldado aún por la cultura, permite al patriarca manejar varias alternativas: captar los ingresos de su esposa y administrarlos a su arbitrio manteniendo la subordinación femenina tradicional; privar al hogar



de su aporte al presupuesto y obligar a su mujer a convertirse en jefe económico exclusivo de la familia; imponer renglones presupuestales variables que deben ser cubiertos por ella, reservando para sí rubros fijos ventajosos, sin tener en cuenta la inferioridad de las opciones laborales de su contraparte. Sin embargo, como resultado del reciente entendimiento entre los géneros, el manejo presupuestal empieza a cumplirse dentro de un régimen de participación democrática decisoria y cooperativa que trasciende las fronteras del patriarcalismo.

En ciertas clases sociales de algunas ciudades se presenta una modalidad urbana extrema, consecuencia de la transformación del nicho social: el trastrueque de roles, entendido como un traspaso de la función económica que convierte a la mujer en proveedor y sitúa al hombre en la posición de «mantenido». La naturaleza, urgencia y trascendencia de este cambio son tales, que la pareja se ve forzada a aceptarlo y la cultura se resquebraja a instancias de la presión que ejerce la necesidad material. El proceso ocasiona profundos conflictos, porque ni los géneros ni la comunidad están preparados para asimilarlo. En algunos sectores de la cultura familiar urbana se empieza a presentar el caso del marido renuente a ganar el sustento, o a colaborar en su consecución, razón por la cual se llega a la jefatura femenina. El fenómeno es más frecuente entre parejas de profesionales en las cuales el status laboral femenino es exitoso y, por causas aún no suficientemente conocidas, el hombre ha perdido el orgullo de desempeñar su rol de proveedor; este último es asumido totalmente por ella, desconociendo ambos la presión cultural que todavía repudia el trastrueque de la función económica y la negativa del hombre a cumplir su rol.

## El patriarcalismo y la función sexual

Sin lugar a dudas, el mayor número de cambios en la relación patriarcal de los géneros ocurre a nivel de la función sexual. El patriarcalismo establece la relación de pareja a partir de principios de desigualdad y su característica fundamental es la «dualización» de la función sexual de la mujer. La presión del poder masculino ha

**El patriarcalismo  
establece la relación  
de pareja a partir  
de principios  
de desigualdad  
y su característica  
fundamental  
es la «dualización»  
de la función sexual  
de la mujer.**

---

conseguido que tanto las instituciones como la estructura social legitimen la escisión del ser femenino, según funciones específicamente asignadas, con el concepto de que ésta favorece la estabilidad de la familia. Un sector de la población femenina se sacrifica por el otro; uno representa la normatividad respetable y el otro encarna la contracultura, siendo indispensables los dos. Uno disfruta de la aprobación social y el otro es vilipendiado. Uno representa el deber y la respetabilidad y el otro un apetecible recurso para escapar del pacto social. Las dos clases de mujeres constituyen una unidad esquizofrénica al servicio del hombre, ya que cada una de ellas le proporciona, desde su status, distintas satisfacciones en la función sexual. Sin embargo, sólo una (la esposa) representa con su comportamiento el honor, mientras que la otra (prostituta o concubina) es una imagen encubierta, de alcances sexuales vedados a la primera.

En el desempeño de su sexualidad, las dos imágenes femeninas patriarcales actúan bajo premisas diferentes; la esposa es propiedad del hombre, condición que le impone fidelidad a su dueño, quien finca en dicha fidelidad su honor varonil. El costea su vida material y determina su status social; ella le retribuye cumpliendo funciones específicas: proporcionarle hijos legítimos, a su voluntad, y gratificarlo sexualmente según los supuestos culturales incluidos en el concepto de «débito conyugal». En el proceso reproductivo ella juega el papel secundario de recipiente instrumental, ya que el esencial corresponde al hombre.

Dos creencias particularmente arraigadas solían asociarse al género en la función sexual: la fertilidad o su carencia son cualidad o defecto exclusivamente femenino y el sexo del descendiente lo determina la madre. De ahí la legitimación del castigo o repudio a la «estéril» o a la que no procrea hombres, puesto que el varón no podía admitir ser la causa; aún hoy en día es difícil conseguir que se someta a pruebas de fertilidad y reconozca avances científicos que señalan su participación o culpa en ello.

La mujer supletoria proveniente de diferentes categorías sociales jugaba un papel gratificante que la esposa no podía asumir. Los avances médicos, la educación femenina, la liberación de valores religiosos patriarcales —y

su autovalidez económica— atenúan y transforman poco a poco el ejercicio de la función sexual. Se debilita el sentido de propiedad sexual de la cónyuge, que adquiere libertad no sólo para dar gratificación plena a su marido, sin detrimento de su imagen de esposa legítima, sino para exigirla y negarla a voluntad. La reproducción no es impuesta por decisión de su cónyuge y la pareja planea la llegada de los hijos y su número.

El cambio observado en la relación de pareja se extiende fuera del área marital. Los valores de castidad prematrimonial se transforman con el derecho de la mujer a ejercer voluntariamente su sexualidad, fenómeno que en la actualidad ocurre aun en etapas juveniles precoces. Se considera que, al igual que el hombre, ella tiene derecho a buscar, recibir y prologar goce sexual antes del matrimonio.

Los cambios que viven las parejas frente a la sexualidad resquebrajan la dualización de la mujer frente a la función sexual. Con un solo ego femenino, puede concentrarse en sí misma y cumplir tanto con la función gratificante como con la reproductora, a voluntad.

En forma correlacionada cambian los valores culturales condenatorios de las relaciones prematrimoniales. Algunos consideran que éstas pueden dar mayor estabilidad a la pareja para su vida matrimonial. Por ello, el requisito de virginidad como ofrenda femenina al matrimonio pierde el carácter de garantía de fidelidad conyugal que le asignaban los principios patriarcales. Al borrarse la imagen femenina dual, se impone la fidelidad mutua y se elimina el privilegiado escape masculino de las relaciones extraconyugales. Ya no son los principios de honra social los que mantienen la fidelidad en la relación de los géneros sino el compromiso voluntario surgido de la interacción erótico-afectiva de la pareja. De esta manera, hombre y mujer se obligan por igual a mantener vigente el pacto.

Los cambios introducidos en la función sexual han dado origen a conflictos fuera del área familiar. El patriarcalismo facilitó el incesto; modernamente, el mismo poder de imposición varonil sobre el sexo débil favorece el acoso sexual en campos igualitarios o jerarquizados, o dentro de cualquier área social que compartan los géneros. Al romperse, con la educación superior y el trabajo femenino, el principio patriarcal de reclusión hogareña de la mujer y debilitarse el papel defensor del pariente, sin que por otra parte se alteren los principios culturales que enaltecen la conquista y la seducción masculina, ella sigue siendo el trofeo de las lides sexuales masculinas. También la mujer ha llegado a ejercitar el acoso sexual contra el hombre, y



sacar partido de ello, al acceder al dominio de su libertad sexual y escasear las figuras femeninas supletorias gratificantes. En estos conflictos los valores y normas, tradicionales y modernos, se confrontan y apuntalan, haciendo más compleja la interacción.

## Hacia una nueva perspectiva de las relaciones familiares

De otra parte, las funciones de crianza y socialización temprana cambian de foco y agente. En el patriarcalismo correspondían a la madre, con la colaboración del padre como parte del proceso formativo de imágenes identificatorias por sexo. Este reparto y los valores culturales conexos a la relación interconyugal y progenitor-filial restringieron la acción del progenitor. Los criterios de masculinidad inhibían, en ciertas regiones y estratos sociales, la participación paterna en las funciones citadas. Hoy, la noción patriarcal conyugal que ceñía la relación con los hijos a principios de respeto y temor se ha modificado. La figura moderna del progenitor favorece el cariño y la amistad, elementos que promueven una relación más cercana, no sólo de la pareja sino entre los demás miembros de la familia, especialmente los hijos.

El principio de autoridad también ha experimentado cambios. El marco tradicional forzaba al progenitor a distanciarse de su prole y exaltaba



como figura cercana y tierna solamente a la madre. Con el paso de una autocracia masculina a una autoridad democrática se modifica el perfil cultural de los géneros y se desdibujan las cualidades adscritas en forma antagónica. De este modo ambos padres pueden estar psicoafectivamente cercanos a sus hijos, sin detrimento de la imagen del progenitor.

El cambio de territorio y agente de socialización temprana y crianza antes mencionado puede ser factor de nuevas transformaciones. Al verse obligada la pareja a trasladar dichas funciones a instituciones públicas y privadas —por la necesidad de la coprovidencia o jefatura económica de la madre—, se verificó paulatinamente un cambio en los roles hogareños adscritos por género.

Debido a los valores asociados al reparto de tareas, la transformación ha sido lenta; se ha pa-

sado del conflicto de roles femeninos al establecimiento de compromisos de pareja en cuanto a la cobertura de los roles domésticos. El apremio familiar generado por la ausencia de la madre trabajadora ha forzado a romper patrones culturales, consiguiendo que hombre y mujer colaboren, sin repudio ni demérito social, en la complementación de las funciones desplazadas y en otras tareas hogareñas, transformación que favorece la equiparación de los géneros en este campo.

Con el desplazamiento de la crianza y la socialización precoz, se acrecienta el papel de otro actor, el maestro, cuya imagen adquiere, por la suplencia de la función, más relieve que la de los progenitores. Cabe anotar que en estas generaciones de socialización desplazada el papel de los medios de comunicación y los pares sociales generacionales adquiere también especial importancia.

El manejo de la autoridad y la determinación del status por género han sufrido un cambio radical que afecta la estructura tradicional de la pareja. La autocracia masculina impuso la imagen del patriarca, amo absoluto de la familia, bajo cuya autoridad y poder se escalonaban los demás miembros del hogar. Recordemos que esta posición se mantenía, en parte, por una jefatura económica que le permi-

tía subordinar a todos los que de ella dependían. La posición de la cónyuge empieza a cambiar, hasta equipararse a la de él, gracias a su participación en el sostenimiento del hogar. Si la jefatura y la representación de la familia pertenecían al hombre patriarcal en razón de que éste proporcionaba el pan, igual derecho corresponde a la esposa coprovedora. De ahí el conflicto que afronta el hombre tradicional cuando debe ceder el paso a la compañera trabajadora que exige tomar parte en las decisiones de la familia y en las suyas propias. Además, puesto que la ley misma impone a la mujer la obligación de colaborar para el sustento del hogar, se justifica su salida del área doméstica hacia el campo laboral.

Esta salida conlleva un cambio fundamental para la mujer: la conquista de una libertad de movimiento, territorio, relación, tiempo, actividad, etc. que el patriarcalismo no le permitía. En algunos sectores sociales la mujer moderna está dando un vuelco radical, pasando de ser objeto de decisión a sujeto de la misma, proceso que afecta radicalmente la relación de los géneros.

La relación de los géneros también está en juego frente al status total. El hombre y la mujer tradicionales portaban un status adscrito y otro adquirido. En el caso del primero, ser hombre o mujer escalonaba diferencialmente. El status adquirido se establecía en relación con los logros obtenidos en el desempeño de las funciones que cada sexo debía cumplir. Como el mérito mayor lo alcanzaba el hombre, él se situaba preferencialmente y su compañera medraba a su sombra; valía

socialmente por su esposo, hijo, padre, hermano u otro pariente masculino.

En la actualidad se ha empezado a descartar el status adscrito que jerarquiza los géneros por su naturaleza biológica y se hace más énfasis en el status adquirido, en el cual hombre y mujer pueden, en circunstancias cada vez más similares, situarse individualmente. Esta y las demás transformaciones descritas indican que nuestra sociedad se acerca a la meta de la equiparación de los géneros.

**E**n algunos sectores sociales la mujer moderna está dando un vuelco radical, pasando de ser objeto de decisión a sujeto de la misma.

# Novedades editoriales

## POBLACION Y AMBIENTE

Interrelaciones que afectan el desarrollo andino



**César A. Quiroz Peralta**  
**Eloísa Tréllez Solís**  
Editores

Centro Ambiental Latinoamericano  
de Estudios Integrados para el  
Desarrollo Sostenible - Caleidos  
Lima, Perú

El desarrollo humano tiene como objetivo el bienestar de los seres humanos de un país o una región. Para ser sostenible, debe asegurar ese bienestar en el tiempo, garantizando también el cuidado, conservación, uso racional y, de ser posible, el acrecentamiento de los recursos ambientales.

Para lograr esto, una condición indispensable es el conocimiento de la forma de operación de las interrelaciones entre la dinámica poblacional y la dinámica ambiental y del impacto de ellas en los procesos de desarrollo de los países. De ello trata este libro, en el que un grupo de especialistas latinoamericanos analizan la situación de esas interrelaciones en sus respectivos países.

## INTEGRACION, DESARROLLO ECONOMICO Y COMPETITIVIDAD

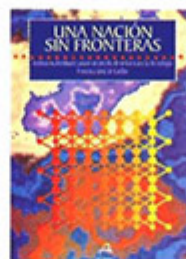
Compilador: **Jaime Acosta Puertas**

CAF, Creset, IFI,  
Ministerio de Comercio Exterior

Este libro recoge las conferencias y comentarios del I Seminario de Prospectiva Internacional: Integración, Desarrollo Económico y Competitividad, realizado por el Centro Regional de Estudios del Tercer Mundo Creset y el Ministerio de Comercio Exterior en la ciudad de Santafé de Bogotá.

Los puntos centrales del libro giran en torno a los contenidos futuros, forma y trayectoria de la integración regional, a la luz de las experiencias propias y de otras latitudes y de las políticas macroeconómicas vigentes en la región.

## UNA NACION SIN FRONTERAS



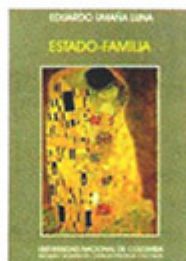
Instituto Colombiano para el desarrollo  
de la Ciencia y la Tecnología  
Francisco José de Caldas  
Colciencias

*Una nación sin fronteras* es producto y es resultado. Es el producto de dos o tres años de recorrer el mundo con el único propósito de unir a los investigadores colombianos residentes en el exterior.

Es el resultado de las actividades que desde entonces realizan esos investigadores. Reunidos cerca de Santafé de Bogotá, un centenar de colombianos procedentes de más de una veintena de países conocieron «en persona» a sus colegas con quienes, a través de una red electrónica, la Red de Caldas, ya adelantaban iniciativas de proyectos de investigación.

El libro presenta además los listados y el directorio de los científicos que forman parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

## ESTADO-FAMILIA



**Eduardo Umaña Luna**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Derecho, Ciencias  
Políticas y Sociales

Esta obra fue concebida y realizada con ocasión del análisis de los principios constitucionales que sobre la familia consagró la Carta Política de 1991, en el

marco de la labor del autor como profesor de los programas de postgrado.

Se trata de una rica y densa contribución al contenido de esa estructura fundamental de las sociedades contemporáneas, pero en este caso desde la perspectiva de la reorganización política en curso, que ha permitido que se abandone ese largo silencio de nuestras instituciones constitucionales sobre la significación de la célula familiar, para hacer posibles los nuevos desarrollos legales y jurisprudenciales que la realidad de la familia colombiana reclama.



**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.**

## CHOCO. DIVERSIDAD CULTURAL Y MEDIO AMBIENTE



**Myriam Jimeno,  
María L. Sotomayor,  
Luz M. Valderrama**

Fondo FEN Colombia

El Chocó es una región casi desconocida para los colombianos, acostumbrados a reducirla a estereotipos sociorraciales arraigados. Sin embargo, surge ahora un interés por el Chocó, nacido de los temores cada vez más generales frente a la destrucción ambiental.

Los materiales de este libro tienen interés como elementos para un diagnóstico general del Chocó, con énfasis en la interrelación entre la diversidad cultural y el manejo del medio ambiente. A través de diversos indicadores sociales se ofrece una visión somera del Chocó y sus principales rasgos en el presente; un presente que coloca a esta región como centro de interés internacional en razón de la conservación de un elemento estratégico: la biodiversidad.

## DESARROLLO ENDOGENO Comercio, cambio técnico e inversión extranjera directa

Compilador: **Jaime Acosta Puertas**

Creset, Colciencias, Fonade

El objetivo específico de esta publicación es la reflexión sobre distintos aspectos estructurales que en el largo plazo inciden sobre la evolución dinámica de una economía en desarrollo. La expresión «desarrollo endógeno» se asumió como título de esta publicación bajo el supuesto de que la mayor competitividad, transformación estructural de una economía y mejores condiciones de vida para los ciudadanos, dependen más de políticas y estrategias de carácter endógeno, antes que de fuentes exógenas de crecimiento. Desde esta posición se abordan los temas sobre política científica y tecnológica, política comercial, desarrollo económico y regional, inversión extranjera y formación del factor humano.

## CIENCIA, TECNOLOGIA Y DESARROLLO

**Eduardo Martínez**

ONU, Unesco, Cepal-Ilpes, Cytcd

Este libro es una selección de 14 ensayos que, con rigor y autoridad académica, examina las interrelaciones entre la ciencia, la tecnología y el desarrollo y constituye una penetrante «revisión de la literatura» contemporánea sobre temas como filosofía y sociología de la ciencia, teorías de sistemas y las ciencias sociales, prospectiva tecnológica, progreso técnico, innovación y cambio tecnológico, vinculación de la investigación científica y tecnológica con las unidades productivas, gestión tecnológica, transferencia de tecnología, evaluación multicriterio de proyectos, entre otros.

## FRANCISCO JOSE DE CALDAS: A SCIENTIST AT WORK IN NUEVA GRANADA

**John Wilton Appel**

The American Philosophical Society

Francisco José de Caldas se dedicó relativamente tarde en la vida a la misión de documentar la flora colombiana de la época colonial. Se interesó también por la astronomía, geografía, botánica y meteorología. Fue el primer director del observatorio astronómico de Santafé de Bogotá y editó su propia revista científica titulada «El Semanario del Nuevo Reino de Granada». Fue gran amigo de Alexander von Humboldt y de José Celestino Mutis.

## DUGANDIODENDRON Y TALAUMA (MAGNOLIACEAE) EN EL NEOTROPICO

**Gustavo Lozano Contreras**

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

El profesor Gustavo Lozano Contreras presenta en este libro un tratamiento taxonómico de los géneros *Dugandiodendron* y *Talauma* (*Magnoliaceae*) para el ámbito neotropical, y describe información nueva acerca de la anatomía, morfología, hábitat, geografía y usos de las plantas que pertenecen a estos géneros.



## **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, cambio de divisas, etc. y que "vuele" a atender sus necesidades en el momento que usted lo requiera. Acérquese al Banco Popular y realice negocios sin fronteras.

 **banco popular**  
**ESTE ES SU BANCO**

**¡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 GRANCOLUMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA  
Usted nos tiene a nosotros

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



ESTUDIO GRANAHORRAR

CONTACTO BATES