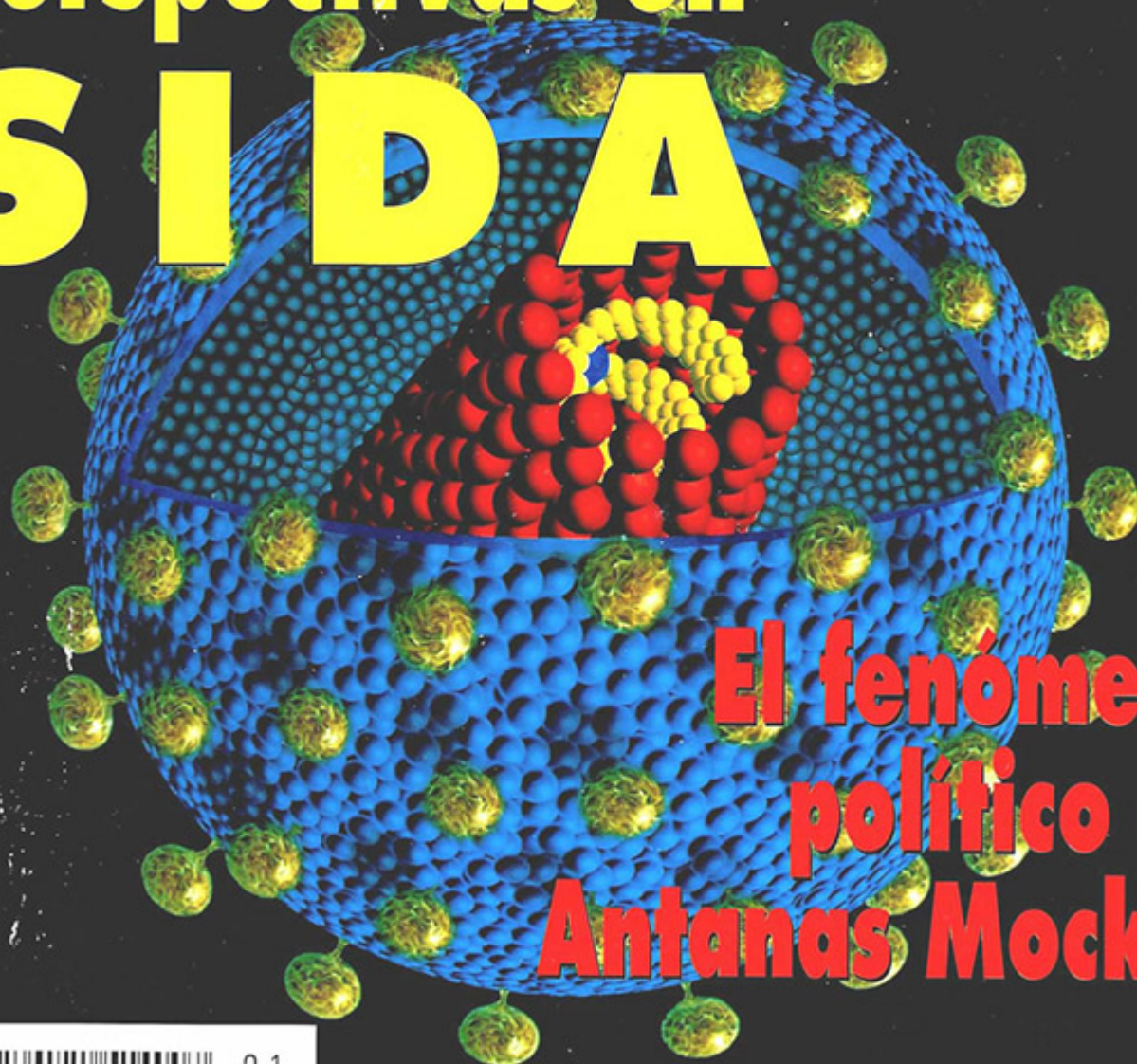


Innovación y Ciencia

VOLUMEN VI, N° 1, 1997

Perspectivas en **SIDA**



**El fenómeno
político de
Antanas Mockus**

**Tendencias actuales de
los sistemas de bases de datos**

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$6.200.00



9 770121 514007

01

EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGIA

97

V Feria Internacional de la Ciencia y las Innovaciones Tecnológicas



INDUSTRIAS ♦ ENTIDADES ESTATALES
UNIVERSIDADES ♦ CENTROS DE INVESTIGACION
ASOCIACIONES CIENTIFICAS ♦ PROVEEDORES ♦ INVERSIONISTAS
EXHIBICIONES ESPECIALES ♦ ACTIVIDADES ACADEMICAS
RUEDA DE NEGOCIOS

OCTUBRE 1 al 8 en CORFERIAS

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

Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea
**INNOVACION
Y CIENCIA**

Suscríbese ya por sólo \$ 29.000 al año

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





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

Presidente
Eduardo Posada

Directora ejecutiva
Nohora Elizabeth Hoyos T.

Innovación y Ciencia

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación
Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC.

Coordinadora editorial
Rosario Martínez

Comité editorial
Nohora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina, Eduardo Posada,
Manuel Cardozo, Rosario Martínez, Andrés M. Pérez-Acosta.

Asesoría editorial
Mauricio Pérez Gil

Consejo editorial internacional
José Fernando Escobar, Leon Lederman,
Isabel Llano, Rodolfo Llínas, Abdus Salam

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

Corresponsales
Juan Carlos Salcedo, Alba Avila

Publicidad
Clara López, Lilián Torres

Secretaría
Yenny Yuliett Arias

Corrección de estilo
Beatriz Peña, Germán González

Diseño gráfico y producción
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

Fotografía
Photo Images Ltda., Image Bank, Stock Visual

Preprensa electrónica
Elograf Ltda

Impresión
Printer Colombiana S. A.

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

DERECHOS RESERVADOS.

Prohibida su reproducción parcial o total
sin autorización expresa del Consejo Editorial.
La publicación no es responsable legal del contenido
de la publicidad de la revista.

Esta publicación ha sido realizada con la
colaboración financiera de Colciencias, entidad
cuyo objetivo es impulsar el desarrollo científico
y tecnológico de Colombia.

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

Venc. dic 98.
A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camillo Torres. A.A. 92581.
Fax: 2216950. Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.
e-mail: acac1@colciencias.gov.co
Santafé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$6.200.
Suscripción (5 números al año): \$29.000.

CONTENIDO



Hoy en día, los términos
"SIDA" y "esperanza" se han
podido ligar de nuevo en la
mente de quienes investigan
y padecen la enfermedad.

NOTA DEL EDITOR

Sin ciencia, no hay deporte

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

En búsqueda de los orígenes.

8

Nuevas perspectivas terapéuticas en el Sida.

12

Una nueva forma del carbono promete grandes
aportes a los materiales del futuro.

16

Propiedad industrial y capacidad endógena
de investigación y desarrollo

18

VISTAZOS

¿Por qué no son tres los sexos?
Baterías de litio no tóxicas.
¿Puede el colesterol alterar el estado de ánimo?
¿Adicción al chocolate?
El tabaquismo también entra por los ojos.
Se revela el misterio de la celulosa.
¿Coexistieron varias especies *Homo*?
Un planeta dentro del planeta.

22

ARTICULOS

Artrópodos, sistemática y conservación: un compromiso para el próximo siglo

Los artrópodos comprenden la gran mayoría de organismos conocidos en el mundo. Se usan en estudios de biogeografía, ecología y conservación. Pero, al igual que muchas otras especies, su número está disminuyendo preocupantemente por la acción del hombre sobre el planeta. Se presentan las iniciativas de acción ante esta situación, incluyendo el Instituto Humboldt, cuya misión es promover el conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad colombiana.

26

La catálisis y su impacto en el desarrollo de la sociedad

La catálisis tiene hoy un gran impacto sobre el desarrollo industrial. El autor presenta aspectos históricos, evolución del área y estrategias de trabajo, a la vez que analiza su actual panorama mundial, sus desafíos futuros y su potencial en Colombia.

34

Importancia del *Bacillus thuringiensis* en el control de insectos

Bacillus thuringiensis es probablemente el microorganismo más importante para el control biológico de insectos a nivel mundial, pues las toxinas que produce son miles de veces más poderosas que los insecticidas químicos comunes. La investigación sobre esta bacteria en Colombia ha dado como resultado una nueva subespecie: *medellin*.

44

Desarrollo tecnológico y tendencias actuales de los sistemas de bases de datos.

Este artículo presenta el desarrollo histórico del campo de los manejadores de bases de datos y describe el panorama industrial actual de los manejadores de datos relacionales. Concluye con una discusión sobre las limitaciones de este tipo de manejadores, y presenta las tendencias tecnológicas en el desarrollo de nuevas generaciones de manejadores de datos (objeto-relacional y orientado a objetos).

54

El fenómeno político de Antanas Mockus Sivickas.

El fenómeno social que representa Antanas Mockus Sivickas, es analizado en este artículo desde la perspectiva psicológica y sociológica. Las acciones simbólicas del controvertido catedrático y político suprapartidista, han despertado diversidad de opiniones en los medios de comunicación. Sin embargo, las apreciaciones usualmente se han basado en la estructura superficial de los mensajes, el artículo busca aportar elementos de juicio para el debate sin tomar posición frente al fenómeno.

64

NOVEDADES EDITORIALES

73



Arigato, Colombia.

(Gracias Colombia, en Japonés)

Mazda 323 Coupé, NS y Valet,
los más populares.
Fuente Revista Motor, Feb. 12/97

Fuente Yankelovich,
Revista Semana, Feb. 24/97

Mazda 626 L Asahi,
el más vendido en su categoría.

FUE UN AÑO DURA
Los vehículos de alto nivel que las

EL GR
Vehículos de lujo, de más de 27 millones

La opinión de los usuarios
Comprenden la gama popular del mercado

¿CUANDO PIENSA EN LA PRIMERA MARCA QUE RECUERDA?

Marca	Porcentaje
Mazda	26,6
Renault	20,0
Ford	14,3
Peugeot	11,4
Volvo	10,0
Seat	7,1
Alfa Romeo	7,1
Mercedes	7,1
BMW	7,1
Audi	7,1
Subaru	7,1
Toyota	7,1
Nissan	7,1
Jeep	7,1
Land Rover	7,1
Mini	7,1
Hyundai	7,1
Kia	7,1
Suzuki	7,1
Isuzu	7,1
Mitsubishi	7,1
Daewoo	7,1
Chrysler	7,1
Vauxhall	7,1
Skoda	7,1
Seat	7,1
Alfa Romeo	7,1
Mercedes	7,1
BMW	7,1
Audi	7,1
Subaru	7,1
Toyota	7,1
Nissan	7,1
Jeep	7,1
Land Rover	7,1
Mini	7,1
Hyundai	7,1
Kia	7,1
Suzuki	7,1
Isuzu	7,1
Mitsubishi	7,1
Daewoo	7,1
Chrysler	7,1
Vauxhall	7,1
Skoda	7,1

1. Mazda 323 (Coupé, NS Valet)
2. Chevrolet Sprint
3. Chevrolet Corsa (5 puertas, 3p)
4. Renault 9 (Brisa, Personalité 1.3)
5. Skoda Felicia
6. Ford Festiva HB y Notch
7. Fiat Twingo

1. Mazda 626 L Asahi
2. Matsuri HB y Sedán
3. Nissan Bluebird
4. Chevrolet Cavalier
5. Renault Laguna
6. Honda Accord
7. Volvo Espero 1.8
8. Alfa Romeo 164

El aumento en la compra de automóviles nuevos es una de las tendencias más importantes del mercado en los últimos años

Gracias Colombia por darnos el primer lugar en sus garajes y sus corazones. Y es recíproco. Para Mazda, el consumidor está siempre en primer lugar en todo. Es por él que trabajamos, perfeccionando nuevas tecnologías, produciendo carros cada vez más seguros y en armonía con el medio ambiente. El amor con amor se paga.

mazda
Trabajando por el país que queremos.

NOTA DEL EDITOR

Sin ciencia, no hay deporte

Nadie se atrevería hoy a poner en duda la importancia que la práctica del deporte tiene para la sociedad humana. Desde la más remota antigüedad, el hombre ha practicado actividades físicas que hoy podrían calificarse de deportivas, como lo atestiguan las pinturas rupestres o los testimonios de los conquistadores españoles de América. Parece evidente que la actividad física y la competencia, ya sea individual o por equipos, son inherentes a la naturaleza humana y, más aún, necesarias para lograr un adecuado equilibrio corporal y psicológico. Como en muchos otros campos, es en la edad de oro de Grecia cuando aparecen de manera estructurada las competencias de diverso tipo que dieron origen a los antiguos juegos olímpicos, base de las justas que, gracias a Pierre de Coubertin, permitieron el nacimiento del deporte moderno.

A la luz de la medicina actual, es evidente que la actividad física frecuente es esencial para mantener el buen funcionamiento del organismo y también para combatir las tensiones psíquicas generadoras de desequilibrios y violencia. Si bien en el pasado esa actividad era parte indispensable de la vida cotidiana, en el mundo moderno, debido en parte a los progresos de los medios de transporte, de las telecomunicaciones, de las máquinas y de la automatización, el individuo tiene una vida cada vez más sedentaria, casi desprovista de oportunidades para realizar una actividad física suficiente.

Por todo lo anterior, la práctica regular de alguna forma de deporte debe considerarse como indispensable para mantener la buena salud física y mental del individuo y permitirle gozar de una vida activa hasta una edad avanzada.

Conocedores de lo anterior, los países industrializados han abierto un espacio particularmente importante a este tema, dando desde la escuela una alta prioridad a la educación física y creando escenarios adecuados para permitir la práctica de muy diversos deportes a la población en general, dentro de un marco estructurado y con el apoyo de orientadores especializados en las diversas disciplinas.

Dentro de ese contexto, la ciencia juega un papel cada vez más importante, no sólo en lo que se refiere a la investigación sobre los efectos fisiológicos y psicológicos de la práctica deportiva, sino en el diseño de los aparatos y accesorios utilizados para ella. De esa manera, se conforman equipos interdisciplinarios en los cuales participan tanto fisiólogos, nutricionistas, psicólogos y biólogos como químicos, físicos, especialistas en materiales e ingenieros electrónicos. Al igual que en la mayoría de las actividades humanas, la ciencia ha adquirido, por lo tanto, una posición privilegiada en este campo, constituyéndose en herramienta clave para

obtener el mayor beneficio de la práctica deportiva, haciéndola cada vez más segura y agradable.

Si bien a menudo los países industrializados han hecho grandes inversiones en este sector, construyendo costosos escenarios deportivos, escuelas de deportes y apoyando la realización de espectaculares torneos, naciones más modestas como Cuba han demostrado, a través de sus éxitos en justas internacionales, que, aun con recursos limitados, es posible alcanzar un nivel muy alto, siempre y cuando se proceda de manera sistemática y perseverante. Parece ser que, como en muchos otros casos, lo que se requiere es una decidida voluntad gubernamental, organización, continuidad y, por ende, planeación a largo plazo, todo ello acompañado de un apoyo científico serio y competente.

Al igual que en muchos otros sectores considerados de menor prioridad, el deporte en Colombia ha ocupado siempre un lugar secundario en las preocupaciones de los gobiernos, que no tienen en cuenta, por lo anteriormente expuesto, su papel esencial para proporcionar un mayor bienestar a la comunidad. Ello sin tener en cuenta su posible contribución a la solución de los dramáticos problemas de salud y de violencia que aquejan a nuestra sociedad.

Prueba de esa indiferencia son los lamentables resultados que nuestros deportistas obtienen en torneos internacionales de importancia, tales como los juegos olímpicos, para no citar sino uno de ellos, y que no guardan ninguna proporción con el tamaño de nuestra población. Los logros en deportes como el patinaje o los bolos (que desafortunadamente no son olímpicos) resultan de esfuerzos continuados de muchos años y se deben más a acciones individuales que a políticas gubernamentales. Las increíbles fluctuaciones en los resultados de nuestros ciclistas y futbolistas, brillantes un día y pésimos al siguiente, sirven para confirmar que, si bien la materia prima de calidad existe, no hay ninguna continuidad en las políticas. Los entrenadores carecen de las calificaciones necesarias y, lo que es más grave, no existe ningún tipo de apoyo científico serio en ese campo.

Ojalá, como lo ha venido haciendo en las ciencias naturales y, más recientemente, en las ciencias sociales y las ingenierías, el gobierno inicie con urgencia un programa de alto nivel para la formación de recursos humanos para el deporte, acompañado de la creación de una verdadera infraestructura de investigación en ciencias del deporte, que posibilite a ese sector jugar el papel vital que le corresponde en la creación de la sociedad más justa y tolerante que todos anhelamos.

EDUARDO POSADA F. NOHORA ELIZABETH HOYOS
Presidente Directora Ejecutiva

En búsqueda

Cuando en 1989 el periodista francés Guy Sorman publicó un libro titulado *Los verdaderos pensadores de nuestro tiempo*, estaba haciendo realidad un sueño de infancia: consultar una biblioteca viviente, explorar el pensamiento en su fuente, sin tener intermediarios, ni siquiera las palabras escritas.

Mi biblioteca, dice Sorman, está constituida por «sistemas contradictorios» y consultarla es familiarizarse con la naturaleza misma de la búsqueda, construida sobre interrogaciones y no sobre incertidumbres: entre Lévi-Strauss (antropología estructural) y Wilson (sociobiología) hay desacuerdo total respecto a los orígenes de la cultura; sobre el papel del azar en los fenómenos físicos, Thom (teoría de las catástrofes) y Prigogin (teoría del caos) son irreconciliables; Kimura (genética de poblaciones) contradice a Gould (biogeografía) en lo tocante a la selección natural de las especies... Pero, como explica Popper (falsación de hipótesis), la luz brota del cuestionamiento permanente de teorías.

Sorman entrevistó a 28 hombres que consideraba verdaderos pensadores, según su propia definición: «aquéllos tras los cuales ya no es posible pensar como antes en su disciplina». Una muestra de individuos de ruptura —sin que ello implique que al romper hayan tenido siempre razón—, que quebrantan normas, corren fronteras y son «constructores de sistemas» (criterio que le sugirió el historiador británico Isaiah Berlin).

da de los orígenes

Entre ellos, Bettelheim: comportamiento en situaciones extremas; Minski: inteligencia artificial; Von Hayek: estructura de la producción; Nandy: psicología política; Lovelock: Gaia; Chomsky: lenguaje y pensamiento; Paz: papel social del poeta; Swaminathan: biotecnología solidaria; Tresmontant: ciencia y monoteísmo; Gombrich: arte e ilusión; y Carl Sagan, por supuesto,

«Carl Sagan es guapo, rico e irritante; su aguda inteligencia rivaliza con su popularidad. Junto con su mujer ha producido una serie de televisión y un libro, *Cosmos*, que han tenido centenares de millones de telespectadores y de lectores. Un monumento de la divulgación científica». Para Sagan lo complicado merece ser explicado con claridad y conocido por el mayor número de personas. «... sabio institucional al frente de gigantescos medios de investigación sin precedentes (...) responsable de las grandes expediciones científicas (...) *Vikingy Voyager* (...) el laboratorio que dirige en la Universidad de Cornell es una autoridad en la reconstrucción in vivo de los orígenes de la vida orgánica. (...) uno de los rarísimos cosmólogos contemporáneos que permiten a los no iniciados acceder, si no a su propio nivel de conocimientos, si al menos al de sus preguntas esenciales.» Así describe Sorman al pensador. Veamos ahora algo de su pensamiento, expresado por él mismo durante una entrevista.

Sagan: *El Big Bang no es una teoría entre otras sobre los orígenes del universo. Es la única teoría científica. Con anterioridad no existían más que hipótesis metafísicas. (...) está, sin embargo, lejos de satisfacer nuestra curiosidad (...) seguimos sin saber por qué, ni cómo, ni qué había antes. (...) muy probablemente el universo tiene*

una historia de alternancias entre expansiones y contracciones, una historia cíclica semejante a la interpretación hinduista.

Guy Sorman: ¿(...)habrían tenido los hindúes la presciencia de lo que es el cosmos?

Sagan: *No. Cada religión tiene su propia versión del cosmos y es inevitable que en esta variedad de hipótesis una de ellas acabe por casualidad por parecerse a la observación científica. Pero son también los hindúes — otra coincidencia— quienes han fijado una fecha al origen de nuestro universo en una zona de tiempo próxima a la que ha establecido la astronomía moderna, 10 mil millones de años, y se considera que el Big Bang se produjo hará unos 15 mil millones de años.*

GS: ¿Pero es el Big Bang una verdad científica definitiva?

Sagan: *Nada, por definición, permite proclamar con seguridad que otros sabios no propongan en el futuro otra solución. Pero el Big Bang es una teoría sin debilidades aparentes. Es atestiguada por una serie de elementos convergentes reconocidos por la casi totalidad de la comunidad científica: el Big Bang es el paradigma fundamental de la cosmología moderna.*

GS: ¿Qué queda por descubrir a partir del momento en que los cosmólogos parecen tan seguros de conocer los orígenes del universo...?

Sagan: *(...)esperamos remontarnos lo más cerca posible al instante del origen, sin olvidar que las leyes de la*

física impiden llegar hasta el origen mismo (...) Otra preocupación importante: medir la cantidad de materia presente en el universo. Si resulta que dicha masa sobrepasa cierto umbral, ello querrá decir que la expansión actual del cosmos se detendrá necesariamente —dentro de algunos miles de años— y que se contraerá nuevamente hasta un punto único. Por tanto, la hipótesis de un mundo oscilante entre contracciones y explosiones se habrá confirmado. Pero

si se verifica que la cantidad de materia es inferior a este umbral, el universo seguirá expandiéndose indefinidamente, y el Big Bang habrá sido un acontecimiento único que no se reproducirá jamás. La única hipótesis imposible es la de un universo estable.

En su laboratorio de Cornell, Carl Sagan me mostró cómo se puede crear vida en una botella... si no la vida, al menos los elementos constitutivos de la vida... recrear el proceso que, a partir

de átomos dispersos en el universo, desemboca en la vida.

Sagan: *es muy probable que sobre este esquema los rayos del Sol desencadenaran en la Tierra la evolución en el «caldo original». Pero si la vida es tan fácil de crear, ¿debemos deducir de ello que existe en otra parte?*

En Pasadena, California, Carl Sagan ha creado una emisora de radio... destinada a eventuales oyentes de nuestra galaxia. Abarca simultáneamente ocho millones de frecuencias...

Carl Sagan
murió convencido
de que «la ciencia
es una luz en la
oscuridad»

Sagan: *en caso de que recibamos una señal de respuesta, aunque sea incomprensible, será la prueba de que no estamos solos en el cosmos(...)*

GS: *¿Qué sabemos hoy de las posibilidades de vida en las cercanías, en nuestro propio sistema solar?*

Sagan: *Las probabilidades son casi nulas. ¿Quizá tenemos aún que aprender que la vida es susceptible de revestir formas inimaginables? (...) actualmente es seguro que no existen marcianos. Podría haberlos en el futuro, en caso de que el hombre colonizara Marte(...)Técnicamente es posible, pero ¿es deseable desde un punto de vista político?*

Para Sagan, lo más urgente no es colonizar el espacio sino salvar la Tierra(...) se toma en serio el problema del calentamiento artificial de la atmósfera, los agujeros en la capa de ozono y el invierno nuclear. De todos, estima, el invierno nuclear es el más inmediato.

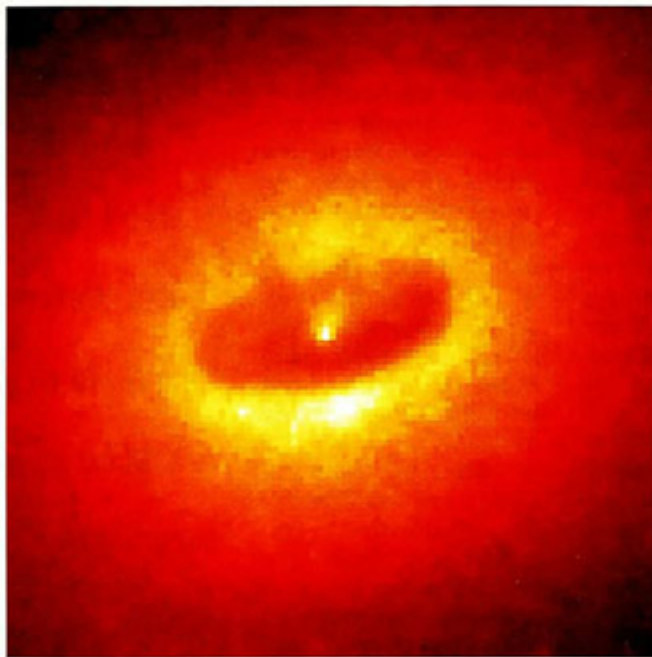
GS: *¿Qué propone a una humanidad bloqueada incómodamente a medio camino entre la mundialización y la autodestrucción?*

Sagan: *Es poco probable que la sabudiría gane la batalla si permanecemos encerrados en los marcos políticos y mentales concebidos en una época en que los hombres eran menos numerosos e incapaces de destruir el planeta. Sólo la utopía es hoy razonable. La utopía política: hay que retirar el poder a la clase política, para dárselo...¡a los sabios! La ciencia tiene respuestas, a condición de que se nos quiera escuchar. (...)Pero no estoy seguro de que la actual edad de oro de los sabios pueda prolongarse mucho.*

Según Sagan, hay que remontarse a las carabelas de los grandes descubrimientos para comprender la naturaleza y el alcance de una aventura que concierne a toda la humanidad. Por desgracia, nada garantiza que prosiga de manera lineal. La historia de la ciencia nos inclina-

ría más bien al escepticismo. Varias veces, en el pasado, la humanidad rozó descubrimientos esenciales, renunciando a proseguirlos.

Sagan: *En Jonia, en la encrucijada de las civilizaciones persa, fenicia, griega y egipcia, Hipócrates creó la medicina, Anaximandro levantó el primer mapa de las constelaciones, Empédocles presintió la evolución de las especies, Pitágoras fundó la Aritmética y Tales la Geometría y Demócrito tuvo la intuición de la estructura atómica de la materia. Con todo, un siglo más tarde, las fuerzas del oscurantismo ganaron la batalla y hubo que aguardar dos mil años para volver a encontrar este primer inicio de la ciencia moderna. (...) el incendio de la Biblioteca de Alejandría,*



Para C. Sagan, lo más urgente no es colonizar el espacio, sino salvar a la Tierra.

el proceso de Galileo(...) otros tantos testimonios del conflicto permanente, que en los occidentales opone el deseo de saber al deseo de no saber(...)

Tenemos tanto miedo del cambio como curiosidad por él. Se dice que occidente es la cuna de la libertad, pero también siente la permanente tentación de la huida de la libertad y el conocimiento. Estamos en uno de esos períodos en que la humanidad vacila. Valoramos las aportaciones de la ciencia, pero estamos al mismo

tiempo en busca de indicaciones y de mentores que nos descarguen de nuestras responsabilidades.

Según Sagan, los nuevos oscurantistas, religiosos o totalitarios, estarían dispuestos a unirse bajo una misma divisa: *¡prohibido pensar!*

Guy Sorman, periodista, habló con Sagan buscando algo más que una entrevista sensacional; quería demostrar que un especialista puede dialogar con no especialistas y ayudarles a «comprender qué buscan los científicos», aunque no puedan «compartir el gozo de sus descubrimientos», porque se negaba a aceptar la opinión corriente, reforzada por una educación que distribuye disciplinas en casilleros burocráticos: sólo las ciencias humanas (por poco científicas que sean) son accesibles para la «comprensión vulgar» y se rebelaba ante un hecho: «so pretexto de que la ciencia contemporánea es incomprensible, a nuestros hijos se les enseña la de anteaer, aunque se haya demostrado falsa».

Carl Sagan, astrofísico, consejero de la NASA, Director del Laboratorio de Estudios Planetarios del Centro de Investigación Espacial de la Universidad de Cornell, ganador del Premio Pulitzer de Literatura 1978 («Los Dragones del Edén»), murió convencido de que «la ciencia es una luz en la oscuridad» («Demon-Haunted World») y, lo más importante, vivió para comunicar y divulgar, empeñándose en devolverle a la especie la fe en su maravillosa capacidad de búsqueda de conocimiento.



M. Patricia García G.
Microbióloga,
Universidad de Los Andes

50% VERDE

ASI ES
CIUDAD
SALITRE

50% ROSA

SOLUCIONES CREATIVAS

VIGILADO
REPRESENTANCIAS
BENEFIT

Las edificaciones de la Mancomunidad son de propiedad y uso de todos.

Filial B.C.H. inmobiliaria integral

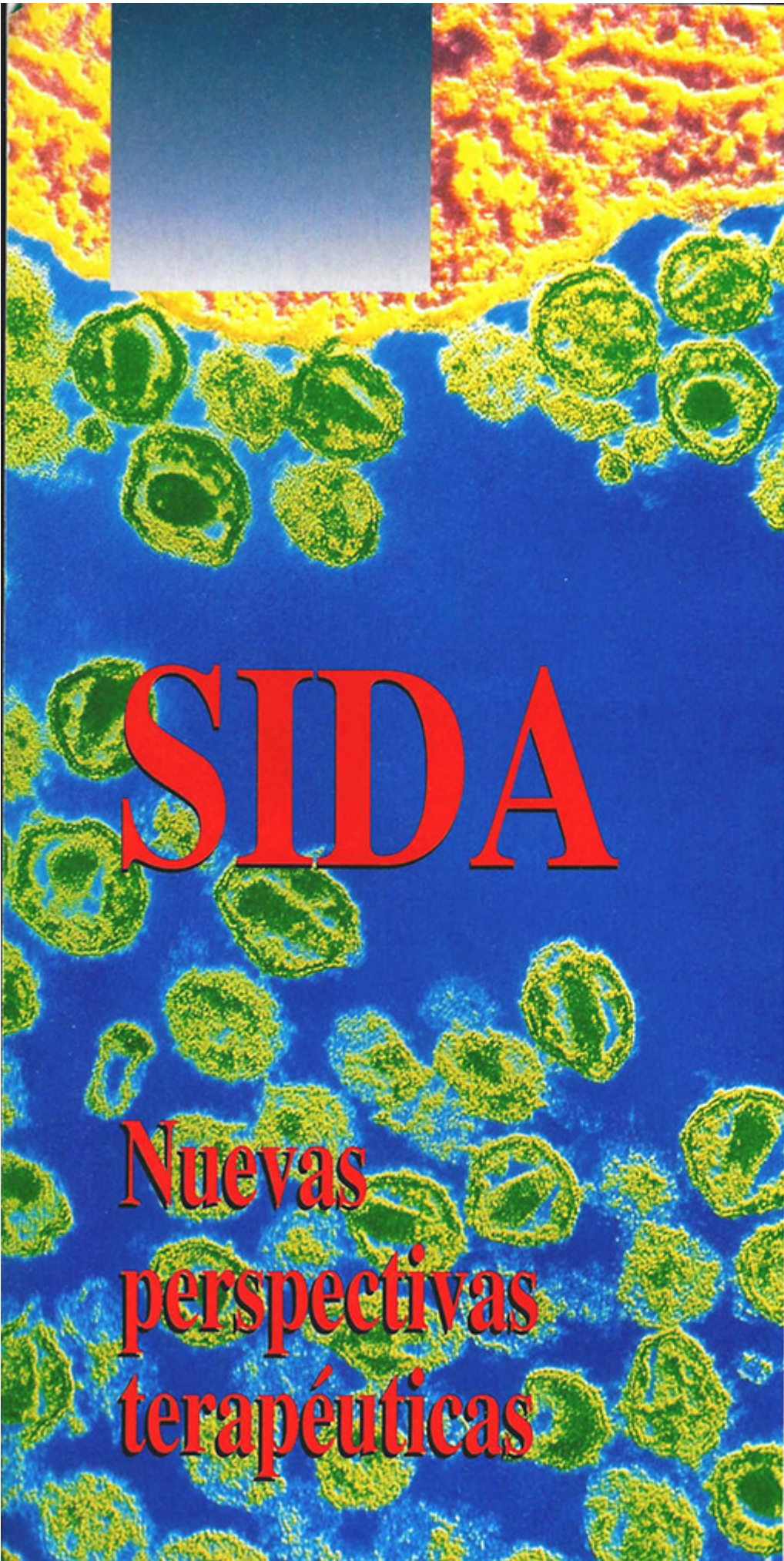


CIUDAD
SALITRE
Un ejemplo a seguir

Ciudad Salitre Es Otra Ciudad.
Lo Invitamos A Conocer Nuestros Nuevos Proyectos.
INFORMES: TIENDA INMOBILIARIA 295 3300 - 412 4707



Filial B.C.H.
Pensando en grande



SIDA

Nuevas
perspectivas
terapéuticas

1996 fue un año de grandes cambios en lo que al SIDA se refiere. Hace sólo 12 meses, la infección por VIH era considerada una sentencia de muerte. Hoy en día, los términos "SIDA" y "esperanza" se han podido ligar de nuevo en la mente de quienes investigan y padecen la enfermedad.

La revista *Time*, en su edición de diciembre-enero de 1997, otorgó el título de "Hombre del Año" al doctor David Ho, virólogo taiwanés de 44 años, como reconocimiento a los descubrimientos realizados por su equipo del Centro de Investigaciones en SIDA de "ADARC" (Aaron Diamond AIDS Research Center en Nueva York).

La distinción responde a las repercusiones que tendrá en la población mundial la definición de un esquema terapéutico novedoso, capaz de detener el desarrollo del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) en las personas infectadas por el virus de inmunodeficiencia humana (VIH).

Después de muchos años, las investigaciones desarrolladas por científicos de los laboratorios farmacéuticos parecen haber encontrado su rumbo; el descubrimiento de los inhibidores de la proteasa ofrece una nueva luz de esperanza en la lucha contra el SIDA. Las nuevas drogas son capaces de reducir drásticamente las concentraciones sanguíneas de VIH hasta niveles indetectables por los métodos disponibles actualmente, cuando se toman en una terapia "coctel" con otros fármacos antivirales.

Por su parte, la investigación básica ha revelado el papel protagónico de las quimiocinas, armas naturales del sistema inmunológico, en el proceso de infección por el VIH. Para que el virus pueda penetrar en las células, primero debe adherirse a las proteínas de la superficie celular, que normalmente sirven como receptores para las quimiocinas; algunos estudios han revelado que las personas con deficiencia congénita de estos receptores han resultado inmunes a la infección por VIH. Este descubrimiento ofrece nuevas

perspectivas con respecto a la patogénesis de la enfermedad y posiblemente, algún día, conduzca al desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas o incluso de vacunas.

Una vez dentro de la célula blanco (linfocitos CD4), el VIH inyecta su material genético en forma de ARN dentro del citoplasma celular. El ARN se transcribe a ADN mediante una enzima llamada transcriptasa inversa y se incorpora en los cromosomas celulares, con lo cual aprovecha la maquinaria de la célula para multiplicar su material genético en forma de ARN y poder fabricar nuevas proteínas virales. Para que las proteínas sintetizadas de tal forma puedan constituir nuevos virus, deben empaquetarse de acuerdo con su propio tamaño por el efecto de una enzima conocida como proteasa.

Hasta 1996, la única forma de interrumpir el proceso de multiplicación del virus era la inhibición de la transcriptasa inversa con medicamentos como la zidovudina (AZT) y otras drogas similares; pero con el tiempo, el VIH desarrolló mecanismos de resistencia para evadir este recurso. Por ello, fue necesario desarrollar una molécula que atacara el ciclo viral en otro punto. Los inhibidores de la proteasa ofrecen una nueva luz de esperanza para los enfermos de SIDA; sin embargo, muchos obstáculos deberán sortearse para que este tipo de drogas puedan extenderse en el mercado.

En primera instancia, los investigadores identificaron la estructura tridimensional de la proteasa; a continuación depuraron las características del medicamento durante años, mediante programas de computador para el diseño de drogas, hasta llegar a crear compuestos que pudieran ingerirse por vía oral y que tuvieran efectos secundarios mínimos sin perder su poder para bloquear la unión enzimática.

Finalmente, en diciembre de 1995, la FDA (Food and Drug Administration) en Estados Unidos aprobó el saquinavir, primer inhibidor de la proteasa con fines terapéuticos; posteriormente, y con un intervalo de tiempo muy corto,

Los términos "SIDA" y "esperanza" se han podido ligar de nuevo en la mente de quienes investigan y padecen la enfermedad.

fueron aceptados otros dos (ritonavir e indinavir) en marzo de 1996. Las investigaciones recientes han demostrado que los inhibidores de la proteasa, tomados en un esquema conjunto con inhibidores de la transcriptasa inversa, disminuyen las concentraciones del virus en sangre hasta niveles indetectables.

La investigación básica en SIDA también obtuvo resultados de gran trascendencia durante 1996, con la identificación de las quimiocinas (pequeñas proteínas involucradas en las respuestas inflamatorias). La primera línea de investigación en esta dirección buscaba explicar la razón por la cual un reducido grupo de infectados por VIH podía portar el virus durante varios años sin desarrollar la enfermedad. Un equipo de investigadores en San Francisco, California, postuló que los linfocitos CD8 en muchos de estos pacientes producían un factor capaz de suprimir la replicación viral, sin lograr, no obstante, aislar nunca la sustancia.

Por más de 10 años los científicos han tenido presente que el virus debe ligarse a una proteína específica de la membrana celular, conocida como CD4, antes de lograr penetrar en la célula. Sin embargo, el receptor CD4 no consigue por sí solo la adhesión y la entrada a la célula. Docenas de laboratorios habían estado a la

zaga del otro receptor con resultados frustrantes.

El 15 de diciembre de 1995, sólo nueve días después de que la FDA aprobara el primer inhibidor de la proteasa, los científicos del Instituto Nacional de Cáncer de Estados Unidos y del Instituto Científico San Rafael de Milán, Italia, reportaron haber identificado el misterioso factor anti-VIH. La molécula consta realmente de tres quimiocinas que trabajan en conjunto para suprimir el virus. Este hallazgo centró el trabajo de los investigadores en las quimiocinas y sus receptores; en junio de 1996, cinco equipos diferentes publicaron en tres revistas científicas el hallazgo de un receptor de quimiocinas llamado CCR5, que actúa como co-receptor de las cadenas del VIH predominantes en las etapas tempranas de la enfermedad. Este hallazgo se correlaciona muy bien con el hallazgo de que las personas con receptores CCR5 defectuosos no pueden ser infectadas por el VIH, realizado en conjunto por equipos de investigación norteamericanos y belgas.

Posteriormente, se identificó en el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos otra proteína que llamaron fusina (hoy conocida como CXCR4), que actúa como co-receptor para las cadenas virales en las etapas avanzadas de la enfermedad; además, descubrieron que la sustancia que normalmente se liga a este receptor es una quimiocina.

Con estos nuevos hallazgos, los diseñadores de drogas tienen un nuevo reto y en la actualidad muchos laboratorios farmacéuticos están trabajando en la búsqueda de quimiocinas modificadas que sean capaces de bloquear estos receptores para así evitar la infección viral, pero sin desencadenar las respuestas inflamatorias que normalmente desencadenan las quimiocinas. Otra opción en el panorama actual es desarrollar una vacuna que estimule las células productoras de quimiocinas, que produzcan suficientes moléculas de este tipo para mantener el VIH a raya.

Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

**CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A
COLOMBIA Y AL MUNDO**

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

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

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

El problema que existe actualmente es el bajo acceso a las nuevas alternativas terapéuticas. Según la Organización Mundial de la Salud, más del 90 por ciento de los 22,6 millones de personas infectadas por VIH viven en países en vías de desarrollo, la mayoría de los cuales no pueden acceder ni siquiera a la AZT. Aun en Estados Unidos, sólo una pequeña proporción de la población tiene recursos suficientes para costear en la actualidad la terapia triconjugada, ya que el costo estimado es de US\$ 12.000 anuales (unos 12 millones de pesos).

Así como los investigadores están realizando con buenos resultados su trabajo en la lucha contra «la plaga del siglo», los encargados de trazar las políticas de salud deben realizar ahora su parte para facilitar el acceso de los infectados a los esquemas terapéuticos vigentes en la actualidad. No obstante, en países

con recursos económicos limitados, como es el caso de Colombia, donde la inversión en salud es demasiado limitada como para satisfacer los requerimientos reales de la población, la única alternativa viable para el control de una epidemia de semejante magnitud continúa siendo la prevención primaria. Es por ello que, antes de pensar en obtener grandes sumas de dinero que garanticen el acceso al tratamiento de todos los infectados, se debe destinar una inversión suficiente que permita ampliar la cobertura de los programas de prevención y promoción de la salud, en lo que se refiere al SIDA y a las enfermedades de transmisión sexual en general.

Manuel Francisco Cardozo
Jefe, División de publicaciones,
A. C. A. C.

DUODÉCIMA CONVOCATORIA PARA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

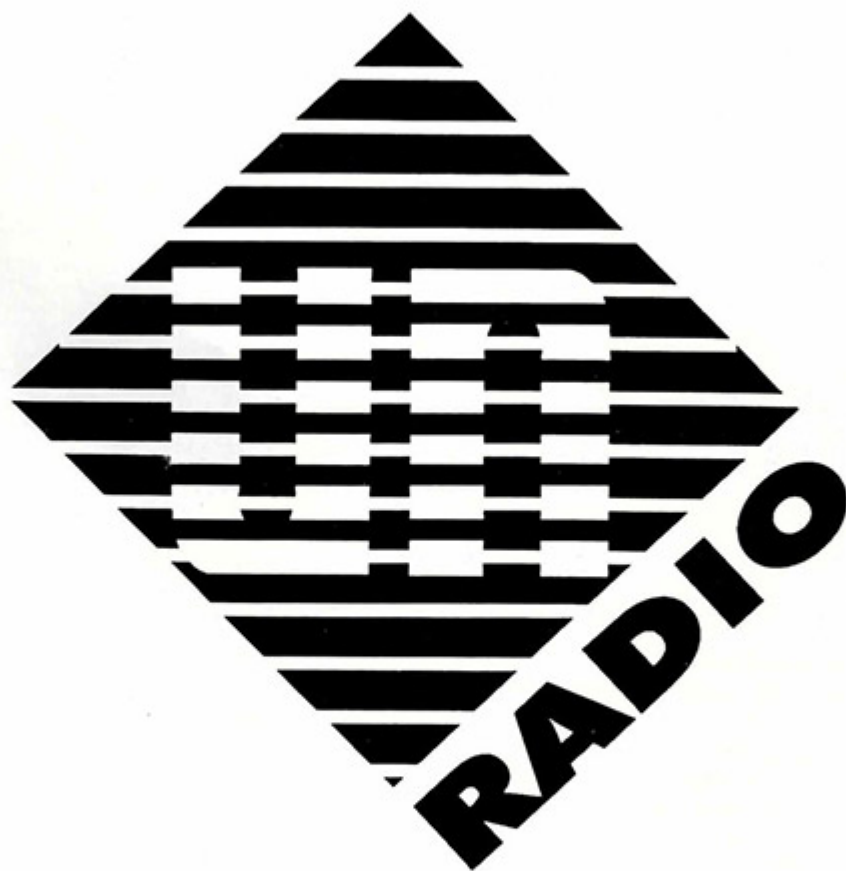
Inscripciones: 10 de marzo al 30 de mayo de 1997

PERFIL DE LAS PROPUESTAS

- Investigaciones en el campo de la ecología y las ciencias ambientales
- Se dará preferencia a propuestas que apunten al conocimiento, conservación y uso de la diversidad biológica en ecosistemas estratégicos para el sector energético del país
- Proyectos de hasta un año de duración
- El monto solicitado no debe exceder los \$8.000.000



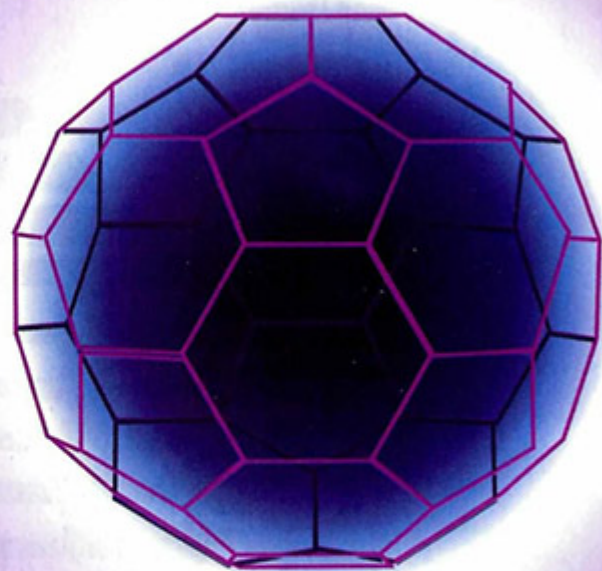
FONDO FEN COLOMBIA



98.5 F.M.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Una nueva forma del carbono promete grandes aportes a los materiales del futuro



El premio Nobel de química de 1996 lanzó a los cuatro vientos la noticia de que un elemento químico tan importante y estudiado como el carbono continuaba sorprendiendo a la humanidad. Hasta ahora se decía que sus formas de diamante y de grafito (o el mineral plumbagina) constituían el ejemplo más notable de polimorfismo. El primero presenta una estructura de poderosos enlaces covalentes, que lo convierten en uno de los mejores aislantes, en la sustancia más dura conocida en la naturaleza y en la de mayor valor específico, por su cristalina belleza; el segundo, negro y supremamente blando, es tan buen conductor como los metales y po-

see un interés económico muchísimo menor.

El dimorfismo se ha roto y, en condiciones en las que se creía que sólo existía carbono gaseoso o líquido a altas presiones, como lo enseñan los diagramas de fases, ha surgido una nueva forma de simetría superior a las conocidas, que destruye los esquemas convencionales de la química y de la física, y se debe a los trabajos pioneros de los galardonados Harold H. Kroto, profesor de química de la Universidad de Sussex (Gran Bretaña) y Robert F. Curl y Richard E. Smalley, profesores de la Universidad de Rice, en Houston, Estados Unidos.

Los átomos de carbono están distribuidos en el espacio formando

moléculas en forma de jaulas esféricas, que constituyen la ya denominada familia de los fullerenos. Ésta incluye miembros con treinta y dos o más átomos pares de carbono, que forman poliedros que cumplen la ley de Euler, postulada en el siglo XVIII, según la cual se podrían generar cajas de más de veintidós aristas, a partir de doce pentágonos y un número de hexágonos mayor que uno. Surge, entonces, la molécula de sesenta carbonos, C₆₀, de doce pentágonos y veinte hexágonos y la típica apariencia de un balón de fútbol, como el modelo de la nueva especie, con una altísima estabilidad y una serie de propiedades novedosas.

El descubrimiento se originó en un trabajo de cooperación cien-

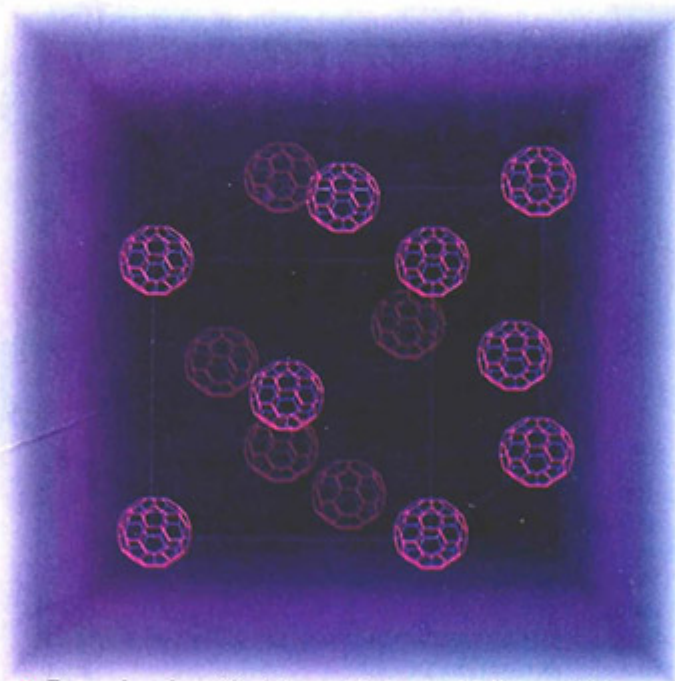
tífica casi fortuita, que se realizó en 1985. En Sussex, durante el estudio de la composición del polvo cósmico y de las atmósferas de las estrellas gigantes rojas, se detectó, utilizando técnicas espectroscópicas, la presencia de unas moléculas con números significativos de átomos de carbono que no se ajustaban a lo conocido hasta el momento. Simultáneamente, en Houston se desarrollaba un equipo de rayos láser que, aplicando temperaturas superiores a los cien mil grados Celsius sublima y lleva sustancias hasta un estado de plasma; en seguida, para lograr su condensación, se enfrían con helio gaseoso y se introducen en una cámara de vacío, donde experimentan una expansión supersónica que va acompañada de enfriamiento hasta alcanzar casi el cero absoluto (-273°C).

La unión de intereses llevó al grupo inglés a trabajar con los estadounidenses, durante unos pocos días, con el fin de simular las condiciones de formación de tan curiosas moléculas de carbono en la superficie de las estrellas. Experimentaron con benceno y algunas moléculas de solvente, obteniendo como resultado final racimos de átomos de carbono, de diferentes tamaños, entre los que resaltaban el C₆₀ y algo del C₇₀.

Las estructuras obtenidas presentaban la apariencia de los edificios geodésicos ideados por el arquitecto Richard Buckminster Fuller, en los que se sabía que la mejor relación posible entre el volumen interno y el área externa y la mejor distribución espacial de las tensiones se lograban para el poliedro de sesenta ángulos. Muestra de ello son el famoso domo geodésico del pabellón de la Feria Internacional de Toronto y el del edificio de la American Society of

Materials, en Materials Park, Ohio. En honor a este arquitecto, las nuevas moléculas fueron denominadas buckminsterfullerenes, o simplemente fullerenos, y la forma más perfecta de sesenta átomos de carbono recibió el nombre de "balón de Bucky".

Obviamente, comenzó a crecer el interés por las nuevas moléculas, permitiendo que en 1990 se pudiera dar el salto en la producción, llegando a la obtención de gramos de la especie, mediante una técnica basada en el establecimiento de un arco eléctrico entre dos electrodos de grafito y su posterior condensación a fullerenos, desarrollada por D.R. Huffman y L.



Forma de ordenación de las moléculas en el fullereno sólido.

Lamb, de la Universidad de Arizona, y W. Krätschmer y K. Fostiropoulos, del Instituto Max Planck para la Física Nuclear, en Heidelberg. No obstante, aún continúa siendo cara y tediosa su obtención.

Mediante análisis de difracción de rayos X se ha determinado que las moléculas en estado sólido se asocian en redes cúbicas centradas en las caras, con parámetro de red $a = 14,17\text{Å}$ ($1\text{Å} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$),

mientras que la distancia de contacto es de $10,02 \text{ Å}$ ($7,06 \text{ Å}$ del diámetro de cada molécula, más $2,96 \text{ Å}$ como distancia de van der Waals). Es decir, un diámetro efectivo, por molécula, cercano al nanómetro ($1 \times 10^{-9} \text{ m}$), que a temperatura ambiente posee la energía suficiente para girar libremente sobre su punto de red.

Ante estas propiedades se han comenzado a explorar diversas posibilidades de uso, entre las que se pueden mencionar la elaboración de compuestos con propiedades biológicas, vehículos de medicamentos en la industria farmacéutica, catalizadores y lubricantes.

Deformados, podrían servir como nanotubos para la conducción de diversos fluidos, e inclusive de señales electrónicas, y como alambres ultradelgados, más resistentes que el acero.

Por último, se ha encontrado que tienden a formar compuestos sólidos estables con los metales alcalinos como potasio, cesio y rubidio (A_xC_{60}), los cuales presentan propiedades superconductoras a temperaturas razonablemente altas (19, 29 y 33 grados Kelvin para los fullerenos de potasio K_3C_{60} , rubidio Rb_3C_{60} y cesio y rubidio $CsRb_2C_{60}$, respectivamente).

Carlos E. Arroyave P.
Ingeniero metalúrgico, profesor titular y emérito, Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, Grupo de Corrosión y Protección, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
e-mail: carroyav@nutibara.udea.edu.co

Propiedad industrial y capacidad endógena de investigación y desarrollo

Los escenarios

El boletín de estadísticas de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, OMPI, informa que, en 1993, 20 millones de documentos de patentes eran de acceso directo para el público. En Japón, en ese mismo año, se presentaron 383.535 solicitudes de patentes; en Estados Unidos 191.386; en Alemania 117.768; en Francia 82.142; en el Reino Unido 69.329; en Suiza 55.567; y los datos parciales de la Organización Europea de Patentes registran 65.051 solicitudes. En América Latina, los países que reportan mayor cantidad de solicitudes de patentes son: Brasil (12.000), México (8.212), Argentina (4.500) y Colombia (920).

Las cifras anteriores no significan necesariamente que todas las patentes sean explotadas de manera industrial, pero sí proporcionan información sobre el estado de la tecnología en determinados sectores productivos y de servicios. Un considerable número de estas patentes ha pasado a ser de dominio público y, si se evaluara su aplicabilidad, podrían convertirse en una fuente de información muy valiosa.

Tendencias actuales

A medida que las economías se abren en términos de comercio de bienes, se esperaría que algo similar ocurriera con los flujos internacionales de tecnología, es decir, que hubiera una circulación sin mayores restricciones; sin embar-

go, eso no está sucediendo. Algunas razones que explican este fenómeno se presentarán más adelante.

El panorama actual muestra una estrecha relación entre tecnología y comercio internacional, y entre éste y la propiedad industrial, pues, en cierta medida, los bienes y servicios objeto del comercio mundial actual tienen un alto contenido tecnológico. Por otra parte, se ha conformado un sistema tecnológico internacional, uno de cuyos componentes es el siste-





ma de propiedad industrial basado en intangibles registrados y valorizables, objeto de negociación y transferencia.

El sistema tecnológico internacional muestra dos tendencias claramente identificables: el aumento del proteccionismo tecnológico y la disminución de las barreras al acceso a la tecnología. En términos sistémicos, la primera tendencia constituye un sistema cerrado y la segunda uno abierto. Aunque ninguna de las dos es dominante,

esta situación puede favorecer a los países que están desarrollando su capacidad científica y tecnológica interna, dependiendo, claro está, de su capacidad de aprendizaje y de negociación. Las razones mencionadas se ofrecen a continuación:

- La rivalidad entre las economías de Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, en la que la competitividad es crucial y el liderazgo debe mantenerse a toda costa, restringiendo a los competidores, tanto países desarrollados como en vía de desarrollo, el acceso a la tecnología.

Aunque los flujos de tecnología vía propiedad industrial, especialmente en materia de patentes, se verán disminuidos, y los países que pretendan acceder a las tecnologías lo harán en condiciones cada vez más difíciles, esta situación no perdurará. Los ciclos de vida de la tecnología —cada vez más cortos—, la necesidad creciente de alianzas estratégicas, los acuerdos de libre comercio entre los países, la movilidad de recursos humanos y las redes de subcontratación y de proveedores hacen que la propiedad industrial adquiera mayor preponderancia en los flujos comerciales.

- Un sistema tecnológico más abierto, con aumento de los flujos de tecnología y acceso por parte de países en desarrollo a nuevas tecnologías de países desarrollados, resultante de cambios introducidos en las políticas y en las estrategias empresariales.

Con esta perspectiva, se requiere que los países en desarrollo adopten una estrategia para valorizar algunos de sus más importantes componentes de propiedad, tales como los bancos de germoplasma, las variedades vegetales y los microorganismos. En materia de propiedad industrial, se esperaría un incremento en el número de patentes, diseños, modelos, marcas y otros tipos de propiedad, en áreas como la

El panorama actual muestra una estrecha relación entre tecnología y comercio internacional, y entre éste y la propiedad industrial.

biotecnología, en la consecución de nuevos tipos de vegetales y el *software*.

Para que efectivamente ocurran estos flujos, se precisa una capacidad de apropiación basada en la existencia de empresas e instituciones de investigación con personal idóneo en gestión de intangibles. La medición de estos flujos podrá confrontarse con indicadores de

desarrollo tecnológico comúnmente utilizados, como son el número de patentes registradas en un país o el número de patentes nacionales versus extranjeras, así como los contratos de licencia.

Propiedad industrial y difusión de tecnología

Existe la creencia de que si un país aumenta el número de patentes logrará un mejoramiento del nivel de desarrollo tecnológico o de transferencia de tecnología. Pero no todas las patentes o elementos de la propiedad industrial se explotan. Por ejemplo, sólo se observa un incremento en el nivel de industrialización y desarrollo tecnológico cuando una nación consigue registrar y aprobar más de dos mil títulos de patentes al año.

No obstante, es fundamental tener en cuenta que la información contenida en la documentación de patentes constituye una fuente importante para el análisis del estado de la tecnología a nivel internacional, en determinados campos, siendo, además, muy útil para la investigación y el desarrollo. Muchos expertos en la materia consideran que la propiedad industrial no favorece la transferencia de tecnología; sin embargo, no han examinado el "efecto de información" que se genera a través de la documentación de los títulos de propie-

dad industrial. Al contrario de lo que se espera, la propiedad industrial es la mejor fuente de información sobre desarrollos tecnológicos internacionales.

Capacidad endógena y gestión de propiedad industrial

La capacidad de adoptar innovaciones, tanto en bienes de capital como en productos, procesos y factores productivos, es tan importante como la capacidad de generarlas; no obstante, adquirirla implica un esfuerzo sostenido de aprendizaje institucional y tecnológico en varios niveles, dependiendo de los sectores y de los productos.

La interacción entre agentes e instituciones desarrolla distintos procesos de aprendizaje en la cadena del conocimiento, desde la adquisición hasta la generación de tecnologías. Tal interacción favorece la gestión de la propiedad industrial y la valoración del conocimiento in-

terno, resultado de la actividad innovadora.

La propiedad industrial en el marco de una política de ciencia y tecnología

En el sistema de propiedad industrial hay aspectos que pueden retomarse para potenciar la política de ciencia y tecnología. En primer lugar, se debe desmitificar la naturaleza de la propiedad industrial y convertirla en instrumento de información tecnológica y de evaluación de tendencias.

En segundo lugar, hay que adoptar una estrategia para convertir en intangibles varios procesos y productos que hoy aún no se han registrado. Esto implica valorizar los intangibles más estratégicos que sean objeto de negociación a nivel internacional y llevarlos al nivel de protección.

En tercer lugar, es necesario establecer una capacidad de entrenamiento de personal -tanto en

entidades públicas como privadas- en gestión de propiedad industrial y en negociación de áreas consideradas estratégicas para el desarrollo científico y tecnológico.

Finalmente, para las empresas es importante valorizar los desarrollos comercializables a nivel internacional y aprovechar la propiedad industrial como herramienta de competitividad.

Galo Tovar

Asesor, Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico e Industrial, Colciencias¹

e-mail:gtovar@colciencias.gov.co

¹Las opiniones aquí expresadas no comprometen a la entidad.



**Ayudamos
a mantener
todas las
formas
de vida.**

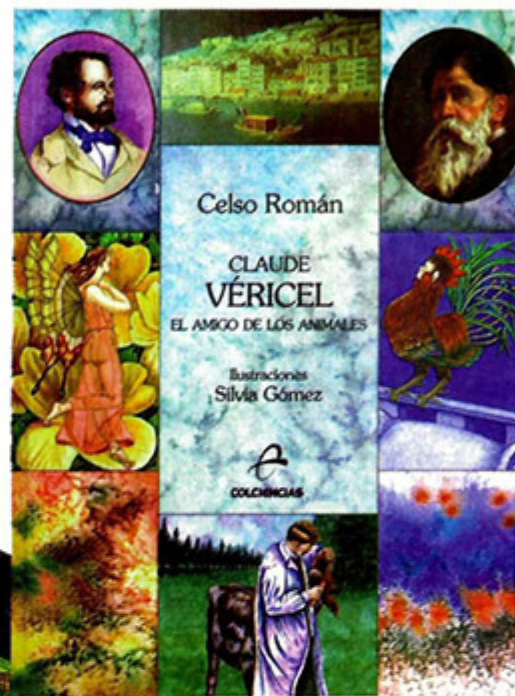


SERIE JUVENIL

La Serie Juvenil de Colciencias busca hacer atractiva la ciencia para los jóvenes, seleccionando episodios relevantes de la vida y obra de personajes que, desde el siglo XVIII, han forjado la ciencia y la tecnología de nuestro país.

Cada una de las obras de esta serie conjuga magistralmente la ciencia y el arte creando escenarios que rompen las barreras del tiempo y el espacio, con el fin de difundir entre los jóvenes el entorno científico y cultural de sus protagonistas.

Gracias a la colaboración del Ministerio de Educación Nacional, la serie será distribuida de manera gratuita en todas las escuelas del país.



COLCIENCIAS

BIOLOGÍA

¿Por qué no son tres los sexos?

¿Qué sucedería si los miembros de una especie se repartieran en tres sexos diferentes? Sólo recientemente, los biólogos interesados en la dinámica de la evolución de los sexos han afrontado esta pregunta tan obvia como extraña.

Una interesante respuesta a este interrogante fue publicada en el número de *Interciencia* de noviembre - diciembre de 1996. Su autor es el investigador venezolano Klaus Jaffe Carbonell, profesor de la Universidad Simón Bolívar, de Caracas.

Jaffe Carbonell analizó la dinámica de varias estrategias reproductivas (monosexual, bisexual, trisexual) en una

población de organismos en continua evolución, mediante un modelo de simulación numérica por computador. Este modelo, denominado *Byodinamica*, puede ser consultado en el siguiente hipertexto: <http://hercules.usb.ve/~kjaffe>

La simulación, única herramienta metodológica para estudiar las estrategias reproductivas en la actualidad, permite examinar cómo 20 genes diferentes evolucionan simultáneamente en la misma población de organismos.

A corto plazo, después de 200 "generaciones" (simulaciones), la estrategia monosexual triunfó, lo que sugiere, según Jaffe, que las especies monosexuales

reales sobreviven mejor en ecosistemas rápidamente cambiantes. Pero a largo plazo (1.500 "generaciones"), la estrategia bisexual se impuso, con una probabilidad de supervivencia notablemente superior.

Concluye el investigador venezolano con una razón que explicaría la inexistencia de la trisexualidad en la naturaleza: una especie con tres sexos presenta demasiada plurisexualidad y la mezcla de genes necesaria hace que la selección de compañeros sexuales sea difícil de lograr, pues el encuentro de tres individuos para el apareamiento es menos probable que el de dos.

TECNOLOGÍA

Baterías de litio no tóxicas

Las baterías recargables de litio son capaces de almacenar el doble de poder que las demás baterías del mismo tipo; sin embargo, contienen algunos materiales tóxicos, en particular, los com-

puestos de cobalto en el electrodo negativo.

Por ello, los investigadores de la Universidad de St. Andrews, en Escocia, han desarrollado un nuevo electrodo negativo que reemplaza el

cobalto por manganeso. El manganeso cuesta menos del uno por ciento del valor del cobalto, es mucho menos tóxico y garantiza un desempeño igual.

¿Puede el colesterol alterar el estado de ánimo?

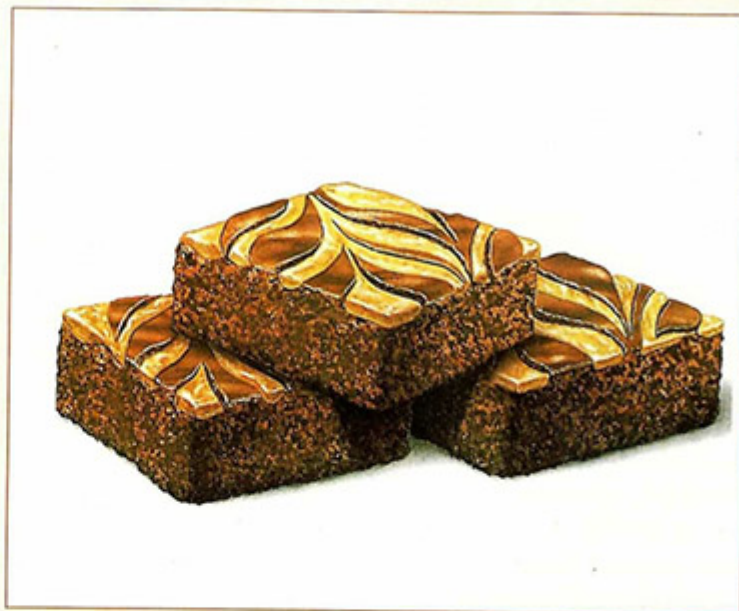
Después de un gran número de estudios controversiales efectuados durante la década pasada, un grupo de investigadores ha encontrado que las personas con niveles más bajos de colesterol en la sangre son más propensas al suicidio que el resto de la población.

Dos estudios recientes, publicados en el *British Medical Journal* del 14 de septiembre, examinaron los efectos del colesterol en el comportamiento de un grupo de hombres franceses y en otro de madres austríacas.

El doctor Mahmoud Zureik y su equipo del Instituto Nacional de Salud e Investigación Médica, en París, han estudiado un grupo de 6 mil hombres entre los 43 y los 52 años de edad, sometidos anualmente a mediciones del colesterol en la sangre, durante 17 años. Al terminar el período de observación, 32 de los hombres del estudio habían cometido suicidio. Los investigadores encontraron una mayor tendencia al suicidio en los pacientes con concentraciones de colesterol más bajas, al igual que en aquéllos cuyas cifras decrecieron durante el estudio, que en el grupo de personas con niveles altos.

Por su parte, el grupo liderado por la doctora Bárbara Ulm, del Departamento de Ginecología y Obstetricia del Hospital Universitario de Viena, encontró que las pacientes en las que disminuía el nivel de colesterol después del nacimiento eran más susceptibles de sufrir depresión post-parto que el resto.

¿Adicción al chocolate?



Los dulces con alto contenido de grasas, como el chocolate, pueden desencadenar adicción en las personas vulnerables, ya que su ingestión induce la liberación de sustancias opiáceas en el cerebro, según se ha demostrado en algunos estudios.

Los farmacólogos del Instituto de Neurociencias de San Diego han reportado el hallazgo de un par de sustancias químicas que pueden prolongar la sensación placentera desencadenada por un canabinoide (compuesto similar al *canabis* presente en la marihuana, que induce estados de euforia) identificado previamente en el chocolate.

Daniele Piomelli y sus colaboradores reportaron en la revista *Nature* del 22 de agosto pasado el aislamiento de una sustancia llamada anandamida —un canabinoide que se sintetiza en forma natural en el cerebro— en polvo de cocoa y en tres variedades diferentes de chocolate. Así como ocurre con el ingrediente activo de la marihuana, este compuesto se

liga a los receptores de canabinoides cerebrales; aunque las dos sustancias que acompañan a la anandamida, presentes en mayor cantidad que ésta, no se ligan a los receptores, podrían ser más importantes que el canabinoide para explicar por qué el consumo de chocolate proporciona tanto bienestar.

Cuando una persona come chocolates, o fuma marihuana, el canabinoide activo hace impacto en todas las áreas del cerebro, creando una sensación de excitación general; los químicos relacionados retardan selectivamente el corte abrupto de la anandamida propia del cuerpo, prolongando la sensación de bienestar.

En la actualidad, los investigadores están realizando experimentos sobre los efectos de estos químicos en ratas de laboratorio, encontrando que después de inyectar las sustancias, los animales presentan una mayor relajación, menos ansiedad y menor sensibilidad al dolor.

El tabaquismo también entra por los ojos

Dos estudios recientes han asociado la pérdida de la visión con el hábito de fumar cigarrillos. Los estudios muestran que los fumadores de larga data tienen más del doble del riesgo de sufrir degeneración macular con la edad que el resto de la población. La degeneración macular es un desorden que afecta la región de la retina que capta las imágenes en el centro de la visión; en la actualidad, constituye la principal causa de pérdida de la visión y ceguera en personas mayores de 65 años de edad, afectando cerca de 1,7 millones de personas en Estados Unidos.

El doctor William G. Christien, de Harvard Medical School, en Boston, coautor de un reporte publicado en el *Journal Of The American Medical Association* el 9 de octubre, afirma que esta disfunción puede alterar de manera importante las actividades rutinarias de la vida diaria, tales como leer, ver televisión o conducir un automóvil. La investigación sobre degeneración macular y tabaquismo se realizó en un grupo de 21.157 hombres, pertenecientes al Estudio de Salud de los Médicos.

Aún queda por establecer el mecanismo que conduce al desarrollo de la degeneración macular. Investigaciones previas han asociado este trastorno a las bajas concentraciones sanguíneas de zinc, vitamina E y betacarotenos, antioxidantes que actúan ligando los llamados radicales libres. Otra causa posible sería la disminución del flujo sanguíneo a la retina. El tabaquismo constituye, pues, un

importante factor de riesgo, ya que disminuye la concentración de estos antioxidantes y entorpece la circulación.

Una vez comienza la degeneración macular, surgen pequeños depósitos amarillos que aparentemente corresponden a cúmulos de fagocitos (células de defensa encargadas de recolectar los desechos celulares). En los peores casos, el flujo sanguíneo hacia la retina y la mácula en particular se interrumpe, ocasionando la muerte celular y haciendo que los esfuerzos de reparación propios del ojo sean vanos. La enfermedad puede ocasionar la pérdida total de la visión, aunque en muchos casos afecta solamente la visión central, mientras la periférica se conserva intacta. En este último caso, el paciente percibiría una "desaparición" de las palabras centrales de las oraciones al tratar de leer cualquier texto.

El estudio reveló que los fumadores de más de dos cajetillas diarias tienen un riesgo 2,5 veces mayor de sufrir la enfermedad que quienes no han fumado nunca en la vida; además, se observó que mientras más largo es el tiempo de tabaquismo más se incrementa este riesgo.

Por su parte, Johanna M. Sheldom, también de Harvard Medical School, presentó resultados casi iguales en su estudio de 31.843 mujeres del Estudio de Salud de las Enfermeras. El riesgo encontrado en este estudio para mujeres fumadoras de más de dos paquetes diarios fue 2,4 veces mayor que el del grupo de no fumadoras.

Se revela el misterio de la celulosa

La celulosa es uno de los materiales más abundantes sobre la faz de la Tierra; sin embargo, su síntesis continúa siendo un misterio. La celulosa, polímero constituido por la unión de gran cantidad de moléculas de azúcar, está presente en la pared de todas las células vegetales, logrando que los árboles se mantengan erguidos, configurando la pulpa fibrosa de las frutas y vegetales, y dando su consistencia suave y esponjosa al algodón.

Los investigadores de Calgene, en California, y de la Universidad Hebrea de Jerusalén han identificado tres genes en las plantas (uno en el arroz y dos en el algodón) que codifican para la producción de la celulosa sintetasa, enzima encargada de ensamblar las moléculas de azúcar para conformar la celulosa. Hasta el momento, no se había logrado aislar la celulosa sintetasa en ninguna planta.

El reporte, publicado el pasado 29 de octubre en *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, plantea la posibilidad de que, mediante estos hallazgos, sea posible alterar genéticamente a las plantas para que produzcan celulosa con propiedades óptimas.

Para los textileros, el nuevo descubrimiento es muy interesante, porque permitiría obtener fibras de algodón más uniformes, resistentes y durables. Algún día inclusive será posible confeccionar fibras de algodón sin plantas, según afirma Malcom Brown, de la Universidad de Texas, quien estudia la síntesis de celulosa en bacterias.

En la actualidad, los científicos buscan determinar cuáles genes realmente codifican para la celulosa sintetasa, mediante la observación de su comportamiento en otros sistemas biológicos. Sólo entonces será posible iniciar los experimentos para modificar la celulosa.

ANTROPOLOGÍA

¿Coexistieron varias especies *Homo*?

Una suposición común de los estudiosos de la evolución humana (antropólogos, paleontólogos, geólogos y otros) es que en cada una de las etapas de este proceso sólo ha existido una especie *Homo* (bien sea *erectus*, *neanderthalensis* o *sapiens*) a la vez. Sólo el cine, en *La Guerra del Fuego* ha mostrado la no muy pacífica existencia de varias especies de homínidos, unas más evolucionadas culturalmente que otras.

El pasado 13 de diciembre, la revista *Science* publicó los resultados de un estudio interdisciplinario que muestra la posibilidad de coexistencia del *Homo erectus* y el *Homo sapiens* en el Sudeste de Asia, más específicamente en la isla de Java (Indonesia). Este reporte se une a las evidencias de coexistencia entre el *Homo sapiens* y el *Homo neandertha-*

lensis en Europa, publicadas a lo largo de esta década.

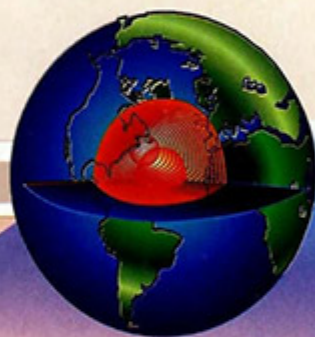
La investigación interdisciplinaria fue encabezada por el geocronólogo Carl S. Swisher, del Centro de Geocronología de Berkeley (California) y contó con la participación de geólogos y paleoantropólogos norteamericanos e indonesios. En un comienzo se contaba con unos cráneos incompletos de *Homo erectus*, hallados en la villa de Ngandong (Java) entre 1931 y 1933; sin embargo, los datos previamente obtenidos sobre la edad de los cráneos eran contradictorios, pues oscilaban entre 100.000 y 300.000 años. Por tal motivo, se recogieron restos de otras especies animales en el mismo sitio, principalmente dientes, cuya medición de edad es más confiable.

Mediante dos técnicas diferentes, obtuvieron datos similares: la edad de los



restos oscila entre 27.000 y 53.000 años, época en la cual habitaba el *Homo sapiens* en el sudeste asiático. Este resultado sorprende tanto por la coexistencia de dos especies como porque se había establecido que el *Homo erectus* había desaparecido de Asia hace 250.000 años.

Aunque hay investigadores escépticos de la generalización de los datos de una especie a otra, sin duda éste y otros reportes similares obligarán a reescribir las viejas versiones lineales de la evolución humana.



GEOLOGÍA

Un planeta dentro del planeta

La revista *Science* publicó en diciembre dos artículos dedicados al núcleo de la Tierra, específicamente a su rotación y magnetismo. El núcleo, descubierto hace 60 años, es una región cristalina con un radio de 1.220 km cuya rotación difiere de la superficie debido a una "concha" de metal líquido de 2.270 km de ancho, que separa el núcleo de la capa rocosa sobre la cual vivimos.

Aunque la evidencia sismológica siempre ha mostrado una diferencia de rotaciones, no se sabía con exactitud que tan grande era. Wei-jia Su y Adam M. Dziewonski, del Departamento de Geociencias de Harvard, y Raymond

Jeanloz, del Departamento de Geología de la Universidad de California, en Berkeley, reportaron datos de 29 años de observación (1964-1992) desde el Centro Sismológico Internacional, situado en Berkshire, Inglaterra.

Con base en otro descubrimiento reciente, en el cual se precisó que el eje de rotación de la Tierra y el del núcleo forman un ángulo de diez grados, los geólogos midieron la diferencia de la velocidad de rotación a través del método denominado *cylindrical anisotropy stacking* (acumulación de anisotropía cilíndrica), aplicado a los 29 años de observaciones sismográficas. El resultado: el núcleo es tres grados por año más rápido que la superficie.

Paralelamente, Gary A. Glatzmaier, del Laboratorio Nacional de Los Alamos, en Nuevo México, y Paul H. Roberts, del Instituto de Geofísica de la Universidad de California en Los Angeles, reportaron las

simulaciones numéricas tridimensionales del geodínamo, el mecanismo del núcleo que crea el campo electromagnético de la Tierra.

Glatzmaier y Roberts afirman que mientras el geodínamo crea el campo magnético de la Tierra, la concha de metal líquido que rodea al núcleo desvía el campo, generando cambios en su orientación. Este fenómeno se relaciona con uno de los hallazgos de Su, Dziewonski y Jeanloz (autores del primer artículo): la variación anómala en la orientación del núcleo entre 1969 y 1973, coincidente con un cambio brusco del campo electromagnético ocurrido en el período 1969-1970.

Artrópodos, sistemática y

un compromiso

A detailed close-up photograph of an insect, likely a wasp or similar arthropod, focusing on its head and antennae. The insect's body is dark brown and black, with fine hairs visible. The antennae are long and segmented, extending from the head. The background is a dark, solid color, making the insect stand out.



conservación:

para el próximo siglo

Una nueva propuesta de clasificación de los artrópodos y grupos cercanos

Aunque aún está lejana una propuesta firme sobre las relaciones filogenéticas entre artrópodos y sus grupos vecinos, algunos autores, desde perspectivas diferentes (morfología, paleontología, biología molecular), han llegado a algunos puntos de acuerdo. Stys y Zrzavy¹⁹ revisaron recientemente el estado actual del tema y propusieron esta clasificación:

Superfilum Lobopodia (Lobópodos)

1. Filum Tardigrada ("ositos del agua")
2. Filum Arthropoda (artrópodos)
 - A. Subfilum Onychophora (onicóforos)
 - B. Subfilum Pycnogonida (arañas de mar)
 - C. Subfilum Euchelicerata (arañas, ácaros, escorpiones)
 - D. Subfilum Crustacea (camarones, cangrejos y otros crustáceos)
 - E. Subfilum Myriapoda
 - E-1. Superclase Symphyla (sínfilos)
 - E-2. Superclase Chilopoda (ciempiés)
 - F. Subfilum Hexapoda (artrópodos de seis patas)
 - F-1. Clase Parainsecta (colémbolos y proturos)
 - F-2. Clase Campodeina ("dipluros")
 - F-3. Clase Japygina ("dipluros")
 - F-4. Clase Ectognatha
 - Subclase Archaeognatha (saltadores de rocas)
 - Subclase Dicondylia
 - Infraclase Zygentoma (lepismas)
 - Infraclase Pterigota (libélulas, cucarachas, chinches, mariposas, abejas, moscas)

Fernando Fernández C.
Biólogo, investigador,
Instituto Humboldt,
Villa de Leyva, Colombia.

Federico Escobar S.
Biólogo, investigador,
Instituto Humboldt,
Villa de Leyva, Colombia.

Los artrópodos constituyen la mayoría de los organismos conocidos en el mundo¹⁵. Se trata de un grupo con una historia de más de 600 millones de años de evolución, que ocupa prácticamente todos los hábitats conocidos y posee estrategias de vida tan amplias como el número de sus formas. Ello explica su relevancia biológica y su preponderancia en cuestiones económicas, agronómicas y de la salud.

La importancia de los artrópodos en los ecosistemas es grande: remueven nutrientes del suelo, descomponen materia orgánica viva y muerta, reciclan excrementos y otros desechos orgánicos, interactúan con plantas y otros seres vivos (hervivoría, depredación, parasitismo, parasitoidismo), polinizan, diseminan semillas y aceleran los flujos de energía en varios ambientes¹⁸.

En años recientes, han sido utilizados en estudios de biogeografía, ecología y conservación^{1,12}, por cuanto son herramientas especialmente sensibles para el estudio en ambientes sometidos a presión y porque ofrecen mejores opciones de monitoreo en áreas amenazadas.

En las áreas tropicales, el conocimiento de este grupo es inversamente proporcional al volumen de su población^{2,9}. A juzgar por los estimativos de grupos como arañas, avispas parasíticas y escarabajos, cerca de un 70 por ciento de las especies de artrópodos neotropicales no posee nombre^{4,7}. Teniendo en cuenta la tasa actual de deforestación y degradación de hábitats, parte de esa fauna podría extinguirse sin siquiera haber sido nombrada²¹.

En Colombia, la investigación sobre artrópodos se ha limitado a las áreas con aplicación en agronomía y salud. Sólo recientemente han surgido proyectos orientados a la sistemática, la biogeografía y la conservación, resultantes del intercambio profesional o del interés individual; sin embargo, no existe un ente o programa que los articule y divulgue, por cuanto es muy probable que se hayan perdido información y material valiosos, producto de estudios locales.

Los artrópodos ocupan prácticamente todos los hábitats conocidos y posee estrategias de vida tan amplias como el número de sus formas.

Considerando factores tales como que Colombia es reconocida como uno de los tres países con megadiversidad^{1,21}, el limitado conocimiento de su artropodofauna, la circunstancia favorable de la creación de un ministerio para asuntos ambientales y de institutos para el estudio de recursos biológicos y el establecimiento de programas académicos de posgrado, es factible pensar que la unión de esfuerzos y especialistas podría proporcionar en este momento una base sólida para el estudio y entendimiento de la fauna del país y, por ende, de Suramérica tropical. Por esta

razón, en este artículo exploraremos brevemente la magnitud e importancia de los artrópodos y propondremos el esfuerzo conjunto como una forma de asumir los retos que plantean el conocimiento y la preservación de la biodiversidad en el próximo siglo.

Historia y sistemática

A juzgar por los estudios más recientes en campos tan venerables como la paleontología y tan modernos como la sistemática molecular, los artrópodos constituyen un gran grupo monofilético (es decir, que contiene a un ancestro y a todos sus descendientes) y de larga historia (Kukalová-Peck, comunicación personal²⁰). Los



Cristina Uribe

Los artrópodos como indicadores en biogeografía y conservación

Se ha extendido el uso de grupos específicos de artrópodos para estudios de biogeografía, conservación y monitoreo. Sus facilidades y ventajas pueden resumirse en algunos puntos, a partir de la propuesta de Brown¹:

- Alta diversificación taxonómica y ecológica.
- Especies con alta fidelidad ecológica.
- Poblaciones relativamente sedentarias (poco móviles).
- Presencia de endemismos o de diferencias locales en especies de amplia distribución.
- Fácil identificación taxonómica.
- Estudios biológicos aceptables (genética, ecología, etología, biogeografía).
- Fácil observación y colección en el campo, incluyendo muestras grandes que reflejen variaciones poblacionales.
- Presentes a lo largo del año o en estaciones.
- Funcionalmente importantes en los ecosistemas.
- Respuesta rápida y sensible a perturbaciones en el medio.
- Asociados directa o indirectamente con otros organismos.

Varios grupos de artrópodos, como los insectos acuáticos, los colémbolos, las libélulas, las termitas, los escarabajos tigre, los escarabajos estercoleros, los tábanos, algunas polillas y mariposas, las abejas, las avispas y las hormigas, cumplen con estos requisitos.

**Miles de especies,
formas de vida,
maravillas
bioquímicas
y prodigios de seis
u ocho patas
estarían literalmente
desapareciendo
ante nuestros ojos.**

primeros artrópodos ya poblaban el mundo marino probablemente hace 600 ó 700 millones de años atrás, hacia el precámbrico superior, aunque estudios recientes sugieren que un grupo de artrópodos, los miriápodos, podría haberse arriesgado a explorar los incipientes microbosques de algas y líquenes costeros en tiempos aún más remotos⁵.

Los artrópodos se han dividido en cuatro grandes grupos: los extintos trilobites (Trilobita), los quelicerados (Chelicerata), los crustáceos (Crustacea) y los atelocerados (Atelocerata, miriápodos e insectos). Recientemente se ha propuesto que "Atelocerata" o "Uniramia" es un grupo artificial, y que insectos y crustáceos son más afines de lo aceptado¹⁶. Igualmente, estudios independientes han probado que el antiguo *phylum* Pentastomida corresponde realmente a un grupo de crustáceos de biología aberrante, debido a su ectoparasitismo¹⁹, y que los onicóforos (tradicionalmente otro *phylum* cercano a los artrópodos) están realmente dentro de Arthropoda (Kukalová-Peck, comunicación personal). Independientemente de estas opiniones, lo cierto es que los artrópodos constituyen varios linajes que han conquistado con éxito los medios marino, terrestre y de agua dulce.

¿Cuántos artrópodos hay?

Esta pregunta implica otra: ¿Cuántos seres vivientes hay? Tanto las cifras conocidas como las estimadas indican que el de los artrópodos es, con mucho, el grupo más numeroso; se han descrito⁸ unas 4 mil especies de bacterias, 70 mil de hongos, 250 mil de plantas, 45 mil de vertebrados y alrededor de 1 millón 200 mil de artrópodos. Casi cinco veces más artrópodos que plantas y 25 veces más que vertebrados. Según la misma fuente –y otras estimaciones^{4,6,14}–, quedan aún por describir entre 400 mil y 1 millón de especies de bacterias; entre 1 y 1,5 millones de especies de hongos; entre 300 y 500 mil especies de plantas; 50 mil especies de vertebrados y entre 10 y 30 millones de especies de artrópodos.

Extinciones: lecciones del pasado

Las especies aparecen y desaparecen. A lo largo de los tiempos, poblaciones enteras se extinguen regularmente por uno u otro motivo. A esto se le llama "extinción de fondo". Pero, a veces, en la larga historia de la Tierra, de repente desaparecen grandes cantidades de especies, generalmente por una causa particular. A esta gran extinción, en tiempos geológicamente breves, se le llama "extinción en masa".

Los paleontólogos reconocen cinco grandes extinciones en masa en los últimos 400 millones de años. La primera de ellas sucedió en el devónico superior (hace 380 millones de años); la segunda en la transición pérmico-triásico (hace más o menos 255 millones de años); la tercera durante el cretáceo medio (hace unos 93 millones de años); y finalmente, la cuarta, en la transición eoceno-oligoceno (hace 38 millones de años). La más famosa es la del cretáceo superior en la que, entre otros, desaparecieron los dinosaurios sin plumas. La más dramática fue la del pérmico, que barrió con casi todas las formas vivientes, especialmente con las marinas.

Causas terrestres (volcanes, clima, deriva continental) o

extraterrestres (meteoros, cometas, acercamiento de estrellas) se han invocado para explicar estas extinciones, pero es probable que se hayan debido a un conjunto de causas y no a una sola. Recientemente se consideró que las glaciaciones causaron la extinción más cercana a nuestra época.

Los paleontólogos han estudiado, con sumo detalle, los patrones de extinciones masivas en el pasado. ¿Tienen estos conocimientos algún tipo de utilidad para el presente? De acuerdo con algunos de estos biólogos, las lecciones del pasado pueden ayudarnos a estimar los problemas del presente.

Es un hecho que la aparición del hombre ha modificado el planeta. La caza, el deterioro de hábitats, la deforestación, la contaminación y la superpoblación son factores que con frecuencia son señalados como responsables de la vertiginosa desaparición de especies en el planeta.

Se dice que nos enfrentamos a una nueva extinción en masa, y de gran magnitud, causada por el hombre. ¿Podrá recuperarse la biota del actual deterioro en ecosistemas y especies? Las lecciones

de las extinciones en masa son sombrías. Los estudios detallados demuestran que la recuperación de especies y ambientes, luego de una gran extinción, puede tardar entre 4 y 8 millones de años, y a veces más tiempo. También se sabe que los sobrevivientes de estas extinciones no necesariamente prosperan en el período siguiente.

La mayor parte de la diversidad biológica actual se concentra en los trópicos. De esta diversidad, la mayor cantidad de especies y de biomasa corresponde a los artrópodos. Si algunos estudios y estimaciones son ciertos, a comienzos del próximo siglo sólo un exiguo porcentaje de bosques y especies sobrevivirá, aislado y amenazado.

Son necesarios varios millones de años para recuperar algo de la riqueza perdida, si es que las actividades humanas permiten esa recuperación, lo cual es improbable. Miles de especies, formas de vida, maravillas bioquímicas y prodigios de seis u ocho patas estarían literalmente desapareciendo ante nuestros ojos.

Claro, otros piensan menos dramáticamente. Al fin y al cabo, la nueva biología de fragmentos de bosques, corredores bióticos y agrosistemas sugiere que algunas especies—insectos, entre otros—pueden ajustarse o incluso prosperar en los ambientes cambiantes.

Lo cierto es que si, en efecto, somos responsables y testigos de la actual extinción en masa, no podemos darnos el lujo de esperar millones de años para ver recuperados los daños y deterioros producidos al ambiente.

Los artrópodos se extinguen... y también quienes los estudian

Tomando como base los estimativos más conservadores, existirían 10 veces más artrópodos por descubrir y describir que los ya identificados. El asunto adquiere carácter de urgencia por cuanto enfrentamos dos grandes problemas: la extinción o deterioro de ecosistemas (y de muchas especies) y la progresiva desaparición de taxónomos y estudiosos de estos grupos¹⁷.

Los cambios progresivos introducidos en el medio por la contaminación, tala de bosques, caza y colonización han traído como consecuencia la pérdida gradual de riqueza de especies²¹. Las regiones templadas, o sea, aquellas que están fuera del trópico, vienen pagando de tiempo atrás su "cuota" de deterioro ambiental; sin embargo, el fenómeno se presenta ahora en regiones tropicales⁸ donde, al parecer, varios ecosistemas y localidades alojan muchas formas de vida autóctonas (típicas de un lugar). Su deterioro traería como consecuencia la desaparición irreversible de estas especies. El estudio de extinciones masivas en el pasado sugiere que se necesitan varios millones de años para que una región recupere sus niveles de diversidad después de una extinción de gran magnitud¹¹, y nuestro mundo no puede permitirse períodos tan largos para recuperar biotas. Si creemos las estimaciones más pesimistas, tenemos cada día menos hectáreas de complejidad y menos especies.

Estos llamados de atención no son simples lamentaciones de biólogos inge-

nuos. Se ha demostrado que muchas especies tienen un alto valor directo o indirecto para el bienestar humano: control biológico, nuevas medicinas, equilibrio de ecosistemas³. Culturalmente, la tragedia radica en la disminución de recursos económicos y de apoyo logístico adecuado para los investigadores, museos y proyectos o programas que, de alguna u otra forma, tienen que ver con el inventario y la preservación de artrópodos; en algunos casos, miríadas de viales con artrópodos coleccionados a un alto costo van a parar a museos con infraestructura y personal insuficientes.

La falta de gestión por parte de los museos constituye la segunda crisis de la biodiversidad¹³. Además, la tendencia actual indica que los jóvenes biólogos optan por áreas más "prometedoras" económica y socialmente, como la biología molecular, la genética y la ecología. La sistemática—aun las nuevas y dinámicas sistemáticas—capta cada vez menos adherentes a su causa, en parte, por los programas universitarios obsoletos, por la falta de orientación apropiada sobre sus métodos y alcances y, en ocasiones, por la falta de mística de los docentes. El reducido número de taxónomos y entomólogos en países desarrollados como Estados Unidos e Inglaterra es alarmante¹⁰; en los nuestros, la situación es desoladora: aunque carecemos de estadísticas apropiadas, se estima que en Colombia hay un taxónomo de artrópodos por cada millón de habitantes.

¿Qué hacer?

La desaparición de especies, el deterioro de ecosistemas y la escasez de biólogos dedicados a la sistemática y a la conservación hacen urgente el diseño de estrategias apropiadas. Varias aso-



Cristina Uribe

**Nuestras biotas
neotropicales
esperan ser
descubiertas,
comprendidas
y preservadas.**

ciaciones de sistemáticos han generado una "iniciativa global para descubrir, describir y clasificar las especies del mundo", a la cual han llamado "Sistemática, Agenda 2000: Cartografiando la Biosfera". Las tres grandes misiones propuestas son: descubrimiento, descripción e inventario de la diversidad global; análisis y síntesis de esta información en clasificaciones predictivas que reflejen la historia de la vida; y organización de la información en una forma eficiente y recuperable que permita abordar las necesidades de la ciencia y la sociedad.

Dentro de este espíritu, organizaciones y personas alrededor del mundo han adherido a la iniciativa. Se trata de una tarea enorme, cuyo éxito depende del concurso de muchas partes, y es impensable que países megadiversos como los nuestros permanezcan indiferentes a ella; por eso debe aprovecharse el renovado interés por los inventarios y la sistemática. Con el apoyo del Instituto Humboldt, se realizaron recientemente en Villa de Leyva (Boyacá) encuentros de sistemáticos y directores de herbarios, quienes han comenzado a planear estrategias para responder al reto de conservar la biodiversidad.

Aunque existan ahora circunstancias más propicias, aún quedan muchas tareas por realizar. La creación de una entidad para la biodiversidad en Colombia, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, permitirá abordar el conocimiento y uso de nuestros recursos, con una perspectiva más amplia, participativa y de largo plazo. Mediante la acción coordinada del Humboldt, de otros institutos adscritos al Ministerio del Medio Ambiente (Invemar, Sinchi, Von Neumann, Ideam), de las corporaciones regionales, de las universidades, y de organizaciones y empresas total o parcialmente

comprometidas en la defensa de la biodiversidad podrían sentarse bases firmes para la preservación de nuestros recursos bióticos.

Una propuesta de acción

En Colombia, el conocimiento de los artrópodos ha estado generalmente supeditado a necesidades económicas o médicas; aun así, han surgido interesantes líneas de investigación sobre algunos grupos (no necesariamente de interés económico): escorpiones, arañas, insectos acuáticos, escarabajos lamellicornios, mariposas, abejas, avis-

El Instituto Humboldt y sus tareas

El Sistema Nacional Ambiental (Sina) —conformado por el Consejo Nacional Ambiental, el Ministerio del Medio Ambiente, cinco institutos de investigación adscritos y 34 corporaciones regionales—, coordina los esfuerzos de protección del medio ambiente en el país. Los cinco institutos son el Ideam (clima, hidrología, suelos), Invemar (ecosistemas marinos), Sinchi (región del Amazonas), Von Neumann (costa pacífica) y Humboldt (biodiversidad).

El Instituto Humboldt fue creado en 1995, como corporación cuya misión es promover, coordinar y realizar investigaciones

que contribuyan a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en Colombia. El Humboldt desarrolla programas en áreas estratégicas como biología de la conservación, uso y valoración de la biodiversidad, inventarios, política y legislación, información y comunicación, y capacitación. La División de Inventarios comprende, entre otras, Unidades de Evaluación Ecológica Rápida (Rap) y un Museo de Artrópodos, en proceso de formación.

pas y hormigas. La coordinación de esfuerzos permitiría optimizar recursos y, sobre todo, la experiencia de los investigadores.

A través de un convenio de cooperación entre el Instituto Humboldt y el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, entomólogos de las dos entidades han iniciado la elaboración de un documento de acción dirigido al inventario, preservación y uso de los artrópodos en Colombia. El objetivo general es desarrollar y fortalecer el estudio de la diversidad biológica y lograr la conservación de los artrópodos de Colombia.

Las tareas específicas planteadas incluyen contribuir a los inventarios locales y nacionales de grupos de artrópodos; fortalecer colecciones, museos nacionales e internacionales, bibliotecas y centros de documentación; crear un directorio y una red nacional de especialistas en biología y sistemática de artrópodos; promover y facilitar cursos, talleres, simposios y seminarios que contribuyan al entendimiento de la arthropofauna

neotropical; divulgar, educar y formar nuevas generaciones de biólogos y otros profesionales interesados en aspectos de la biología y la sistemática de los artrópodos; optimizar recursos humanos y logísticos para proyectos o propuestas específicas; asesorar instituciones que contemplen el uso de artrópodos en docencia o investigación; y realizar una búsqueda conjunta de recursos logísticos, financieros, convenios y demás acciones requeridas para cumplir con los objetivos propuestos.

Es un proyecto necesariamente abierto y participativo, que implica involucrar instituciones y personas interesadas en Colombia y en otros países. Más allá de los límites institucionales y de las fronteras nacionales, nuestras biotas neotropicales esperan ser descubiertas, comprendidas y preservadas.



Referencias

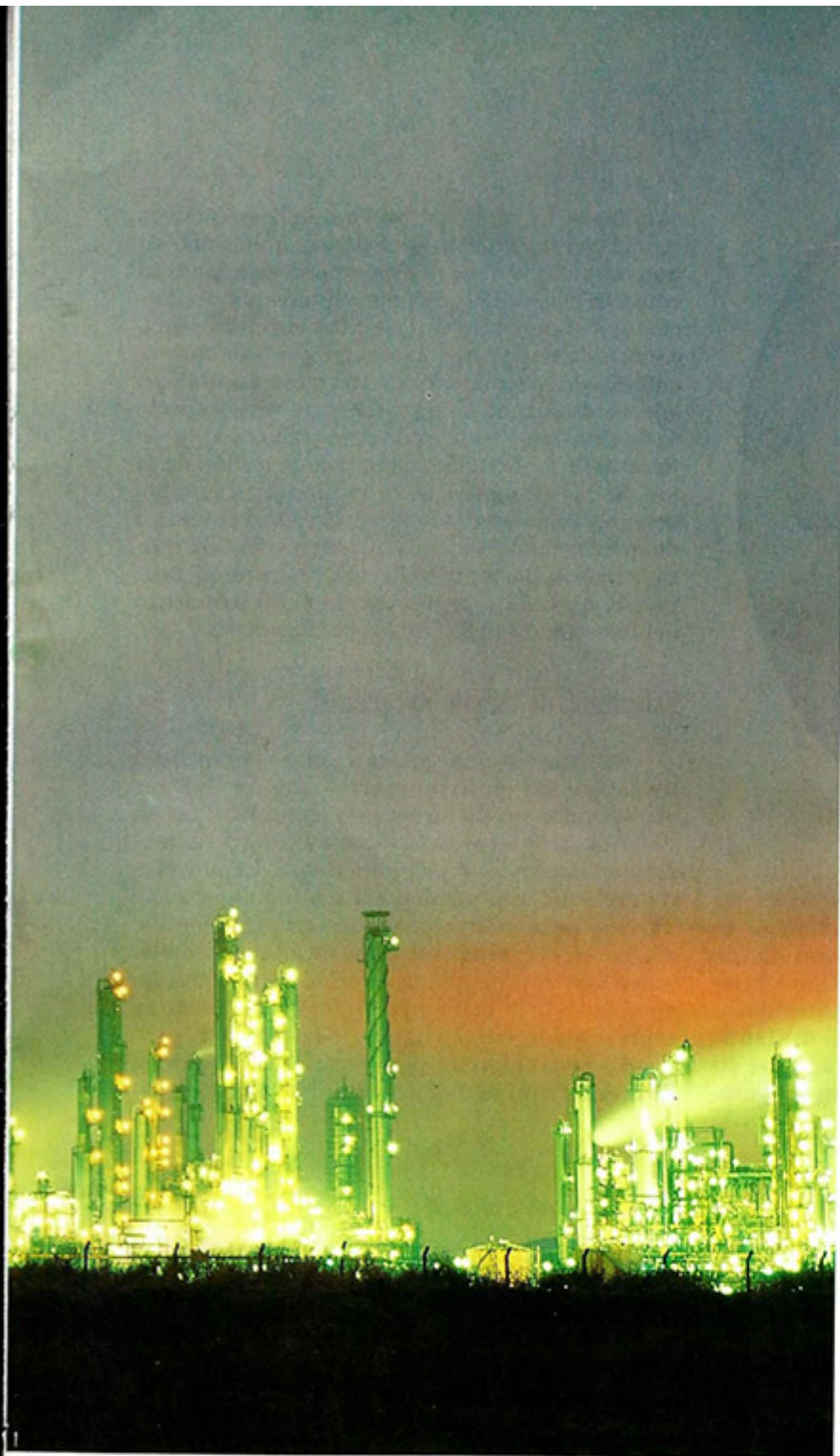
1. Brown K. S. Conservation of the neotropical environments: Insects as indicators. En N. M. Collins y J. A. Thomas (eds.), *The conservation of insects and their habitats*. New York: Academic Press; 1991.
2. Dourojeanni M. J. Entomology and biodiversity conservation in Latin America. *American Entomologist* 36: 88-92; 1990.
3. Erlich P.R., Erlich, A. H. The value of biodiversity. *Ambio* 21: 219-226; 1992.
4. Erwin T. L. The tropical forest canopy: The heart of biotic diversity. En E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press; 1988.
5. Fernández F. La conquista de la superficie terrestre: ¿Mucho más temprana? *Innovación y Ciencia* 3 (2): 14-16; 1994.
6. Gaston K. J. The magnitude of global insect species richness. *Conservation Biology* 5: 283-296; 1991.
7. Goulet H., Huber J. T. (eds.). 14993 Hymenoptera of the World: An identification guide to the families. Ottawa: Agriculture Ottawa; 1993.
8. Groombridge B. (ed.). *Global biodiversity: Status of the Earth's living resources*. Londres: World Conservation Monitoring Centre, Chapman & Hall; 1992.
9. Hogue C. L. *Latin American insects and entomology*. Berkeley: California University Press; 1993.
10. Holden C. Entomologists wane as insect wax. *Science* 246: 754-756; 1989.
11. Kauffman E. G., Harries P. J. Las consecuencias de la extinción en masa. En J. Agustí (ed.), *La lógica de las extinciones*. Barcelona: Tusquets; 1996.
12. Kremen C., Colwell R. K., Erwin T. L., Murphy D. D., Noss R. F., Sanjayan M. A. Terrestrial Arthropod Assemblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7(4): 796-807; 1993.
13. MacGinley R. J. Where's the management in collections management? En *Congress Book*, Vol. 3. Madrid: Natural History Collections; 1993.
14. May R. M. How many species inhabit the Earth? *Scientific American* 267 (4): 42-48; 1992.
15. Minelli A. *Biological Systematics: The state of the art*. Londres: Chapman and Hall; 1993.
16. Popadic A., Rusch D., Peterson M., Rogers B. T., Kaufman T. C. Origin of the arthropod mandible. *Science* 380: 395; 1996.
17. Samways M. J. Insects in biodiversity conservation: Some perspectives and directives. *Biodiversity and Conservation* 2: 258-282; 1993.
18. Seastedt T. R., Crossley D. A. The influence of Arthropods on ecosystems. *BioScience* 34 (3): 157-161; 1984.
19. Stys P., Zrzavy J. Phylogeny and classification of extinct Arthropoda: Review of hypothesis and nomenclature. *European Journal of Entomology* 91: 257-275; 1994.
20. Wheeler W. C., Cartwright A., Hayashi Y. Arthropod phylogeny: A combined approach. *Cladistics* 9: 1-39; 1993.
21. Wilson E. O. (ed.) *Biodiversity*. Washington, D.C.: National Academy Press; 1988.



La catálisis y su impacto en el desarrollo de la sociedad

Rafael Molina, Sonia Moreno y Georges Poncelet
Unité de Catalyse et Chimie des Matériaux Divisés
Université Catholique de Louvain
Place Croix du Sud 2/17.
1348 Louvain La Neuve, Belgique.

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) ha comenzado oficialmente una serie de libros con el tema «Química para el siglo XXI» y dedica su primer libro a la catálisis, aduciendo como razón principal que, «La catálisis es considerada actualmente en el mundo como una de las principales fronteras de investigación en Química. Ésta es la columna vertebral de la industria química y, por lo tanto, la llave de la producción de textiles, alimentos, combustibles y



productos farmacéuticos. Ésta es también fundamental en todos los procesos de la vida...». En efecto, la catálisis es una tecnología fundamental de gran importancia en la vida del hombre moderno. Producimos nuestros alimentos con fertilizantes, nos vestimos con productos poliméricos, el sistema de transporte utiliza energía renovada, y actualmente solucionamos, en parte, los problemas ambientales transformando y/o eliminando los residuos tóxicos producidos por los automóviles e industrias

contaminantes. En cada uno de éstos y muchos otros procesos, la intervención de un catalizador es vital. De esta manera, es justificable puntualizar que la catálisis es una de las más importantes tecnologías modernas, sin la cual la vida humana, en muchos de estos tópicos, sería muy pobre.

Pero, ¿qué es y de dónde viene la catálisis ?

Reportes históricos de los comienzos de la catálisis hablan de la producción del éter, realizada por los alquimistas del mundo árabe cuando adicionaban ácido sulfúrico al etanol. Pero éste parece no haber sido el comienzo del uso práctico de la catálisis. El fenómeno era ciertamente conocido por Aristóteles, quien reconoce el poder de la catálisis en su arte y ciencia primitivos, sin reconocer su naturaleza, al escribir en el volumen IV, capítulo 1, de su Meteorología: «Es claro que algunas sustancias (actualmente el catalizador) son activas, las otras (substratos) son pasivas. Cuando esto es bien establecido, es posible conocer tanto las interacciones por las cuales las sustancias activas actúan, como también los grupos de sustancias pasivas». De aquí podría desprenderse el primer programa de investigación de catalizadores activos y su especificidad. Desde la descripción de estas sustancias o las preparaciones hechas a través de ellas, aparecen las características propias de un catalizador: producir o acelerar un proceso para que sea posible (espontáneo), tal como la transformación del plomo en oro.

Una clara formulación del concepto de catálisis está basada en las múltiples observaciones realizadas durante los siglos XVII y XVIII y fue cristalizada por J. Berzelius (1835), considerado por muchos como el padre de la catálisis. Tanto la termodinámica química como la teoría cinética fueron desarrolladas en el siglo XIX, permitiendo a W. Ostwald (1896) formular la definición del concepto de catálisis en términos del incremento de la velocidad de reacción, lo que permitió su desarrollo como una subdisciplina de la fisicoquímica.

Así, actualmente, un catalizador puede definirse como una sustancia que transforma reactivos en productos mediante un ciclo ininterrumpido y repetido de pasos elementales, hasta una última etapa en la cual el catalizador se regenera en su forma original. Es decir, un catalizador acelera las reacciones químicas sin ser consumido en la reacción misma, lo cual no quiere decir que no sufra ciertas transformaciones durante el proceso. Esto es, el cataliza-



J. Berzelius,
padre de la
catálisis.

dor «vive» durante la reacción. En efecto, su superficie se reconstruye, se «envenena», se reactiva continuamente bajo la acción de los productos químicos que reaccionan. Este fenómeno es tan complejo dentro de su naturaleza, y sus consecuencias pueden ser tan dramáticas sobre la actividad y la selectividad, que en muchos casos sólo una aproximación pragmática puede resolver los problemas que se presentan. Es como si un microprocesador de un computador se modificara en función del flujo y de la naturaleza de la información que lo recorre. ¿Es posible imaginar la complejidad de un computador que contiene millares de millares de microprocesadores que evolucionan individualmente de acuerdo con las informaciones que trata? ¡Eso es un catalizador en funcionamiento! El ciclo catalítico puede ser realizado varios miles de millones de veces en cada sitio catalítico, antes de que el catalizador tenga que ser reemplazado. Esta alta productividad explica su bajo costo, pues el catalizador permite la obtención de productos que pueden llegar a valer dos mil veces su propio valor durante su vida activa.

La catálisis puede ser dividida en cinco ramas principales, de acuerdo con la naturaleza fisico-química de la sustancia catalítica: la *catálisis heterogénea*, en la que la reacción toma lugar en la interfase entre un sólido (el

catalizador) y un gas o un líquido (los reactivos químicos); la *catálisis homogénea*, que, como su nombre lo indica, se realiza en una sola fase; la *catálisis enzimática*, que hace intervenir sustancias naturales o de síntesis, las enzimas, como catalizadores (las enzimas son responsables de la catálisis en sistemas biológicos); la *electrocatalisis*, que se realiza en la superficie de un electrodo recorrido por una corriente eléctrica; y la *fotocatálisis*, llevada a cabo bajo la acción de la luz. Si las últimas cuatro ramas mencionadas son muy importantes, sobre todo por el potencial de nuevas reacciones que ellas representan, quizá la más importante es la catálisis heterogénea, puesto que ella sola representa el 80 por ciento del mercado mundial de los catalizadores.

Estrategias de trabajo en catálisis

De manera general, la catálisis centra su investigación en tres aspectos que pueden ser visualizados en un «triángulo catalítico», cuyos vértices son preparación de catalizadores, caracterización y reacción catalítica. Allí, tres niveles de conocimiento pueden ser distinguidos: *nivel microscópico*, atómico o molecular; *nivel mesoscópico*, en el que aglomerados de átomos y moléculas son lo principal; y *nivel macroscópico*. La combinación de esto con el triángulo catalítico es representada en el prisma de la **figura 1**.

El nivel microscópico relaciona la química molecular con la física molecular. Allí, el prin-

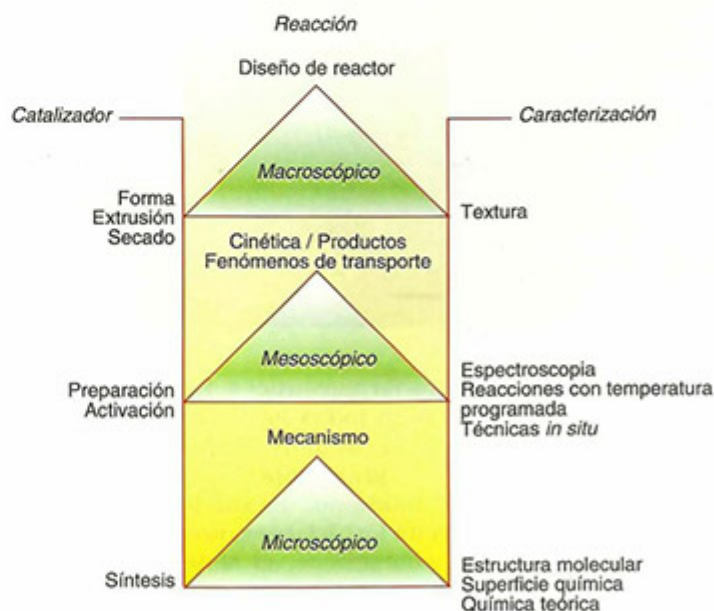


Figura 1. "Prisma catalítico".

cial interés está en los mecanismos de reacción. Lo más importante en este nivel es la identificación de la naturaleza química del «sitio catalítico» y su síntesis. El conocimiento generado por el nivel molecular es utilizado para manipular las superficies de los soportes catalíticos y para diseñar y producir partículas activas y selectivas catalíticamente. El nivel mesoscópico ha sido, tal vez, el de mayor interés para los químicos especialistas en catálisis; en él se han hecho muchos esfuerzos para desarrollar bases científicas para la preparación de catalizadores, lo cual ha llevado a la realización de uno de los eventos de mayor importancia y tradición entre los científicos de la catálisis: el Simposio de Bases Científicas para la Preparación de Catalizadores, que reúne cada cuatro años a los especialistas en el tema y que tiene ya 26 años de tradición. Finalmente, el nivel mesoscópico se conecta entonces con el macroscópico, en el que consideraciones tecnológicas determinan la dirección de la investigación sobre catalizadores.

Hasta hace relativamente poco tiempo, con algunas excepciones, estos procesos requerían generalmente para su comercialización, entre 8 y 12 años de esfuerzo y, dependiendo de cada proceso, una inversión significativamente importante en investigación y desarrollo.

Los años ochenta vieron aparecer el campo de la electrónica molecular. Esta innovación y muchas otras relacionadas con el campo de la química y la física muestran que los avances tecnológicos llegan hasta los niveles moleculares, lo que lleva a la catálisis al uso del diseño molecular (figura 2). Esto incluye un análisis gráfico molecular de la configuración estructural y de la estabilidad para reactivos, catalizador y productos, así como una simulación del proceso preliminar, usando técnicas avanzadas de modelado en computador. Usando esta información, el catalizador es sintetizado y caracterizado por técnicas analíticas y su reactividad catalítica puede ser correlacionada con la estructura en superficie y en masa. El desarrollo catalítico es evaluado y luego se estu-

dian las modificaciones apropiadas para el método de síntesis inicial.

Es preciso señalar que no es posible diseñar a priori un catalizador sin contar con equipos: los avances en el diseño y la simulación por computador, una amplia gama de nuevos métodos de síntesis, avances en la instrumentación analítica para la caracterización de catalizadores, y un sistema rápido y automatizado para probar el catalizador, son necesarios. Esto muestra, simplemente, que la metodología del diseño molecular puede reducir significativamente el tiempo y el costo en el desarrollo de los procesos catalíticos. Cabe anotar que esta aproximación no es aún generalizada, pero se prevé que es con base en ésta que comenzarán a diseñarse los procesos catalíticos del futuro.

La caracterización del catalizador es vital para la comprensión de los cambios que ocurren en la estructura y la composición del sólido durante los procesos de pretratamiento, los periodos de inducción, bajo las condiciones de reacción y durante la regeneración. Durante las dos últimas décadas, los avances en la instrumentación catalítica han dado grandes pasos en sensibilidad y resolución. Éstas permiten obtener detalles estructurales y análisis de la composición, algunas veces

con resolución espacial atómica. Las técnicas más corrientemente utilizadas en la caracterización de un catalizador son presentadas en la tabla 1. Sólo combinando varias de las técnicas mencionadas es posible desarrollar una visión atómica del catalizador y/u obtener un panorama relativamente completo de éste, lo cual puede servir como punto de partida para desarrollar modelos teóricos de sitios catalíticos e identificar estrategias para mejorar el desempeño del catalizador.

Dada la complejidad del catalizador y del fenómeno catalítico, la información debe provenir de una gran variedad de disciplinas que deben soportarla, en particular de la química organometálica, la ciencia de superficies, la química del estado sólido, la ciencia de materiales, la bioquímica, la



Figura 2. Diseño molecular en catálisis.

Técnica	Tipo de información
Difracción de electrones de baja energía (LEED)	Estructura atómica de la superficie y de los gases absorbidos
Espectroscopia de alta resolución de electrones con pérdida de energía (HREELS)	Estructura y enlaces de átomos y especies absorbidas en la superficie
Espectroscopia electrónica con pérdida de energía (EELS)	Estructura molecular
Espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS-ESCA)	Estructura electrónica y estado de oxidación de los átomos en la superficie y de las especies absorbidas. Análisis elemental en superficie
Espectroscopia electrónica Auger (AES)	Composición en superficie
Espectroscopia de masas de ión secundario (SIMS)	Composición en superficie
Espectroscopia fotoelectrónica de ultravioleta (UPS)	Estructura electrónica
Espectroscopia de difusión iónica (ISS)	Estructura atómica y composición de la superficie del sólido
Análisis estructural por absorción fina de rayos X (EXAFS)	Estructura atómica y composición energética de especies absorbidas
Difracción de rayos X (DRX)	Estructura cristalina en masa
Espectroscopia de infrarrojo (IRS)	Estructura y enlaces de gases absorbidos
Espectroscopia Láser-Raman (LRS)	Estructura molecular
Resonancia magnética nuclear del estado sólido (NMR)	Composición atómica y molecular
Microscopia electrónica de transmisión (TEM)	Tamaño de cristal, forma, morfología y estructura
Microscopia electrónica de scanning (STEM)	Microestructura y composición
Microscopia electrónica de tunel (STM)	Estructura atómica de la superficie
Espectroscopia de Mössbauer	Estado iónico

Tabla 1. Técnicas de caracterización de catalizadores.

ingeniería de reacciones químicas y la cinética química y dinámica.

Panorama e impacto mundial

La historia de la catálisis ha tenido un éxito indudable, prestando servicios a una amplia gama de intereses de la sociedad: energía, alimentos, productos químicos, protección ambiental, salud y seguridad nacional, entre otros. El primer gran aporte tecnológico de la catálisis a gran escala se concretó en 1913, cuando se inauguró en Alemania la primera planta industrial de síntesis de amoníaco (NH_3) a partir de sus componentes elementales, nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2). Luego, en los años veinte, con la llegada de la industria petroquímica, la catálisis heterogénea se desarrolló fuertemente y logró un papel muy importante en la fabricación y transformación de productos petroquímicos y químicos de gran tonelaje.

La catálisis ha sido, tal vez, el instrumento más importante que ha permitido a la química aportar las más grandes contribuciones al actual estilo de vida. En los últimos 40 años, la catálisis ha producido una firme tecnología de

punta para los combustibles, los químicos y la industria farmacéutica. Es así como en las últimas décadas se ha buscado una relación entre el fenómeno y la investigación estructural y mecánica a nivel molecular, combinando la potencialidad de la instrumentación, de los cálculos químico-cuánticos y de los métodos computacionales. Por lo anterior, no es sorprendente encontrar un reconocimiento del mundo científico al área de la catálisis (tabla 2), mediante el otorgamiento de varios premios Nobel a contribuciones científicas aportadas directamente por la catálisis o a contribuciones fuerte e indudablemente ligadas a esta disciplina.

En relación con su contribución dentro del contexto económico, la catálisis ocupa un lugar privilegiado, principalmente en los países industrializados. Cerca del 90 por ciento de todos los químicos actuales involucran un catalizador en alguna de sus etapas de fabricación. Así, el aporte económico de la catálisis se mide actualmente por el impacto de sus productos y no por el costo mismo del catalizador. Esto permite comprender el enfoque económico de la catálisis, el cual presenta un cuadro impresionante. En 1989, el mercado mundial de catalizadores fue de 5 billones de dólares, con 1,9 billones sólo en Estados Unidos y 1,3 billones en Europa occidental. El costo del catalizador es estimado en cerca del 0,1 por ciento del valor de un combustible producido y en cerca del 0,22 por ciento de un producto petroquímico. Este costo, trasladado al valor mundial de combustibles y químicos, es de 2,4 trillones de dólares. Esta cantidad es superior al Producto Nacional Bruto (PNB) de algunas de las naciones más industrializadas y equivale a cerca de la mitad del PNB de Estados Unidos, cifras que por sí solas llevan a la reflexión. Para el año 2000, se estima que el mercado mundial de catalizadores será del orden de 6,5 billones de dólares.

Si bien todo lo anterior refleja indirectamente el impacto social por su contribución al mejoramiento de las condiciones diarias de vida, actualmente dicho impacto es más evidente, en particular por sus invaluable aportes a la protección ambiental. El ejemplo más conocido es el de los convertidores catalíticos que remueven los contaminantes provenientes de los gases de escape de los automóviles. Estos fueron instalados inicialmente en Estados Unidos, en 1974, e introducidos luego al mercado japonés y europeo, lo cual derivó en una reducción de las emisiones de monóxido de carbono (CO) en un 96 por ciento, y de óxidos de nitrógeno (NO_x) en un 76 por ciento. Actualmen-

La catálisis ha sido, tal vez, el instrumento más importante que ha permitido a la química aportar las más grandes contribuciones al actual estilo de vida.

te, el catalizador más avanzado contiene tres metales del grupo del platino y es capaz de controlar las emisiones de CO, de NO_x y de moléculas de hidrocarburo no quemadas, usando para ello una cadena compleja de reacciones catalíticas. Ésta es tal vez la aplicación que más ha permitido a la gente, comprender el impacto y beneficio de la catálisis en la vida diaria.

El contexto general expuesto hasta aquí puede ser suficiente para comprender por qué, a lo largo y ancho del mundo, la catálisis es considerada hoy como uno de los más importantes campos de investigación de la química. Por ello, dentro de las estrategias seguidas por Estados Unidos, Japón y Europa, se ha presentado la catálisis como un área prioritaria para resolver problemas actuales y futuros y, por lo tanto, estos países no cesan de formar recursos humanos que aseguren la continuidad de su desarrollo. Recientemente, en Europa se fundó la Federación Europea de Sociedades de Catálisis (EFCATS) y entre sus principales objetivos está demostrar, simultáneamente, la fuerza de la catálisis en Europa

y la fuerza de Europa en la catálisis. Aparte de esto, los países de la Comunidad Europea no cesan individualmente de fortificar su conocimiento mediante ambiciosas estrategias. Se podría citar el NIOK, una organización holandesa que establece relaciones entre la multidisciplinariedad, la universidad y la industria. Otro ejemplo, es el NIAK, de Inglaterra, con una iniciativa similar, que pretende formar una organización basada en componentes que involucren, aún más, tanto la industria como a la academia. En el Japón, un ejemplo reciente es el proyecto aprobado el año pasado por el Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura, con el cual se buscan, básicamente, nuevos conceptos para el diseño de la próxima

generación de catalizadores y que involucra a más de 100 especialistas, principalmente de centros académicos.

En relación con Estados Unidos, no es sorprendente que los últimos reportes preparados por el Consejo Nacional de Investigaciones (U.S. National Research Council) discutan la importancia de la ciencia de la catálisis para la sociedad. En el informe Pimentel (1985), cuatro de las cinco recomendaciones de prioridad nacional contemplan la catálisis. El reporte Amundson (1988) da ocho recomendaciones de investigación prioritarias, con fuerte énfasis en la catálisis heterogénea. En el último panel realizado por el Consejo Nacional de Investigaciones de Estados Unidos en 1992, sobre nuevas direcciones en catálisis, los aspectos anteriores toman dimensiones aún mayores, y se proclama el impacto del área no solamente desde el punto de vista científico y tecnológico, sino también económico y social.

Con respecto al panorama latinoamericano, los países más avanzados en el área son México, Brasil, Venezuela y Argentina, posiblemente debido a la evidente dependencia de la catálisis que tiene la industria del petróleo. Vale la pena mencionar la creación, en 1982, del programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), con la participación de 21 países Iberoamericanos. La producción de innovaciones y el desarrollo tecnológico, con posibles efectos en la economía, son los objetivos de este programa. Para esto han sido creados 16 subprogramas científicos y tecnológicos, dentro de los cuales está el Subprograma V, que contempla la catálisis y los materiales adsorbentes. La partida anual del Subprograma V es del orden de los 200.000 dólares.

La catálisis en Colombia

La breve historia de la catálisis en Colombia, tomada como la realización de investigaciones sistemáticas en el área, comienza en los años ochenta con la elaboración de trabajos en la Universidad Nacional en Bogotá y casi simultáneamente en otras universidades del país, mediante la realización de trabajos de pregrado y, en menor proporción, de maestría.

Año	Científico	Aporte
1909	Ostwald	Catálisis, Velocidad de reacción
1912	Sabatier	Hidrogenación catalítica
1919	Bosch y Haber	Síntesis catalítica de amonio
1931	Bergius	Métodos catalíticos de alta P
1932	Langmuir	Química de superficie
1954	Pauling	Teoría química del enlace
1956	Hinshelwood y Semenov	Cinética química
1963	Ziegler y Natta	Catálisis de altos polímeros
1972	Moore y Stein	Actividad catalítica/estructura de ribonucleasa
1973	Fischer y Wilkinson	Compuestos organometálicos
1974	Flory	Altos polímeros
1975	Cornforth	Catálisis enzimática
1987	Pedersen, Cram y Lehn	Diseño molecular aplicado a la catálisis
1989	Cech	Confección de ribozimas

Tabla 2. Premios Nobel relacionados con la catálisis.

En sus inicios, sólo uno o dos grupos contaban con personal preparado científicamente en esa área específica, y la mayoría de los grupos se fue formando de manera un poco indirecta y «autodidacta», pasando de otras áreas que, si bien pertenecen al campo de la ciencia de materiales, no corresponden al campo específico de la catálisis. El esfuerzo, de innegable valor, que han hecho varios de los investigadores pioneros en Colombia en su preocupación por trabajar y desarrollar la catálisis, ha permitido ver la real necesidad de formar recursos humanos en el área, que puedan en un futuro crear la «masa crítica» necesaria para que esta disciplina surja como una de las prioritarias en el país.

Así, el resultado más sobresaliente en esta primera etapa fue fundamentalmente lograr introducir la catálisis dentro del ámbito académico del país, lo cual permitió paralelamente la introducción y formación de recursos humanos. Dentro de este contexto, existe en Colombia, desde hace ocho años, el programa de doctorado en el área. Paralelo a esto, recientemente se han formado algunos investigadores en el exterior y otros están realizando dicha tarea. Igualmente, se debe mencionar el logro de espacios físicos y la realización del Simposio Nacional de Catálisis, evento que celebró su cuarta versión el pasado mes de junio de 1996, en Bucaramanga.

De otra parte, Colombia hace parte del Programa CYTED y hace algunos años inició su participación en algunos eventos internacionales. Es el caso del Simposio Iberoamericano de Catálisis, que se realiza cada dos años y que permitió a Colombia obtener la sede de este evento para 1998. Este último logro es de vital importancia en la corta historia de la catálisis en Colombia, ya que se abre una ventana oficial en el ámbito iberoamericano, de resonancia mundial en el medio científico. De otro lado, a nivel nacional, las relaciones de los grupos de investigación con la industria nacional, principalmente con Ecopetrol, a través del Instituto Colombiano del Petróleo, han comenzado a dar sus primeros pasos, pues en el pasado sólo se llevaron a cabo algunos tímidos proyectos.

Recientemente, los autores de este artículo participaron en la creación de un proyecto que busca principalmente aportar algunos elementos para contribuir al proceso de internacionalización de la catálisis en Colombia, fortalecer el programa de doctorado que existe actualmente en el país y brindar a los grupos académicos, así como a la industria nacional interesada, un abanico de posibilidades para la realización de proyectos de intercambio con

laboratorios europeos y latinoamericanos de prestigio internacional en diferentes ramas de la catálisis, como un paso más hacia un desarrollo sistemático y coherente en el área. Para ello, y gracias a la financiación total de Colciencias, se realizó en 1995 una reunión de todos los grupos colombianos con siete laboratorios de prestigio internacional, que incluyen: Bélgica, Francia, Inglaterra, Brasil, Venezuela y México. Esto ha permitido, entre otras cosas, abrir nuevos espacios para estudiantes de doctorado, apertura para pasantías de estudiantes y profesores de universidades colombianas, nuevos evaluadores para Colciencias y presentación de propuestas de proyectos a programas de la Comunidad Europea (Programa Alfa e INCO-DC).

Sin embargo, como sucede en la mayoría de áreas de la ciencia y la tecnología, la evaluación de resultados de la catálisis se mide prioritariamente en función de sus aportes científicos y/o tecnológicos, por medio de publicaciones en revistas internacionales y sus patentes, por su participación en eventos y/o proyectos internacionales y, evidentemente, por sus aportes a la industria. Desde este punto de vista, Colombia aún no trasciende sus fronteras y apenas comienza a dar sus primeros pasos. Por ejemplo, el desconocimiento que existe dentro de la comunidad científica internacional sobre la existencia de grupos colombianos en catálisis se explica por su casi total ausencia tanto en los eventos científicos del área como en las publicaciones científicas internacionales. Si bien es cierto que ya hay varios investigadores colombianos con un cierto número de publicaciones internacionales, más del 90 por ciento de éstas han sido realizadas durante estudios o estancias realizadas en centros de reconocimiento internacional y son muy escasos los artículos de entera producción colombiana.

Evidentemente, todo lo anterior encuentra parte de su explicación en algo que es un problema más estructural y general de Colombia, como es la escasez de recursos económicos con que se cuenta. La **tabla 1** permite hacerse una ligera idea de la infraestructura (sólo a nivel de caracterización de catalizadores) necesaria para poder obtener resultados fiables y



publicables. Como dato, algunos equipos de los mencionados, como el XPS (una de las técnicas de uso rutinario en catálisis), tienen costos que pueden ir desde los 800 mil dólares (800 millones de pesos), en su configuración más simple, hasta cerca de los 2 millones de dólares (dos mil millones de pesos), en su configuración más evolucionada. Técnicas menos indispensables pero trascendentales en muchos casos, como el RMN del estado sólido, pueden tener un costo del orden de un millón de dólares.

Así, el panorama colombiano muestra que el quijotesco trabajo de los pioneros de la catálisis en Colombia, durante cerca de 15 años, ha «catalizado» un proceso que debe indudablemente continuar. La importancia, tanto estratégica como socioeconómica, que tiene la

catálisis en el panorama mundial expuesto, los valiosos recursos energéticos con que cuenta Colombia y su dependencia de la catálisis, así como la incidencia de la tecnología de la catálisis en una amplia gama de procesos productivos obliga a reflexionar sobre la definición de una política estratégica de Colombia asociada a este campo. Sin embargo, estos objetivos sólo

se lograrán con la participación activa, decidida y compartida de los investigadores colombianos comprometidos con la catálisis, así como con la intervención directa de entidades estatales y privadas, para dar apoyo a la infraestructura necesaria para el desarrollo del área en Colombia.

Proyecciones de la catálisis a nivel mundial

En la actualidad existen varios estudios de perspectivas de la catálisis a nivel mundial. Puesto que la catálisis está implicada en una amplia gama de procesos, sus perspectivas son enormes y cubre lógicamente una también am-

plia gama de disciplinas. A continuación se presentan aquéllas que quizá son las de mayor impacto mundial.

***Energía:** entre los futuros desafíos de la catálisis está, en primer lugar, la necesidad de aumentar la cantidad de energía, considerada clave del desarrollo económico. Así, sin importar el escenario adoptado para garantizar la evolución del consumo energético mundial en los próximos cuatro decenios, será necesario optimizar el conjunto de fuentes energéticas, en primer lugar, aquéllas en las que los catalizadores juegan un papel determinante: los procesos actuales del petróleo serán reemplazados por crudos pesados y bituminosos, los combustibles líquidos serán producidos a partir del metano, y el gas natural y el carbón serán utilizados como materias primas.

Los requerimientos de los catalizadores en petroquímica varían ampliamente en función de las cargas, que pueden ser desde muy limpias o livianas hasta muy sucias o pesadas. La industria del petróleo se enfrenta a exigencias mucho más severas que se empiezan a imponer a los carburantes: disminución de un factor de 10 o más del contenido de azufre y una disminución importante del contenido de aromáticos. Por otra parte, se observa un deterioro en la calidad de los petróleos crudos que alimentan dicha industria. Por eso, los diversos procesos de hidrotreamiento tendrán una importancia aún mayor en los procesos de refinación. Así, serán necesarios nuevos catalizadores en función de las necesidades de producción y de las cargas a tratar. Las fuentes futuras, dentro del próximo primer cuarto de siglo, serán aún más dependientes de la optimización de catalizadores para su desarrollo.

***Química fina:** la síntesis de productos para la química es otro gran desafío a que se enfrenta la catálisis. Y no es solamente en la síntesis de nuevos productos que se espera su acción, sino también en la optimización de catalizadores que permitan bien economizar energía y materia o bien lograr la integración de fases productoras. Así, por ejemplo, en el caso de hidrogenaciones en el campo de la química fina, existen claras oportunidades para investigar en la preparación de nuevos catalizadores bimetálicos, catalizadores bifuncionales ácido/metal que puedan llevar a cabo dos o más pasos en un solo reactor y, finalmente, en un área que se encuentra todavía en su infancia como es el caso de la obtención de catalizadores sólidos para llevar a cabo hidrogenaciones asimétricas.

***Medio ambiente:** otro desafío al que se está respondiendo, y que deberá continuar un proceso de mejoramiento y sofisticación, es la

**La catálisis es un
área de invaluable
importancia para el
desarrollo revolucio-
nario de nuevas
tecnologías para la
industria en general.**

contribución a la protección del medio ambiente. Ésta es tal vez el área que reclama mayor impacto social en la actualidad. En el pasado, la catálisis ha jugado un importante papel para economizar energía y disminuir los desechos de la industria petrolera y química en general. Las nuevas legislaciones y las exigencias de la opinión pública hacen que la catálisis industrial reciba actualmente un impulso adicional. Sólo ella permite conciliar las exigencias de protección del medio ambiente y aquéllas de un continuo desarrollo económico en los países industrializados y en aquéllos en vías de desarrollo.

Se espera que la tecnología de los catalizadores comience progresivamente a ser más importante en otras industrias en las que aún no es ampliamente utilizada. Un ejemplo obvio es proveer la tecnología catalítica que permita la purificación total de los gases de desecho de varias industrias y del transporte automotriz. En tal sentido, hoy se están dando prioridades a investigaciones sobre la descomposición de NOx en condiciones reales; la reducción de los NOx por hidrocarburos en presencia de vapor de agua; la eliminación de SO₂ y la preparación de un producto útil; la eliminación simultánea de SO₂ y NOx; el reemplazo de los oxidantes clorados; el tratamiento de aguas usadas a una temperatura inferior a 65°C por reacciones catalíticas. Con respecto a los hidrocarburos clorofluorados juzgados responsables del «agujero del ozono», su cloración catalítica por HCl en Cl₂ permitiría volver a encontrar el compuesto del principio y así reconvertir el carbono y el flúor.

Como está visto, la disminución de los desechos, la utilización más racional de los recursos energéticos o grandes intermediarios, la diversificación de los abastecimientos, entre otros, necesitan la búsqueda de nuevas aplicaciones, de nuevos procesos o productos que serán estadísticamente, para un 80 por ciento de ellos, catalíticos. Para lograr algunos de los desafíos mencionados, es indispensable avanzar con énfasis tanto en la obtención de nuevos materiales catalíticos como en la comprensión de la relación entre la síntesis y la actividad catalítica, la selectividad y durabilidad; en el desarrollo de métodos *in situ* para la caracterización de la composición y estructura del catalizador, y las relaciones con el proceso catalítico; en el desarrollo y aplicación de métodos teóricos para predecir la estructura y estabilidad del catalizador, como también los procesos energéticos y dinámicos elementales que ocurren durante la catálisis, y el uso de esta información en el diseño de nuevos ciclos catalíticos y estructuras de catalizadores; y en

la investigación y desarrollo en instrumentación, en el área de la informática.

La catálisis es una área de invaluable importancia para el desarrollo revolucionario de nuevas tecnologías para la industria en general. Las innovaciones surgidas gracias a los avances en la ciencia y la ingeniería de la catálisis prometen para el siglo XXI una industria mucho más eficiente, segura y ecológicamente pura y, por tanto, una mejoría en la calidad de vida. En los comienzos del siglo XXI, surgirán nuevas ideas desde la investigación básica en catálisis, que podrán cambiar el perfil de las industrias en el futuro.

Así, si se pretende desarrollar totalmente el potencial de la tecnología de la catálisis, no se requerirán únicamente innovaciones técnicas en el ámbito de todas las disciplinas, sino que también será necesaria una apropiada estructura organizacional que maximice la sinergia entre la investigación académica e industrial. Los países que reconozcan este potencial y provean los estímulos apropiados tendrán posiciones fuertes en el futuro de la tecnología catalítica.



Referencias

1. Anderson J. R., Boudart M., editors. *Catalysis science and technology*. New York: Springer-Verlag, 1981.
2. Commission des Communautés Européennes. *Les matériaux nouveaux. Dynamique économique et stratégie européenne. Projet Fast DG XII*.
3. Guzzi L. et al., editors. *New frontiers in catalysis*. Amsterdam: Elsevier, 1993.
4. Hightower J. W., Delgass W. N., Iglesia E., editors. *11th International Congress on Catalysis -40th anniversary, Baltimore, June 30-July 5 1996*. Amsterdam: Elsevier, 1996.
5. Misomo M., Moro-oka Y., Kimura S., editors. *Future opportunities in catalytic and separation technology*. Amsterdam: Elsevier, 1990.
6. National Research Council. *Catalysis looks to the future*. Washington, D. C.: National Academy Press, 1992.
7. Poncelet G., Martens J., Delmon B., Jacobs P. A., Grange P., editors. *Preparation of catalysts VI*. Amsterdam: Elsevier, 1995.
8. Thomasand J. M., Zamaraev K., editors. *Perspectives in catalysis. "A chemistry of the 21st Century"*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, IUPAC, 1994.
9. Van Santen R. A. *Theoretical heterogeneous catalysis*. World Scientific Publishing, 1991.

Museo itinerante
de ciencia y tecnología
diseñado para recorrer
instituciones y lugares
donde haya público
deseoso de aprender
y divertirse

Informes: MALOKA Tels.: 427 02 27 - 427 02 39



MUSEO ITINERANTE DE LA RECREACION Y EL APRENDIZAJE



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



89.9 F.M. ESTEREO

Una emisora para la inmensa minoría

Oficinas: Carrera 12 N° 82-23 • Teléfonos: 236 38 40 - 236 39 96 - 616 02 35
Fax: 257 0595 - 236 88 61 • Bogotá D.C.

A microscopic image showing several spores and vegetative cells of Bacillus thuringiensis. The spores are spherical and have a distinct multi-layered structure, with a dark outer shell and a lighter inner core. The vegetative cells are elongated and have a more granular appearance. The background is a light yellowish color.

Importancia del *Bacillus* *thuringiensis* en el control de insectos



Sergio Orduz
Jefe Unidad de Biotecnología y Control Biológico

Nora Restrepo
Investigadora asociada

Felipe Vallejo
Investigador asociado

Corporación para Investigaciones Biológicas-CIB
Medellín, Colombia
e-mail: cibucb@medellin.cetcol.net.co
sorduz@epm.co

Breve historia

El *Bacillus thuringiensis*, una bacteria gram positiva formadora de esporas, es probablemente el microorganismo más importante para el control biológico de insectos a nivel mundial. Desde su descubrimiento en Japón, en 1901, y su descripción formal en Alemania, entre 1911 y 1915, un interés creciente se ha venido desarrollando por su importancia en el control de insectos que constituyen plagas. Este microorganismo está siendo estudiado en muchos países, y hasta el momento han sido descritas 45 serovariedades, con un rango de organismos susceptibles, fundamentalmente dentro de la clase Insecta (órdenes Lepidóptera, Díptera, Coleóptera, Himenóptera, Homóptera y Mallophaga), y algunos reportes recientes le adjudican actividad contra nemátodos y ácaros.

La investigación de *Bacillus thuringiensis* en Colombia

En el caso de Colombia, se ha creado la red de *Bacillus thuringiensis* a instancias de Colciencias, conformada por las Instituciones que trabajan en la búsqueda de cepas de esta bacteria con actividad contra los principales problemas causados por insectos en agricultura y salud pública. Esta red conformada en 1993 ha venido realizando esfuerzos crecientes, con financiación de Colciencias, para capacitar científicos en este campo de la investigación, y cuyo objetivo es desarrollar productos basados en *Bacillus thuringiensis*, bien

sean naturales o recombinantes. El trabajo de investigación científica en Colombia fue iniciado en 1988 por el grupo de la Corporación para Investigaciones Biológicas de Medellín, que en 1992 describió una nueva subespecie para el mundo, con actividad contra mosquitos y que ha sido denominada *medellin*. Posteriormente, en 1993, otros grupos como los del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (sede Bogotá), la Empresa Colombiana de Productos Veterinarios (Vecol S.A.), de Corpoica, del Centro de Investigaciones

Microbiológicas de la Universidad de los Andes y del Instituto de Inmunología iniciaron su trabajo de investigación en este tema; y a raíz de la realización de un curso internacional sobre Bt, financiado por Colciencias, al que asistieron científicos de renombre internacional, Cenicafé, el Instituto Colombiano Agropecuario y la Universidad del Quindío entraron a formar parte de esta red, que permanece abierta a nuevos grupos de investigación interesados en el tema.

Las proteínas tóxicas producidas por el *Bacillus thuringiensis* son empacadas en el cristal paraesporal como protoxinas. Los cristales son visibles al microscopio de luz y son producidos por las diferentes variantes de *Bacillus thuringiensis* al momento de formar la espora. Las δ -endotoxinas de algunas subespecies son las toxinas más potentes que se conocen; son 300 veces más potentes que los insecticidas de tipo piretroide y 80.000 veces más que los organofosforados.

Los primeros intentos para usar *Bacillus thuringiensis* en programas de control de insectos se desarrollaron entre 1925 y 1935, fundamentalmente para el control del barrenador europeo del maíz *Ostrinia nubilalis*, que era una plaga importante en el sur de Europa. Durante las siguientes dos décadas se realizaron extensas pruebas de campo para el control de insectos lepidópteros en Europa y Estados Unidos, dando como resultado que la primera formulación comercial saliera al mercado francés en 1938, bajo el nombre de Sporeine. En los años 50 se desarrolló una mayor en varios países, incluyendo la ex Unión Soviética, ex Checoslovaquia, Francia y Alemania. En Estados Unidos, el primer producto comercial se vendió en 1957 bajo el nombre de Thuricide. En la década de los sesenta se realizó una evaluación más extensiva en varios países, en la que se obtuvieron resultados variables. El hallazgo de la cepa HD-1 mejoró significativamente su actividad en condiciones de campo, debido a su alta potencia. Por la misma época, la adopción de un sistema internacional que estandarizó la potencia de las preparaciones introdujo otro punto favorable, y en la década de los ochenta, la

producción y el uso a nivel mundial se establecieron. En la actualidad, el mercado está controlado por tres o cuatro cepas y se dirige básicamente al control de insectos lepidópteros, coleópteros y dípteros. El mercado más importante es el programa de control de insectos en cultivos forestales, donde el *Bacillus thuringiensis* ha empezado a desplazar paulatinamente el uso de insecticidas químicos, llegando a representar el 60 por ciento del consumo de

Tabla 1. Interés industrial en *Bacillus Thuringiensis* (Bt), antes y después de 1980.

Compañía	Cepas no modificadas	Cepas mejoradas	Cultivos resistentes	Presentación por bacterias
Antes de 1980				
Abbott	*			
Biochem	*			
Zoecon	*			
Duphar	*			
Después de 1980				
Abbott	*1	*		
Solvay/Duphar	*2	*		
Zoecon/Sandoz	*3	*	*	
Novo	*4	*		
Ciba Geigy	*5	*		
ICI	*6	*	*	
Sumitomo	*	*		
Dow Elanco	*	*		
Ecogen	*7	*7		
Mycogen	*8	*8		
Monsanto			*	*
Rohm and Haas			*	
Plant Genetic System			*	
Agracetus			*	
Calgene			*	
Sungene Techn. Inc.			*	
AgriGenetics				*
Crop Genetics Intl.				*

Productos registrados basados en:

<i>Bt kurstaki</i>	<i>Bt israelensis</i>	<i>Bt tenebrionis</i>
1. Dipel	Vectobac	
2. Bactospeine, Futura, Florbac	Bactimos	
3. Thuricide, Javelin	Teknar	Trident
4. Foray, Biobit	Skeetal	Novodor
5. Agree		
6. Biodart		
7. Cutlass, Condor, Foil		Foil
8. MVP		M-One, MTrack

insecticidas. Las ventas mundiales a mediados de 1980 se estima fueron del orden de los 50 millones de dólares, lo que es menos del 1 por ciento del mercado mundial de insecticidas. A partir de entonces, el uso del *Bacillus thuringiensis* ha entrado en una tercera fase de desarrollo, fundamentalmente debido a la restricción de los insecticidas químicos en muchos países, a la emergencia de problemas de resistencia de los insectos a insecticidas químicos, y al alto costo que conlleva el desarrollo de nuevos productos químicos. El éxito comercial del *Bacillus thuringiensis*, subespecie *kurstaki*, y el hallazgo de la subespecie *israelensis* en 1977, con actividad contra mosquitos, y de la subespecie *morrisoni* patovariedades *san diego* y *tenebrionis* a mitad de la década de los ochenta, definitivamente enfocaron el interés de la industria de agroquímicos hacia esta bacteria. La tecnología

del ADN recombinante y otros descubrimientos en el campo genético han ampliado las posibilidades de desarrollo de bacterias y plantas transgénicas, y los gobiernos, las universidades y la industria han unido esfuerzos para explotar las inmensas posibilidades toxicológicas de esta bacteria.

Genes y toxinas del *Bacillus thuringiensis*

La diversidad de las proteínas del cristal del *Bacillus thuringiensis*, mejor conocidas como δ -endotoxinas, ha resultado del estudio de miles de aislamientos realizados en cerca de 50 países de los cinco continentes. Millones de dólares han sido dedicados a la búsqueda de nuevas cepas con nuevas actividades o con mayor potencia. Hasta el momento se conocen 65 serotipos, clasificados de acuerdo con las características de su antígeno flagelar. La mayoría de estas cepas produce más de una proteína en el cristal y, de alguna manera, esta composición se refleja en la forma de aquél. Por lo tanto, la observación microscópica podría sugerir la clase de insectos que posiblemente serían afectados por una cepa en particular. En 1989, Hofte y Whitely propusieron una nueva clasificación basada en el grado de homología de las proteínas del cristal (*cry*). Posteriormente, esta clasificación ha sido revisada, y con la descripción de nuevos genes, 108 en total, se han conformado 26 clases en las que se incluyen dos citolisinas y los genes de *Clostridium bifermentans* serovar, *malaysia* y de *B. popillae*. A la vez, se han reportado dos nuevos genes denominados proteínas vegetativas insecticidas (Vip, por su sigla en Inglés, Estruch et al., 1996). Para mayor información consultar la siguiente dirección en internet: http://epunix.biols.susx.ac.uk/Home/Neil_Crickmore/Bt/index.html.

La especificidad de estas cepas varía con el tipo de gen o genes que contenga; un ejemplo de ello se aprecia en la **tabla 2**.

Las proteínas se mantienen en el cristal, presumiblemente debido a interacciones complejas como hidrofobicidad, enlaces disulfuro, puentes de hidrógeno, etc. Además de estas δ -endotoxinas, algunas cepas producen otro tipo de toxinas que han sido denominadas β -exotoxinas, fosfolipasas, thuricinas, etc. Las β -exotoxinas son análogos de nucleótidos, y su actividad está determinada por la inhibición de la ARN polimerasa por competencia con el ATP. Aunque estos compuestos no son tan específicos como las δ -endotoxinas, pueden contribuir de alguna manera a la muerte del insecto.

De la gran variedad de genes que codifican para las proteínas del cristal descrita se han

Tipo de gen	Actividad ^a	Ocurrencia ^b
<i>cry</i> IA(a)	L	kur, sot, aiz, ent, thu, ale
<i>cry</i> IA(b)	L	kur, aiz, thu, dar, tol, ent, ale
<i>cry</i> IA(c)	L	kur, ken
<i>cry</i> IB	L	aiz, thu, ent
<i>cry</i> IC	L	aiz, ent
<i>cry</i> ID	L	aiz, ent, gal, dar
<i>cry</i> IE	L	ken, dar, tol
<i>cry</i> IF	L	aiz
<i>cry</i> IG	L	gal
<i>cry</i> IIA	L/D	kur
<i>cry</i> IIB	L	kur
<i>cry</i> IIC		
<i>cry</i> IIIA	C	mor (ten, san)
<i>cry</i> IIIB	C	tol
<i>cry</i> IIIB (b)	C	kyu
<i>cry</i> IVA	D	isr, mor
<i>cry</i> IVB	D	isr, mor
<i>cry</i> IVC	D	isr, mor
<i>cry</i> IVD	D	isr, mor
<i>cry</i> IV?	D	jeg?, med?
<i>cry</i> IV?	D	med?
<i>cry</i> VA	L/C	NA
<i>cry</i> VB	L/C	NA
<i>cry</i> VIA	N	NA
<i>cry</i> VIB	N	NA
<i>cyt</i> A	D/cytol.	isr, mor
<i>cyt</i> M	D/cytol.	med
Sin clasificar		
<i>cry</i> X1 (IIIC)		
<i>cry</i> X2 (IIID)		
<i>cry</i> X3		
<i>cry</i> X4		

^a Especificidad del rango de huéspedes: L, Lepidóptera; C, Coleóptera; D, Díptera; N, Nematodos; cytol, citolítico.

^b kur, *kurstaki*; thu, *thuringiensis*; sot, *sottii*; aiz, *aizawai*; ent, *entomocidus*; ale, *alesti*; dar, *darmstadtensis*; tol, *tolworthi*; ken, *kenya*; gal, *galleriae*; mor, *morrisoni*; ten, *tenebrionis*; san diego, *israelensis*; jeg, *jegathesan*; med, *medellin*; NA, No disponible.

Tabla 2. Genes insecticidas de *Bacillus thuringiensis*.

clonado y secuenciado 108 de ellos. El análisis de estos genes muestra que, en algunos casos, existe una buena correlación entre las similitudes estructurales y sus correspondientes actividades. Por ejemplo, las proteínas Cry1, activas para Lepidóptera, aparecen estrechamente relacionadas, con excepción de Cry1Ba y Cry9A, y probablemente todas tienen un ancestro común. Las proteínas Cry3 y Cry1Ba tienen una raíz común y comparten el 52 por ciento de la secuencia. Por otro lado, las proteínas Cry4 y las activas contra nemátodos tienen una homología más tenue. Estas últimas se ubican en dos grupos no relacionados (figura 1).

Mecanismo de acción de las δ -endotoxinas.

Una vez el organismo susceptible ingiere los cristales, el pH del intestino, al igual que las proteasas, solubiliza las protoxinas y activa las toxinas. Las protoxinas están divididas en dos

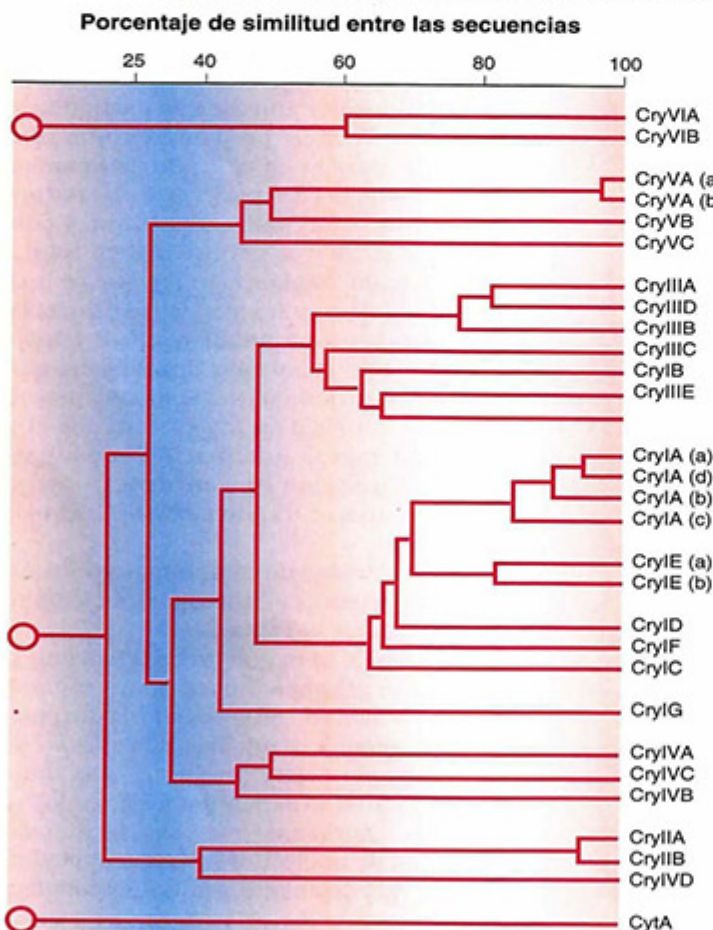


Figura 1. Posible relación evolutiva entre los genes de las δ -endotoxinas del *Bacillus thuringiensis*, según predicciones hechas a través de la utilización del algoritmo de Fitch-Margolias.

fragmentos, uno activo y otro estructural (figura 2). En el fragmento tóxico existe una región amino terminal (aminoácidos 1 a 279), con regiones hidrofóbicas y en la que se forman varias helices α ; además, contiene secuencias en las que se puede predecir actividad transmembranal, una segunda región carboxilo terminal conservada (aminoácidos 461 a 695) y una región variable entre ambas, que está conformada fundamentalmente por hojas β . Las proteínas del cristal con actividad tóxica conocida comparten una característica común entre las regiones hidrofóbicas conservadas, indicando que esta región podría estar involucrada en la toxicidad. Por otro lado, la región variable central y la carboxilo terminal conservada podrían estar involucradas en el mantenimiento de la estructura tridimensional y en la unión de las toxinas al receptor de las células del intestino medio del organismo susceptible. La proteína CytA es producida y empacada en el cristal paraesporal del *Bacillus thuringiensis*, subespecie *israelensis*, y contiene varias regiones hidrofóbicas distribuidas en hélices paralelas y antiparalelas, lo que facilita su inserción en la membrana de las células susceptibles (Choma y Kaplan, 1990).

Toxinas Cry. Estudios *in vivo* han demostrado que las δ -endotoxinas se unen específicamente a las vesículas de la membrana de las células susceptibles de insectos, y existe una relación positiva entre la actividad biológica de las toxinas tipo Cry y su capacidad de unirse a las células del intestino. Estas δ -endotoxinas requieren un receptor específico, localizado en la membrana de las células epiteliales del intestino medio, y su toxicidad parece estar más relacionada con el número de receptores que con la afinidad de las toxinas por el receptor, y se cree que el receptor es una proteína glicosilada. La clase de receptor depende, en cada caso, de la especie susceptible. En la figura 3 se muestra un modelo generalizado de la interacción de las toxinas con la membrana del intestino medio de los insectos susceptibles y el modo de acción de las toxinas del *Bacillus thuringiensis*.

Toxina Cyt. Este tipo de toxinas se une inicialmente a fosfolípidos no saturados, y se ha demostrado que no tiene efecto sobre los protoplastos bacterianos, que no contienen fosfatidilcolina, esfingomielina ni colesterol. La toxina se une inicialmente como un monómero y posteriormente como agregados a la membrana celular de aproximadamente 300 a 400 kDa, lo que indica que estaría compuesto de 16 moléculas aproximadamente. Por lo tanto, la interacción de las toxinas Cry y Cyt con las células del intestino medio es particular para cada grupo de toxinas.

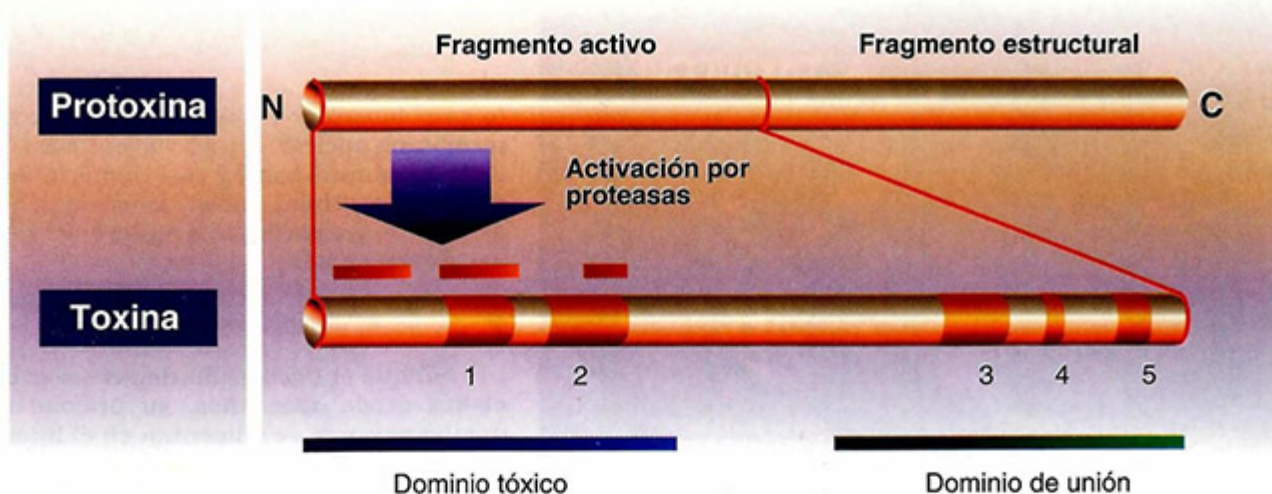


Figura 2. Ilustración de los dominios de una toxina típica (*CryIA(c)*) de *Bacillus thuringiensis*. La proteína de 130 kDa es procesada por proteasas, resultando en la pérdida del fragmento estructural carboxi terminal. Se piensa que el fragmento resultante está compuesto por tres dominios, el tóxico, el de unión al receptor y una región variable. Dentro de estos dominios se observan cinco regiones conservadas (áreas sombreadas) y también regiones hidrofóbicas demarcadas por las barras sólidas.

Sinergismo. Debido a que la mayoría de las cepas de *Bacillus thuringiensis* activas contra lepidópteros produce toxinas de un solo peso molecular, es difícil predecir el efecto sinérgico en estas cepas. La mayoría de las subespecies del *Bacillus thuringiensis* activas para dípteros produce más de una proteína en el cristal, y con ellas el efecto sinérgico sí puede evaluarse. En el caso de la subespecie *israelensis*, la interacción de las diferentes proteínas del cristal resulta en un efecto de sinergia. Su mecanismo concreto no ha sido dilucidado, lo mismo que en el caso de las toxinas de la subespecie *medellin*. En cada caso, aunque no se conoce con exactitud el mecanismo del efecto sinérgico, se piensa que puede resultar de la interacción de las porciones hidrofóbicas de las moléculas de las toxinas con la membrana de las células del epitelio intestinal del insecto susceptible.

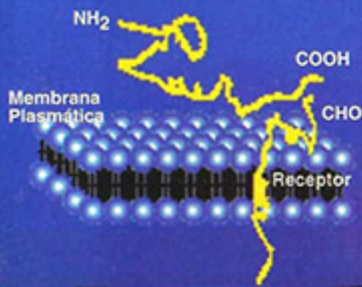
Bajo condiciones normales, el borde apical de la membrana de las células del intestino medio de las larvas de insectos transporta activamente iones K^+ , creando potenciales de membrana. El transporte de K^+ y los gradientes de potencial son mantenidos por una bomba ATPasa electrogénica tipo V, que envía H^+ al interior del intestino. Esta bomba de protones, localizada en la parte terminal de la cavidad de las células goblet, realiza también la función de absorción de nutrientes y la regulación del pH. Las toxinas activadas se unen a la membrana del intestino medio e incrementan la conductancia de las células columnares, lo que lleva a la interrupción de los gradientes eléctricos y de pH.

Se han postulado tres hipótesis para explicar el modo de acción de las toxinas del *Bacillus thuringiensis*. La primera postula que las toxinas inhiben directamente la ATPasa de la membrana plasmática; la segunda propone que las toxinas incrementan la permeabilidad de K^+ de una manera selectiva; y la tercera sugiere que las toxinas forman poros no específicos. Después de analizar los elementos de juicio que sustentan cada una de ellas, se concluye que lo más probable es que las toxinas formen poros no selectivos con radios entre 0,6 a 1,0 nm, los cuales son más grandes que los iones K^+ , Na^+ , y NH_4^+ (como se ilustra en la **figura 3**), donde las moléculas de la toxina interactúan con la membrana para formar canales que la cruzan. Se piensa que las hélices alfa conformadas por la región hidrofóbica amino terminal podrían ser las responsables de la formación de los poros. Es posible que los dos tipos de toxinas conocidos tengan el mismo mecanismo de acción, aunque el sitio de acción resida en distintos componentes de la membrana. Una vez la toxina se ha insertado en la membrana, se forman agregados y el tamaño del poro aumenta a medida que el agua entra en la célula, dando lugar a la lisis celular y a la muerte del insecto.

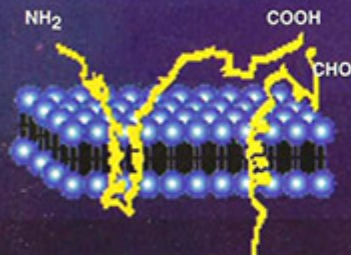
Patología. A nivel de estructura microscópica, las células columnares del intestino medio pierden las involuciones basales, sufren hinchamiento de las microvellosidades, formación de vesículas del retículo endoplásmico, pérdida de los ribosomas, hinchamiento de las mitocondrias e hinchamiento generalizado de las células y de los núcleos, con la subsecuente ruptura de los organelos nucleares y de la membrana plasmática. Otros signos microscópicos de la intoxicación incluyen un incremen-

Una vez la toxina se ha insertado en la membrana, se forman poros, que producen lisis celular y la muerte del insecto.

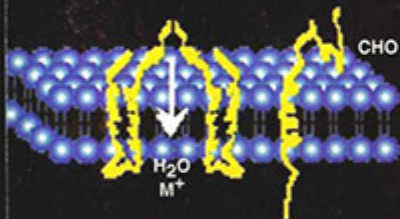
A. Tóxina Cry



1 Unión de la tóxina al receptor



2 Inserción de la tóxina en la membrana

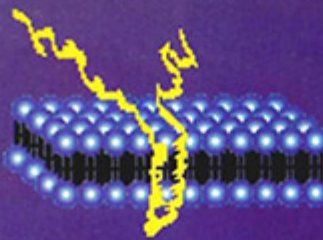


3 Desbalance osmótico y lisis celular

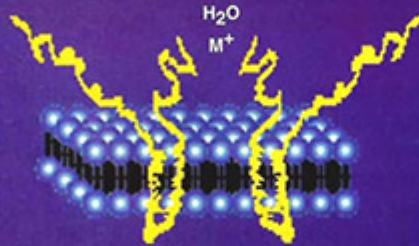


4 Vista transversal del poro 2-3 moléculas por círculo

A. Tóxina Cyt



Unión de la tóxina a los fosfolípidos e inserción en la membrana



Desbalance osmótico y lisis celular



Vista transversal del poro 2-3 moléculas por círculo

Figura 3. Modelo propuesto para la formación de poros de las toxinas de *Bacillus thuringiensis* Cry (A) y Cyt (B), en las células del intestino medio de insectos.

to en el tamaño y el número de los poros de la membrana nuclear, separación entre las células de la membrana basal y casi completa destrucción de las células goblet, fenómenos que, en general, progresan desde la región apical hasta la membrana basal.

Desarrollo de organismos transgénicos

Aunque el *Bacillus thuringiensis* se comercializa desde hace años, su utilidad contra organismos que se alimentan en el interior de los tejidos vegetales ha sido limitada; de igual manera, las cepas activas para larvas de mosquito tienen inconvenientes debidos a la rápida sedimentación de las toxinas en los criaderos. A causa de estos inconvenientes, parte de los esfuerzos de investigación se ha dirigido hacia el desarrollo de organismos transgénicos.

Mejoramiento genético. El mejoramiento genético de la actividad insecticida se ha realizado de dos maneras: 1. La transferencia de genes del *Bacillus thuringiensis* a cepas no homólogas de estas, para combinar la expresión de proteínas tóxicas con el propósito de producir efectos aditivos o sinérgicos o para expandir el rango de acción de las toxinas; 2. La transferencia de genes a baculovirus, con el propósito de mejorar la actividad del *Bacillus thuringiensis* sobre el huésped y de acelerar la muerte del insecto. Un resumen de estos ensayos se puede observar en la tabla 3. Este mejoramiento ha sido realizado por varios métodos de transformación de microorganismos, que van desde la electroporación hasta la conjugación. Con este último método, se ha logrado obtener el primer bioinsecticida transconjugante que ha recibido licencia de comercialización en Estados Unidos, bajo el nombre de Foil®, que tiene actividad contra insectos de los órdenes Lepidóptera y Coleóptera.

Gen de Bt	Vector	Ventajas
CryIIIA (<i>tenebrionis</i>)	<i>Bt israelensis</i>	Rango más amplio sinérgico
CryIA (b) (<i>aizawai</i>)	<i>Bt tenebrionis</i>	Rango más amplio sinérgico
CryIIIA (<i>tenebrionis</i>)	<i>Bt kurstaki</i>	Actividad para barrenador del maíz y cucarrón de la papa
CryIA (b) (<i>aizawai</i>)	<i>Autographa californica</i> NPV	Rango más amplio actividad en larvas grandes
CryIA (c) (<i>kurstaki</i>)	<i>Autographa californica</i> NPV	Rango más amplio actividad en larvas grandes

Tabla 3. *Bacillus thuringiensis* (Bt) mejoradas por tecnología de ADN recombinante.

Mejoramiento de la actividad foliar. Los productos convencionales basados en *Bacillus thuringiensis* no pueden alcanzar los tejidos internos de las plantas; por esta razón se ha diseñado la estrategia de introducir los genes de interés en la bacteria endofítica *Clavibacter xyli*, como medio para colocar las toxinas de *Bacillus thuringiensis* en el interior de los tejidos de maíz. Una segunda limitación de las preparaciones naturales es la corta residualidad en las hojas de las plantas; para resolver este problema, la compañía Mycogen Corporation ha diseñado la bacteria *Pseudomonas fluorescens* recombinante, con un plásmido que contiene algunos genes del *Bacillus thuringiensis*. Esta bacteria recombinante es un habitante normal de las hojas de las plantas y durante el proceso de producción fabrica toxinas a niveles entre el 10 y 20 por ciento del total de proteínas de la célula. Durante el proceso final de fermentación se fijan las células, lo que hace que las proteínas de la membrana se entrecrucen, produciendo paredes más gruesas y dando por lo tanto una mayor protección al cristal contra la radiación ultravioleta. En 1991 se otorgó licencia de venta para dos de estas bacterias recombinantes, bajo los nombres de M-Track®, para coleópteros, e InCide® para lepidópteros.

Mejoramiento de organismos acuáticos. Desde el descubrimiento del *Bacillus thuringiensis* subespecie *israelensis*, en 1978, esta bacteria ha sido usada en muchos programas de control de mosquitos y simúlidos en todo mundo. Sin embargo, existen dos limitantes relacionadas con la poca residualidad en ambientes acuáticos y con la adsorción a materiales sólidos. Con el propósito de mejorar estos inconvenientes se ha intentado introducir los genes de la subespecie *israelensis* en diferentes microorganismos que son habitantes normales de los criaderos de larvas de mosquito. De esta manera, las toxinas podrán persistir más tiempo en los ambientes naturales e incrementar su número hasta alcanzar concentraciones apropiadas en las zonas de alimentación de las larvas de mosquito. Varias especies de cianobacterias han sido transformadas con diferentes genes de *Bacillus thuringiensis* en los que se han observado bajos niveles de expresión. Con el propósito de mejorar la actividad mosquitocida, también se ha encapsulado esta bacteria en el protozoario unicelular *Tetrahymena pyriformis*. Este protozoario generalmente ingiere material particulado y, bajo condiciones simuladas de campo,

se ha encontrado que la actividad del *Bacillus thuringiensis* subespecie *israelensis* puede extenderse al doble de duración.

B. El *thuringiensis* en plantas. Aunque el *Bacillus thuringiensis* ha sido ampliamente usado para el control de insectos en cultivos agrícolas, su utilidad para el control de aquellos insectos que se alimentan dentro de los tejidos de las plantas es muy pobre. Los desarrollos recientes en la manipulación de genes en plantas han permitido la introducción de genes de *Bacillus thuringiensis* en especies de éstas, como se ilustra en la **tabla 4**. Hasta el momento se ha obtenido transformación estable en cerca de 50 especies de plantas, con la consecuente ventaja de la protección de los tejidos vegetales, independientemente de los factores climatológicos y con una limitada dispersión de la toxina a otros ambientes. Como consecuencia, los programas de control de insectos se pueden extender a toda la temporada del cultivo, y la única población expuesta será sólo aquella que se

Grupo de cultivo		Insectos susceptibles
	Dicotiledóneas	
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Lepidóptera
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	
Coliflor	<i>Brassica juncea</i>	Lepidóptera, Coleóptera
Aplo	<i>Apium graveolens</i>	
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Lepidóptera, Coleóptera
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	
Pimienta	<i>Capsicum annum</i>	
Melón	<i>Cucumis melo</i>	Lepidóptera, Coleóptera
Pepino	<i>C. sativus</i>	
Soya	<i>Glycine canescens</i>	Lepidóptera
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	
Manzana	<i>Malus pumila</i>	Lepidóptera
Ciruela	<i>Prunus domestica</i>	
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	
	<i>C. jambhiri</i>	
Fresa	<i>Fragaria ananassa</i>	
Raspberry	<i>Rubus sp.</i>	
Cranberry	<i>Vaccinium macrocarpum</i>	
Vid	<i>Vitis vinifera</i>	
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Lepidóptera
Petunia	<i>Petunia hybrida</i>	Lepidóptera
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	Lepidóptera, Coleóptera
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	Lepidóptera
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	Lepidóptera
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Lepidóptera
Canola	<i>Brassica napus</i>	Lepidóptera
Menta	<i>Mentha citrata</i>	Lepidóptera
	Monocotiledóneas	
Maíz	<i>Zea mays</i>	Lepidóptera, Coleóptera
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Lepidóptera
Espárrago	<i>Asparagus officinalis</i>	Lepidóptera, Coleóptera

Tabla 4. Especies de plantas que han sido modificadas genéticamente con genes de *Bacillus thuringiensis*.

alimenta sobre los tejidos de las plantas transgénicas.

Numerosos factores pueden afectar la expresión de genes bacterianos en plantas; los más comunes tienen que ver con la forma de utilización del código genético, el contexto molecular en el sitio de iniciación de la traducción, la eficiencia del promotor, la presencia de intrones, etc. Los genes que codifican para la endotoxina del *Bacillus thuringiensis* están compuestos, en promedio, por un 64 por ciento de A+T, comparado con el 44 y 55 por ciento en plantas mono y dicotiledóneas, respectivamente. Estas diferencias pueden originar un procesamiento incorrecto del ARN mensajero. Se ha demostrado que los genes parcial o totalmente modificados incrementan la expresión de las toxinas del *Bacillus thuringiensis* entre 10 y 100 veces, con el consecuente incremento en potencia y toxicidad sobre las larvas de insectos. Durante la modificación de estos genes se han removido las regiones ricas en AT, las cuales evitan la presencia de señales de poliadenilación y las señales de maduración en las uniones exon/intron.

El *Bacillus thuringiensis* en dicotiledóneas. Quizá la planta más estudiada en biología molecular sea el tabaco (*Nicotiana* spp.). En 1987, Vaeck y col. introdujeron el gen *cryIA(b)* modificado en plantas de tabaco, bajo el control de un promotor de *Agrobacterium tumefaciens*. En las plantas transgénicas obtenidas se pudo observar la expresión de la toxina, y en bioensayos se demostró que la planta transgénica producía mortalidad en larvas del gusano cachón del tabaco (*Manduca sexta*). Posteriormente se utilizó esta misma metodología para introducir el gen en plantas de tomate y papa, logrando resultados similares. En 1990, un grupo de científicos, encabezado por F.J. Perlak, pudo introducir los genes *cryIA(b)* y *cryIA(c)* en plantas de algodón, utili-

zando el sistema de transformación mediado por *A. tumefaciens*; sin embargo, contrario a los reportes anteriores, no fue posible demostrar su efecto sobre los insectos. Cambios realizados posteriormente en el promotor y en el gen estructural permitieron la expresión de las

toxinas a niveles que fueron efectivos para el control de los insectos.

Toxinas de *Bacillus thuringiensis* en monocotiledóneas. La introducción de genes en plantas monocotiledóneas es más difícil que en plantas dicotiledóneas. Sin embargo, se ha reportado la transformación exitosa de células de arroz en suspensión con genes de *Bacillus thuringiensis*, bajo el control del promotor de la fracción 35S del virus del mosaico de la coliflor. El callo seleccionado con el gen marcador se regeneró y se pudo demostrar la presencia del gen en las plantas.

Resistencia al *Bacillus thuringiensis*

Estudios recientes han demostrado la capacidad de algunos insectos para desarrollar resistencia a las toxinas del *Bacillus thuringiensis* hasta 27 veces la concentración letal media (CL₅₀), bajo condiciones de campo; después de 15 generaciones de selección de *Plodia interpunctella* a la subespecie *kurstaki*, en condiciones de laboratorio, el nivel de resistencia alcanzó 97 veces el valor inicial de la CL₅₀; y lo que es más importante, se demostró que la resistencia se hereda genéticamente. La presión de selección adicional ha generado individuos con una resistencia hasta de 250 veces la CL₅₀. Se sabe que la resistencia desarrollada contra una toxina genera resistencia cruzada contra las toxinas producidas por cepas de las subespecies *thuringiensis* y *galleriae*. La resistencia desarrollada por los insectos a este tipo de insecticidas biológicos está mediada fundamentalmente por cambios en el receptor de la toxina en las células del intestino medio del insecto, y bajo condiciones de campo se han observado recientemente diversos grados de resistencia hasta de 24 veces la concentración letal media (CL₅₀) en *Heliothis virescens*. Para manejar esta resistencia, se han propuesto alternativas que van desde la búsqueda de nuevos genes insecticidas a los que los insectos resistentes sean susceptibles hasta sembrar plantas transgénicas junto con plantas normales, y desarrollar plantas transgénicas, con los genes del *Bacillus thuringiensis*, con promotores que controlen la expresión de las proteínas Cry de manera diferencial y sólo durante la época en que el cultivo es más susceptible al ataque de insectos.



Bibliografía en depósito.

La resistencia desarrollada por los insectos a este tipo de insecticidas biológicos está mediada fundamentalmente por cambios en el receptor de la toxina

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
**Innovación
y Ciencia**

■ TEMAS

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

■ LENGUAJE

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

■ EXTENSION

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

■ FORMATO

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

■ MATERIAL GRAFICO

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

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

■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

1. Artículo de revista científica:

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

2. Artículo de libro:

Day, R. A. Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud; 1990.

■ RESUMEN

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

■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

■ RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

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



Desarrollo tecnológico y tendencias actuales de los sistemas de bases de datos

Fernando Vélez PhD.
Ingeniero de sistemas y computación,
Director Técnico Unidata Inc.,
Denver, Colorado, USA
e-mail: fernando@eagle.unidata.com

Introducción

No creo que el término "base de datos" sorprenda a nadie que lea estos párrafos, pues ya hace parte de nuestra cultura básica de fin de milenio. De hecho, hace varios milenios que el concepto existe, desde que los sumerios inventaron la escritura y la utilizaron para grabar registros en tabletas de barro, en las cuales guardaban información sobre tierras, cultivos y ganado. El soporte de almacenamiento evolucionó de la tableta de barro al papiro, luego al papel y, finalmente, a la tarjeta perforada, al soporte magnético (discos y cintas) y al almacenamiento electrónico (memoria RAM) de un computador. Pero la idea es la misma: almacenar información para ser procesada ulteriormente.

Hoy en día, las bases de datos se han convertido en una de las industrias más importantes del mercado de *software* de computador: es una industria que "pesa" varios miles de millones de dólares. Un sistema manejador de bases de datos (o simplemente un "manejador de datos") es tal vez el componente más estratégico del ambiente computacional de una organización. La complejidad interna de tales sistemas es comparable a la de los propios sistemas operativos de los computadores. Una base de datos moderna es capaz de almacenar centenares de *terabytes* (un *terabyte* es igual a un millón de *megabytes*) y soportar miles de usuarios de manera simultánea, posiblemente a través de redes de área local o área amplia, y haciendo uso de interfaces gráficas modernas.

Pero, ¿qué es, al fin de cuentas, una base de datos? La primera vez que escuché una descripción del concepto fue en la Universidad de los Andes, a finales de la década de los 70. Cuando pregunté a un amigo, me respondió: "Es una sopa de letras sobre un disco, pero tan bien organizada que simultáneamente le permite a varios usuarios trabajar". En realidad, es más o menos eso, aunque esta "definición" no la caracteriza realmente o, para ser precisos, no la diferencia del concepto de sistema de archivos de cualquier computador que se consigue en el mercado (inclusive existen autores que consideran los sistemas de archivos como bases de datos primitivas). La característica fundamental de una base de datos es que el sistema que la maneja permite la separación entre la descripción de los datos que se almacenan y su manipulación, mediante lenguajes de programación adecuados. El resultado es que los diferentes programas de aplicación que corren sobre la base de datos (y pueden correr simultáneamente prestando servicio a una comunidad de usuarios) poseen la misma descripción de los datos. El manejador se encarga de que

los programas manejen los datos de acuerdo con su descripción.

Ésa no es, por supuesto, la única función de un manejador de datos. Una descripción de tales funciones sería: un manejador de datos permite la manipulación eficaz y natural de grandes volúmenes de datos persistentes, compartidos, fiables y de diferentes niveles de confidencialidad.

El manejador debe ser eficaz: el desempeño es crucial en aplicaciones multiusuario que manipulen grandes cantidades de datos; debe proveer lenguajes y herramientas que faciliten su uso y, en particular, como veremos adelante, debe proveer un lenguaje de consulta de alto nivel que optimice el acceso a los datos. Los datos son persistentes, pues sobreviven al programa que los creó y, por lo tanto, se almacenan en memoria secundaria de uno o varios computadores; son compartidos, pues una comunidad de usuarios debe poder tener acceso a ellos simultáneamente; el manejador debe evitar anomalías derivadas del acceso concurrente (por ejemplo que el mismo tiquete de tren se venda dos veces); son fiables, pues deben ser inmunes a cualquier tipo de falla (del *software* del sistema, del *hardware* o material informático, una falla causada por un apagón, etc); y pueden ser confidenciales y por consiguiente se deben poder asignar diferentes derechos de acceso a diferentes categorías de usuarios.

Los propósitos de este artículo son (i) presentar brevemente el desarrollo histórico del campo, (ii) describir el panorama actual de la industria y (iii) mostrar las tendencias tecnológicas en el desarrollo de nuevas generaciones de manejadores. El tema que se pretende cubrir es, pues, muy vasto y por eso no podrá ser tratado con profundidad en estas pocas líneas (de hecho, por razones de espacio, preferimos suprimir una descripción de la actividad de la comunidad científica en investigación en el campo; el lector podrá referirse para este efecto a [1]). El artículo está escrito para el lector no-especialista en el tema, pero que conoce principios elementales de la ciencia de la computación.

Historia de las bases de datos

Primera generación: sistemas jerárquicos y en red

A principios de los años sesenta, cuando se comenzaron a escribir las primeras aplicaciones (*software*) de computador que manejaban datos en archivos, se sintió de inmediato la necesidad de poder describir los datos independientemente de los programas que los manipulaban. En ese entonces, los conceptos "avanzados" en materia

de manejo de datos se reducían al concepto de archivo *indexado* (el equivalente a la noción de índice en un libro para encontrar rápidamente la aparición de un término en alguna página).

El concepto de *modelo de datos* necesitaba ser inventado. Un modelo de datos es una manera abstracta de describir los datos de una aplicación (por ejemplo, clientes, productos) y las asociaciones entre ellos (la asociación entre un cliente y un producto: una factura), con una sintaxis, es decir, con un lenguaje correspondiente. El modelo jerárquico de datos inventó el concepto de *registro* y de asociación jerárquica entre un registro propietario y *n* registros miembros. En el modelo jerárquico no sólo hay arborescencias jerárquicas; en el modelo en red hay más generalidad, pues se permite la posibilidad de compartir registros miembros entre dos o más propietarios, bajo ciertas condiciones, mediante el concepto de *conjunto* (en inglés *set*).

El primer producto en salir al mercado fue IMS de IBM. IMS, que implanta un modelo jerárquico, empezó siendo un sistema para mantener inventarios de componentes que permitieron a la NASA enviar el hombre a la Luna (siempre me ha parecido paradójico que se haya llegado a la Luna cuando la ciencia de la computación era incipiente). Luego aparecieron los sistemas en red, por ejemplo IDMS, bajo la norma *Codasyl*, que constituyó el primer intento de estandarización de lenguajes de bases de datos. La manipulación de datos se hacía mediante extensiones al lenguaje COBOL. El manejador de datos era el encargado de "entender" estas extensiones. Ya existía algún soporte multi-usuario y de fiabilidad, pero sin una real teoría computacional que lo fundamentara.

El problema principal de estos sistemas fue su dificultad de uso y, sobre todo, la dificultad del mantenimiento de las aplicaciones. Para consultar los datos de una base había que escribir programas. Jim Gray, una de las leyendas vivientes del campo, recuerda en una entrevista reciente² que para probar la simple instrucción *get next within parent* necesaria para "navegar" de un registro propietario a los registros en *DL/I*, el lenguaje de manipulación de IMS, se necesitaban decenas de pruebas diferentes. En efecto, el sistema se comportaba de forma no uniforme si uno se encontraba "navegando" al principio, en medio o al final del conjunto, o si el conjunto era vacío.

Para empeorar las cosas, no se tenía una separación entre la descripción lógica de los datos y su implantación física en memoria secundaria. En otras palabras, esto quiere decir que los programas tenían conocimiento de los "detalles de implantación", como la manera de implantar asociaciones entre registros usando listas doble-

En las bases
de datos,
la información
debe ser
persistente,
compartida, fiable
y confidencial.

mente encadenadas; de si existen o no *caminos de acceso* alternos a los datos como archivos indexados para encontrar registros rápidamente, dado cierto criterio; de cuál disco contiene tal archivo que contiene tal tipo de registros, etc.

Todavía había demasiado impacto del sistema operativo sobre la aplicación. Estos detalles de implantación típicamente cambian durante el ciclo de vida de una aplicación, para obedecer a requerimientos de desempeño que varían con el tiempo, y en teoría no deberían impactar la "lógica" de los programas. Con esta primera generación de sistemas había que reprogramar cada vez la aplicación si se quería cambiar cualquier detalle de implantación física.

Este tipo de sistemas dominó durante toda la década de los setenta y la mayor parte de los ochenta. Operaban típicamente sobre *mainframes*, y dieron paso a los sistemas de la generación siguiente, pues no se supieron adaptar a la infraestructura tecnológica del momento (la aparición de máquinas menos potentes y más versátiles: los *minis* y *micros*, y posteriormente las arquitecturas cliente-servidor) y además, porque no lograron resolver satisfactoriamente los problemas mencionados antes.

**Segunda generación:
sistemas relacionales.**

En 1969, Edgar. F. Codd, un investigador de los laboratorios IBM, publicó uno de esos artículos que, a la postre, acaban haciendo historia³. Allí describía una forma novedosa de modelar los datos de manera mucho más simple, por medio de tablas (en realidad, la presentación formal usa la noción matemática de *relación*: una función parcial entre varios dominios), así como lenguajes de manipulación de tablas basados también en conceptos matemáticos simples. Nuestros clientes son ahora "líneas" en una tabla, *CLIENTES*, y su relación con los productos que éstos compran también se modela mediante una tabla. El modelo de Codd, llamado Modelo Relacional, trajo consigo dos ventajas esenciales sobre sus antecesores:

1. La separación entre el modelaje lógico de los datos y su implantación física. Los detalles de implantación de los que hablábamos anteriormente pertenecen a un nivel de especificación interno y son conocidos solamente por el administrador de la base de datos. Es decir, los programas de aplicación sólo conocen el modelaje

de los datos por medio de tablas y, por consiguiente, la implantación física puede modificarse durante el ciclo de vida de la aplicación sin impactar las aplicaciones: sólo hay impacto sobre el desempeño de la misma. El mantenimiento de aplicaciones pasa de ser una tarea sobrehumana a algo mucho más manejable.

2. La forma de "leer" los datos, es decir, el lenguaje de consulta que opera sobre las tablas, es *declarativa*, lo cual quiere decir que se le indica al sistema lo que se quiere obtener en una consulta, en vez de cómo obtener el resultado. El manejador debe escoger el camino más eficaz de acceso a los datos entre los múltiples disponibles, dada la consulta. La gran ventaja para el programador y para el usuario final es que consultar el contenido de una base de datos se convirtió en una tarea simple.

Esta tecnología, mucho más compleja de implantar, maduró durante la década de los setenta en los laboratorios de investigación y en las universidades. La noción de transacción, con sus propiedades de atomicidad, durabilidad y seriability, aportó la respuesta definitiva al manejo del acceso concurrente y de la recuperación de fallas.

A finales de los setenta aparecieron los primeros productos en el mercado. Al principio eran sistemas lentos, y además no había estándares de programación que permitieran a una organización cambiar de manejador sin tener que reprogramar la aplicación. Poco a poco, los problemas de eficiencia se fueron resolviendo, como veremos más adelante, y un lenguaje estándar se impuso a nivel industrial: el lenguaje SQL.

Para que los lectores tengan una idea del tipo de lenguaje que es SQL, supongamos que un usuario desea consultar los nombres de los clientes que viven en Bogotá y que tienen más de 10 años de antigüedad como clientes de la empresa. La tabla *CLIENTES* tiene columnas llamadas "nombre", "dirección", "antigüedad", y la tabla *DIRECCION* tiene una columna llamada "ciudad". La columna "dirección", en la tabla de *CLIENTES*, se refiere a una dirección particular almacenada en una línea de la tabla, *DIRECCION*, identificada por la columna "identificador" en la tabla *DIRECCION*. La consulta correspondiente en SQL se escribe:

```
select c.nombre
from CLIENTES c, DIRECCION d
where c.antigüedad >= 10
and c.direccion = d.identificador
and d.ciudad = "Bogotá"
```

Es importante notar que la consulta anterior habla exclusivamente de tablas y de columnas y no especifica cómo obtener la respuesta (en par-

ticular, dónde están almacenadas las tablas y qué caminos de acceso podrían ayudar a resolver la consulta rápidamente).

Sin embargo, la demanda de funcionalidad adicional por parte de una nueva gama de aplicaciones mal servidas por los sistemas relacionales se hizo sentir. En efecto, los sistemas relacionales tienen dos inconvenientes mayores: (i) la pobreza de la capacidad de modelaje que ofrece el modelo relacional y (ii) su pobre integración con lenguajes de programación de propósito general. En relación con este segundo punto, hay que anotar que SQL no es un lenguaje de propósito general: muchas operaciones simplemente no pueden hacerse en SQL; por consiguiente, para escribir aplicaciones hay que "integrarlo" con un lenguaje de programación de propósito general (de "tercera generación"), como COBOL, C o C++. Más adelante se tratarán con más detalle estos problemas, para luego introducir en una nueva categoría de sistemas, los de la tercera generación: las bases de datos de objetos y los sistemas objeto-relacional, cuya misión principal es resolver estos problemas para proporcionar una mayor gama de aplicaciones.

Panorama industrial de las bases de datos relacionales

A finales de los años setenta y principios de los ochenta, aparecieron nombres de empresas hoy ampliamente conocidos como Oracle, Informix, Sybase, proveedores de manejadores relacionales de datos. IBM desarrolló su sistema relacional DB2 y Microsoft mercadeó SQL Server. Los departamentos de mercadeo de estas nuevas empresas posicionaron estos nuevos productos allí donde los sistemas de la generación anterior no habían llegado: en máquinas pequeñas y medianas y, más adelante, en arquitecturas cliente-servidor a base de PC. Es así como, en el mundo del PC, surgieron productos como Access de Microsoft, Paradox de Borland y DBase de Ashton Tate. Al final de la década de los ochenta, el mercado de los sistemas relacionales superó al de las generaciones anteriores, y las compañías líderes en el mercado de los sistemas de red desaparecieron o se reconvirtieron. Hoy por hoy, los manejadores relacionales poseen más del 80 por ciento del mercado de los sistemas de bases de datos.

Impacto de la arquitectura cliente-servidor

A mediados y finales de los ochenta aparecieron herramientas gráficas de desarrollo de apli-

caciones en arquitecturas cliente-servidor, trabajando, del lado cliente, sobre bases de datos relacionales corriendo sobre el servidor. Nombres de productos como Powerbuilder, Visual Basic y Delphi ofrecen lenguajes llamados "de cuarta generación", que permiten rápidamente construir aplicaciones basadas en formas gráficas, resolviendo en parte el problema de la pobre integración de SQL a los lenguajes de programación de tercera generación. Cuando el usuario final invoca un evento sobre los "objetos" de la interfaz gráfica, la aplicación accede a los datos de una base relacional remotamente a través de SQL, utilizando estándares de comunicación industriales, como ODBC, y garantizando la portabilidad de la aplicación sobre diferentes manejadores relacionales.

Por su parte, los proveedores de manejadores relacionales mejoraron paulatinamente sus sistemas ofreciendo herramientas similares, así como ayudas para modelar una aplicación; se trataba de usar modelos de datos ligeramente más "semánticos", como el modelo entidad-relación, que genera esquemas de tablas con "buenas propiedades". Por otro lado, frente a la banalización de la arquitectura cliente-servidor, la noción de *procedimiento almacenado* ofrece la posibilidad de correr partes de la lógica de la aplicación directamente sobre el servidor, en vez de forzar la aplicación a correr toda la lógica sobre el cliente, con el doble fin de mejorar la integridad de los datos con respecto a las "reglas del negocio" (por ejemplo, que cuando se emita una factura se verifique que exista suficiente cantidad del producto en inventario) y de mejorar el desempeño.

Paralelismo, distribución, seguridad de funcionamiento

A finales de los ochenta y principios de los noventa, los manejadores de datos integraron técnicas desarrolladas en los laboratorios de investigación, para mejorar el soporte de aplicaciones tanto transaccionales como de ayuda a la toma de decisiones que corren sobre bases de datos gigantescas (centenares de gigabytes y terabytes) y soportan centenares de usuarios. El excelente libro de Gray y Reuter⁴ ofrece un panorama completo sobre el tema.

La tecnología del "paralelismo" aprovecha computadores con centenares de procesadores (o sistemas distribuidos comunicando en



una red de alta velocidad) para descomponer consultas "en trocitos", de tal manera que se mantenga ocupada la mayoría de procesadores que, al correr simultáneamente, logran que el tiempo de respuesta a la consulta sea mucho más rápido. La naturaleza declarativa de SQL y la simplicidad del modelo relacional permiten que las consultas sean paralelizables.

Igualmente, aparecen versiones de los manejadores que permiten almacenar los datos en varios servidores y dar la ilusión al usuario de que está interactuando con un servidor único. Cada servidor de datos puede localizarse en un computador diferente (generalmente en una red de área local), correr aplicaciones localmente, es decir, sin la necesidad de cooperar con otros servidores, y correr aplicaciones distribuidas cooperando con uno o más servidores. Aparece la tecnología de la validación transaccional distribuida, una técnica que asegura que la transacción *valida* sobre todos los servidores o *aborta* sobre todos (pues de otra forma se amenaza la coherencia global de la aplicación). Estas técnicas, aliadas a las mejoras en las técnicas de control del acceso concurrente para poder soportar gran cantidad de usuarios "en escritura" (por ejemplo, en aplicaciones bancarias), permiten hablar de procesamiento transaccional en línea (*OLTP*) sobre manejadores relacionales: fue en este punto que comenzó su aceptación masiva en el mercado.

Finalmente, aparecen los manejadores que ofrecen seguridad de funcionamiento, que "nunca fallan" (non-stop, 7 x 24) o que mejoran

sustancialmente la disponibilidad de servicio. Son sistemas en general distribuidos, en los que hay un servidor listo para tomar el control cuando el otro falla y/o en los que los datos pueden replicarse entre varios servidores, para no depender de la presencia del servidor que los manejaba inicialmente. En consecuencia, aparecen técnicas de mantenimiento de la coherencia de las réplicas.

Limitaciones de los manejadores relacionales

Los manejadores relacionales de bases de datos adolecen de dos limitaciones: su relativamente pobre capacidad de modelaje y su pobre integración con lenguajes de programación de propósito general.

Paradójicamente, allí donde reside una de las mayores virtudes del modelo relacional, se encuentra su mayor defecto: su simplicidad. Los sistemas relacionales de bases de datos se construyeron para soportar aplicaciones comerciales y transaccionales en las que los datos son simples. La capacidad de modelaje del mundo de las tablas es pobre cuando se desea almacenar estructuras complejas tales como documentos estructurados, descripciones de redes de comunicación, ensamblajes mecánicos, electrónicos, etc. El soporte para datos multimedia (textos, imágenes, gráficos, audio, video) es igualmente deficiente.

Dichos "objetos" complejos y multimedia aparecen en aplicaciones como la publicación por computador, el diseño (mecánico, electrónico) asistido por computador, la ingeniería de *software*, los sistemas de información geográficos, los sistemas de control de telecomunicaciones y otras más que aparecieron durante la década de los ochenta. Hoy en día, los servidores *web* (la red global de documentos *hipermedia* sobre el Internet) requieren el almacenamiento de contenido, no sólo alfanumérico sino también multimedia, para transmitirlo a los usuarios cuando éstos "naveguen" en el Internet. La tecnología *web* está revolucionando el paisaje computacional de los años noventa en forma dramática, y las bases de datos están en el ojo del huracán.

La mayor parte de estas aplicaciones tuvieron que "reinventar la rueda" para lograr manejar sus datos, usando directamente sistemas de archivos, o sufrir los problemas de mala funcionalidad y pobre desempeño, usando sistemas relacionales. ¿Por qué mal desempeño? Porque para poder reconstruir una estructura compleja en su totalidad hay que unir muchas líneas de varias tablas utilizando SQL, lo cual se traduce en consultas complejas de evaluar. Y, por su



La tecnología web está revolucionando el paisaje computacional en forma dramática y las bases de datos están en el ojo del huracán.

lado, las aplicaciones comerciales típicas que utilizan sistemas relacionales también están evolucionando en cuanto exigen pedir cada vez más funcionalidad de tipo "objeto complejo multi-media": los sistemas de inventarios guardan información compleja e imágenes de productos: por ejemplo, un sistema de seguros ahora desea almacenar información multimedia sobre accidentes (croquis, fotografías), etc.

No sólo los datos que se almacenan son complejos, también lo son las aplicaciones. El paradigma de programación que está ganando más terreno para el desarrollo de aplicaciones es la programación por objetos (más adelante se describirán someramente sus principios fundamentales). La tecnología

de los objetos evolucionó también de manera dramática durante los años ochenta y hoy es también una industria en plena expansión. La gran mayoría de las aplicaciones de cierta envergadura que se desarrollan hoy usan lenguajes de programación de objetos como C++, Smalltalk y, recientemente, Java. En el mundo del PC y del cliente-servidor, los lenguajes llamados de cuarta generación tienen todos ingredientes "objeto". Pero cuando se trata de manejar objetos almacenados en la base de datos, ya no se les habla C++ o Java, sino que se les habla de SQL. El problema es que el programador debe manejar dos lenguajes realmente diferentes, que no coinciden sino en los tipos básicos entero, flotante y cadena de caracteres. El programador debe escribir un código tedioso e ineficaz para convertir líneas de (una o más) tablas en objetos y viceversa. En el mejor de los casos, herramientas recientes en el mercado podrán efectuar la conversión automáticamente, pero el problema de desempeño permanecerá o empeorará. Este problema ya existía anteriormente en aplicaciones que utilizaban SQL inmerso en lenguajes como COBOL o C, pero el problema no era tan agudo, pues las aplicaciones y los datos eran más bien simples. Ahora que los datos son complejos y las aplicaciones son cada vez más complejas también, este problema de interfaz con SQL se convierte en un verdadero dolor de cabeza.

Tendencias tecnológicas en la industria

La tendencia más fuerte en la industria de los manejadores de datos es la de permitir que el programador de aplicación pueda definir sus propios tipos de datos para su aplicación, sus

propios "objetos complejos" y que el manejador los soporte directamente. Por ejemplo, el programador de una aplicación de diseño podrá definir el objeto *Polígono*, programar funciones que manejen polígonos (área, intersección), almacenar directamente los polígonos en la base de datos y manejarlos mediante estas funciones desde el lenguaje de consulta. Hay dos enfoques diferentes y de cierta manera irreconciliables: los manejadores de bases de datos de objetos y los manejadores objeto-relacional.

Manejadores objeto-relacional

El concepto de manejador "objeto-relacional" se puede definir simplemente como aquél que soporta el modelo relacional a través de SQL y que soporta algunos conceptos de la programación por objetos, como extensiones de la noción de tabla. El reciente libro de Michael Stonebraker⁵ describe los principios generales del enfoque. Dicho enfoque empezó siendo más bien una estrategia de mercadeo de los proveedores de sistemas relacionales (de hecho, no hay manejador relacional que no tenga en su estrategia futura o actual la palabra "objeto").

Para resumir, un manejador objeto-relacional (i) permite que las columnas de las tablas puedan ser de un tipo de objetos definido por el usuario; (ii) permite que las líneas de las tablas tengan identificadores definidos por el sistema y que se les pueda hacer referencia desde otras líneas (pero, a los objetos de las columnas no se les comparte: no tienen identificador); y (iii) permite que las funciones de los tipos de objetos (programadas generalmente en C o en SQL) aparezcan en extensiones de SQL. Finalmente, es deseable que en algunos casos el manejador pueda extenderse "desde fuera" con nuevos caminos de acceso, definidos por el programador, para soportar la ejecución eficaz de ciertas funciones. Para volver a nuestros polígonos, si queremos encontrar todos aquellos polígonos que intersectan un polígono dado, y si nuestra base de datos contiene un gran número de polígonos, los caminos de acceso como los índices en *B-árbol*, o los archivos dispersos (*hashing*) no ayudan a resolver este tipo de consulta eficazmente. Lo que se necesita es un camino de acceso "espacial" (*R-árboles*, archivos *mallados*) que interprete directamente la intersección entre polígonos. Esta última funcionalidad es sumamente difícil de obtener (estamos hablando de "abrir" el manejador), y la mayor parte de los sistemas no podrá ofrecerla en sus primeras versiones.

El estado actual de esta tecnología es el siguiente: la mayoría de los productos aparecerá el año entrante (dos productos precursores, UniSQL e *Illustra*, aparecieron en 1992 y 1993).



cada uno con su propia noción de objeto y su extensión propietaria de SQL. Algunos productos serán desarrollados a partir de las capas más internas de un manejador relacional, por ejemplo Informix Universal Server (luego de la adquisición de Illustra) y el producto DB2 Extenders de IBM, y otros sin demasiada "cirugía", por ejemplo, la próxima versión de Sybase y, en alguna medida, la próxima versión de Oracle.

El comité X3H2 de la organización de estándares ANSI/ISO trabaja actualmente sobre la definición de una extensión de SQL-92, llamada SQL3⁶, que estandariza la noción de objeto en el modelo relacional. Pero, actualmente, la norma, que no estará lista sino alrededor de 1998 ó 1999, es ya un documento de 1.500 páginas (esto ocurre cuando se diseña "por consenso" entre 40 personas). Podemos estar seguros de que todos los manejadores no implantarán sino un subconjunto en los cinco años venideros, y durante este tiempo la portabilidad de aplicaciones será algo virtualmente imposible de lograr.

Manejadores de objetos

Los manejadores de objetos toman un camino radicalmente diferente. El modelo de datos no es una extensión directa del modelo relacional, sino más bien un modelo derivado de los lenguajes de programación por objetos. Ya no se almacenan tablas con líneas y columnas, sino instancias de clases de objetos. Cada objeto posee (i) un identificador único generado por el sistema, lo que permite compartirlo a partir de otros objetos; (ii) una estructura de datos que le es propia y que no está restringida a la estructura

de línea de una tabla o de conjuntos de líneas: los datos de un objeto podrán ser simples o compuestos (p. ej., con varios niveles de anidamiento), podrán estructurarse en arreglos ordenados o en listas, y podrán referirse a otros objetos por medio de su identificador único; y (iii) un conjunto de funciones que *encapsulan* la estructura de datos y constituyen la interfaz pública del objeto. Mecanismos adicionales, presentes en cualquier lenguaje de objetos, como la *herencia* de clases de objetos y el *polimorfismo*, permiten definir clases de objetos a partir de otras y tener funciones que operan sobre objetos de clases diferentes (podremos tener varias clases de polígonos y tener funciones genéricas y específicas de manipulación de polígonos; los polígonos encierran un arreglo ordenado de *puntos* en su estructura de datos). El objetivo principal

de la tecnología de objetos es obtener *software* modular, reutilizable y fácilmente extensible.

Pero la característica principal de un manejador por objetos es el de la integración íntima del (o de los) lenguajes de programación por objetos y la base de datos. Desaparece la separación entre el modelaje de la base de datos por medio de tablas y el modelaje de la aplicación por medio de estructuras de datos del lenguaje de programación: el propósito es tener un solo modelo de la aplicación, por medio de clases de objetos, y disponer de funciones de objetos que se ejecuten ya sea sobre objetos almacenados en la base de datos, es decir, *persistentes*, ya sea sobre objetos no-persistentes, de forma *transparente* para el programador. Un lenguaje con esta funcionalidad es un *lenguaje persistente*. Un manejador de objetos debe implantar uno o varios lenguajes persistentes por objetos.

La noción de lenguaje de consulta de objetos existe (ver más abajo), pero ya no es la única manera de tener acceso a los datos: el lenguaje persistente por objetos es la otra alternativa. El programador podrá operar directamente sobre los polígonos y los puntos, sin tener que sacarlos de tablas que almacenan polígonos y puntos, usando extensiones de SQL. Los polígonos "temporales" se manejan de manera idéntica a los persistentes; por consiguiente, se podrán adaptar fácilmente librerías de clases que manejen polígonos y puntos para que trabajen en una aplicación que utilice un manejador de objetos.

La noción de lenguaje de consulta se debe reformular, con el fin de adaptarla a este nuevo enfoque: debe ahora manejar estructuras de datos más generales y evaluar funciones sobre los

objetos, manteniendo la propiedad de ser declarativo para preservar las ventajas que SQL proporcionó sobre los sistemas de la primera generación. Igualmente, se preserva la noción de nivel de especificación interno, en la que el administrador puede alterar los caminos de acceso a los datos y el optimizador se encarga de encontrar la mejor estrategia de evaluación de la consulta.

Resumiendo, así como los manejadores objeto-relacional prefieren ser "fieles" al modelo relacional, los manejadores de objetos son fieles a los estándares de la programación por objeto, definidos por el consorcio OMG (Object Management Group) y por los lenguajes más influyentes: C++, Smalltalk y, recientemente, Java, que con el fenómeno del *web* ha tenido un auge que ni sus creadores soñaron.

El estado actual de la tecnología de los manejadores de objetos es el siguiente. La investigación en el área empezó alrededor de 1984; en 1988 salió el primer producto precursor, GemStone, y en 1990 salieron al mercado otros cinco: ObjectStore, Ontos, O2, Objectivity y Versant. La mayoría de los productos empezó siendo una versión persistente de un lenguaje estándar (Smalltalk, C++), sin lenguaje de consulta alguno, a excepción de O2. Seis años después, son productos más maduros y que respetan estándares: en efecto, un grupo de cinco proveedores iniciales formó un comité llamado ODMG (Object Database Management Group), afiliado al OMG, y definió un estándar de portabilidad de aplicaciones⁷, en el que se incluye (i) un modelo de datos de objetos y su lenguaje de definición de datos, *ODL*, extensión de *IDL* del OMG, (ii) un lenguaje de consulta de objetos, *OQL*, inspirado en SQL pero no 100 por ciento compatible con SQL, y (iii) definiciones de "enlaces persistentes" a C++, Smalltalk y próximamente a Java, en las que se define un conjunto de clases predefinidas que cada manejador implementa y que proveen la funcionalidad necesaria para que cada lenguaje se vuelva persistente "por arte de magia". Hoy existen ocho productos en el mercado, y cuatro de ellos son hechos conforme a ODMG.

Conclusión

El campo de las bases de datos siempre ha tenido una dinámica excepcional. Lo propulsan las necesidades de una nueva gama de aplicaciones (además de las aplicaciones comerciales y transaccionales que dieron origen a los primeros productos hace ya 30 años). Lo propulsa igualmente un ambiente computacional que cada año es más poderoso, así como la retroalimentación de una comunidad científica internacional activa y de alta calidad.

A mediados de los años ochenta, pudimos asistir al declive de los productos de primera generación frente al empuje arrollador de la tecnología relacional. Los analistas del mercado, en 1990, al ver la explosión de manejadores de objetos que aparecieron en el mercado, predijeron que a la tecnología relacional le pasaría lo mismo que su antecesor: o se reconvertía o desaparecería. En parte, se equivocaron: no hay ningún indicio de que por ahora el relacional vaya a desaparecer. De hecho, gigantes como IBM, Microsoft y Oracle "empujan" la tecnología relacional con tal fuerza que es imposible predecir lo contrario. Sin embargo, ellos dirán que el relacional se está reconvirtiendo: el despertar de los objetos (luego de su relativo letargo de más de 15 años) ha conseguido generar el campo híbrido y un tanto *ad-hoc* de los manejadores objeto-relacional.

Aquéllos que adhieren a la tecnología de objetos dirán que este enfoque no es tan sólido, técnicamente hablando, como el de su contrincante, que no hay verdadero soporte de objetos en la base de datos y que la falta efectiva de estándar, al menos durante muchos años, es un gran defecto. Los más pragmáticos dirán que no adherir estrictamente al mundo de las tablas "no tiene caso", dado el dominio de la tecnología relacional, y que los manejadores de objetos aún tienen que demostrar al mundo que pueden soportar una gran cantidad de datos y de usuarios. Lo segundo es cuestión de tiempo, y ya hay resultados esperanzadores en algunos manejadores de objetos (aun cuando habrá que reinventar las técnicas de paralelismo, tanto para los manejadores por objetos como para los objeto-Relacional [8]). En cuanto a lo primero, la respuesta está en manos del mercado.


Referencias


1. *Siberschatz A., et al. (editores). Database Research: Achievements and opportunities into the 21st Century. Stanford University, Reporte STAN-CS-TR-96-1563, Febrero, 1996.*
2. *A Conversation with Database Legend Jim Gray, Database Programming & Design, Vol. 9 No. 5, Mayo, 1996.*
3. *Codd E. F. A Relational Model of Data for Large, Shared Data Banks, Communications of the ACM, Vol. 13 No. 6, Jun. 1970.*
4. *Gray J. and Reuter A. Transaction Processing: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, 1993.*
5. *Stonebraker M., Moore D. Object-Relational DBMSs: the Next Great Wave, Morgan Kaufmann, 1996.*
6. *Melton J. Object Technology and SQL: adding Objects to a Relational Language, Data Engineering IEEE Computer Science Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering, Vol. 17 No. 4, Dic. 1994.*
7. *Cattell R. (editor), The Object Database Standard ODMG-93 Release 1.2, Morgan Kaufmann, 1996.*
8. *DeWitt D. Objects and Parallelism: Like Mixing Oil and Water? Object-Relational Summit Proceedings, Burlingame, California, Oct. 1996.*


Sabe usarlo?



Cualquier niño  de 4 años sabe como hacerlo!

Lo que difícilmente se sabe, es que el baño es el lugar de la casa  donde más se consume agua. Un promedio de 200 litros al día.

Multiplique por el número de hogares de Colombia  y eso es mucha agua!

Sabemos que usted no puede dejar de usar el baño, pero lo que si puede hacer es utilizar los sanitarios de Bajo Consumo de Agua de Corona .

Pregunte por las líneas Acuacer, Nova, Royal y Tiffany.

Aprenda a usar racionalmente el baño y con la porcelana sanitaria de Corona, viva su ambiente!



Corona[®]
Viva su Ambiente!





Rosalía Montealegre
y María Elvia Domínguez
Departamento de Psicología,
Universidad Nacional
de Colombia,
Santafé de Bogotá,
Colombia.

El
fenómeno
político de
Antanas
Mockus
Sivickas

Un colombiano de ascendencia lituana, matemático de profesión, con maestría en Filosofía, seguidor de la teoría crítica de la acción comunicativa de Jürgen Habermas y de la teoría de los códigos sociolingüísticos y educativos de Basil Bernstein, fue elegido por votación popular alcalde de Bogotá para el período comprendido entre enero de 1995 y diciembre de 1997.

Fue el último vicerector académico de la Universidad Nacional de Colombia, nombrado por el presidente de la República en abril 19 de 1991, y su gestión se caracterizó por sus innovaciones académicas basadas en el pensamiento de Bernstein y Habermas y por sus «salidas espectaculares»:

En Manizales, ante un mitin de estudiantes universitarios, abre la bragueta de sus pantalones, haciendo ademán de mostrar sus genitales a través de una ventana. En Girardot, llega a una reunión de decanos en traje de baño, con corbata y chupo. En el Auditorio León de Greiff de la Universidad Nacional de Bogotá (octubre de 1993), durante la inauguración del Encuentro y Exposición Nacional de Obras de Arte Estudiantil, da media vuelta, se inclina y se baja los pantaloncillos, dejando al descubierto su trasero...

Momentos del fenómeno político

Crisis Personal (noviembre de 1993-febrero de 1994): ante la última actuación de Mockus, que él mismo denominó «violencia simbólica», los

medios de comunicación asumen una de tres posturas: rechazar el suceso y la conducta; satirizar el hecho; disculpar a Mockus y restarle importancia relativa a su comportamiento por comparación con las «atrocidades que suceden a diario en el país». Predomina la primera, y el profesor Mockus se retira de la rectoría, pidiendo disculpas públicamente a todo aquel que se haya sentido ofendido.

Posteriormente, aparece -compungido y arrepentido- en entrevistas televisadas, relatando las dificultades que debió superar como estudiante a causa de la situación social y económica de sus padres emigrantes por causa

de la segunda guerra mundial y describiendo sus condiciones intelectuales y la influencia que ejercieron en él. Durante esta época, acepta la propuesta de la revista *Cromos* de fotografiarse desnudo en la pose de *El Pensador* de Rodin. La fotografía es presentada en televisión y reproducida en revistas y periódicos.

Lanzamiento de su candidatura (febrero de 1994-agosto de 1994): la idea de candidatizarse para la alcaldía de Bogotá, considerada por la opinión pública el segundo cargo político más importante después de la presidencia de la República, inicialmente planteada por el M-19 -movimiento guerrillero reinsertado a la vida política nacional-, fue

aceptada por Mockus. Poco después anunció su independencia de cualquier grupo político, siendo elogiado por los medios de comunicación, que empiezan entonces a resaltar sus atributos de administrador, académico e intelectual y a considerarlo alguien capaz de enfrentar la maquinaria de los partidos políticos tradicionales.

Las circunstancias se conjugaron para hacer atractiva la posibilidad de «probar» a un académico en el cargo. La imagen altamente positiva del personaje; su formación, su personalidad *sui generis*, su estilo de vida, su honestidad, procedencia y su excentricidad -que hacen de él un individuo diferente, irreverente y arriesgado- contribuyen a que se le perciba como alguien que «sí se le va a medir a los problemas de la capital». Por otra parte, la situación de crisis de la alcaldía, la insatisfacción ciudadana

con administraciones previas y el que los dos alcaldes anteriores fueran candidatos de partido, y no líderes populares, crean un clima favorable a la candidatura.

Campaña electoral (agosto-octubre de 1994): al no ser avalada su candidatura por ninguna colectividad política, Mockus recurre a la presentación de listas de firmas ciudadanas para su inscripción en la Registraduría Distrital. La socióloga Peña⁸ denomina este hecho «legitimidad social y cultural», basada no en la autoridad de una determinada institución política, sino, fundamentalmente, en un conjunto de atributos, prácticas, ideales, valores y símbolos, señalando

**Un personaje que
hace uso de las
expresiones y prácticas
propias del hombre
corriente que sobrevive
en la urbe, alejándose
de modelos políticos y
culturales convencionales
para acercarse al
individuo común.**



en su análisis político la labor de los asesores de Mockus en el desarrollo de imaginarios colectivos que resaltan atributos personales (honestidad, credibilidad, independencia política, intelectualidad) del candidato.

En este tercer momento se observa el paso de un simbolismo espontáneo a uno elaborado para una campaña que hace hincapié en la idea de "ciudadanos en formación" y se enmarca en lo simbólico. El objetivo es resaltar valores sociales de convivencia, participación, responsabilidad y reciprocidad ciudadanas.

El candidato realiza varios rituales: se casa con Bogotá a la que declara la novia de todos; utiliza tarjetas amarillas y rojas (como un árbitro de fútbol) para señalar conductas que no pueden ser toleradas socialmente; juega a la perinola en la calles, haciendo énfasis en el "todos ponen, todos toman". La perinola es un juego de azar, un trompo hexagonal en cuyas caras están escritas instrucciones para los jugadores: "pon uno", "pon dos", "pon tres", "todos ponen", "penitencia"...; arrastra por la ciudad un carrito de basura para recolectar los problemas y las expresiones de incultura ciudadana: basuras, trancones, inseguridad, etc. La conjugación de atributos personales y prácticas sociales simbólicas desencadena el imaginario popular y logra la idealización del personaje y la creación de un ídolo.

Los medios presentan a Mockus como una nueva expresión cultural de un saber «totalizante» (formación y trabajo académico) y de un orden simbólico universal orientado por

una inteligencia «extraterrestre»; de una mentalidad y espontaneidad corporal "diferentes" a las del resto de la humanidad y con un análisis "supralógico" de los problemas, libre de los compromisos típicos de la clase política tradicional.

Mockus encabeza las encuestas de opinión, «conduce de la mano al otro candidato», como aseguran algunos medios, y el proceso culmina con su elección el 30 de octubre de 1994, tras haber obtenido la más alta votación de los dos últimos comicios.

El fenómeno y los medios de comunicación escrita

Los hechos sucedidos el 27 de octubre de 1993 en el Auditorio León de Greiff de la Universidad Nacional marcan la primera toma de posición de los medios de comunicación, que durante ocho días concentran su atención en el caso:


«Para empezar y como hecho digno de rescatar, después de la exhibición y durante siete días no se habló de guerra en Colombia, no hubo guerrillas, ni paramilitares, ni militares. A todos se nos olvidó el Congreso y pocos se dieron cuenta de las implicaciones del nuevo código penal (...). Cambiaron los adjetivos y protagonistas. Voces poco escuchadas: loco insólito, grotesco, enfermo, brillante, payaso, genio, vergüenza nacional.» (El Espectador, noviembre 3, 1993).

Desde el momento en que se da a conocer a la opinión pública su candidatura, los medios elogian su gestión académica y su condición de candidato independiente, evalúan positivamente su comportamiento previo, difunden aspectos biográficos que lo muestran como el mejor bachiller de su colegio (primer puesto en primaria y secundaria), excelente académico y administrador social:

«A Mockus lo favorece una impecable hoja de vida. Aparte de sus estudios de filosofía en los que tiene una tesis laureada con todos los honores, tiene formación en matemáticas, psicología, pedagogía y administración. Se le reconoce también su gestión al haber sacado adelante varias reformas de la Universidad Nacional y haberla dejado con superávit fiscal para muchos años.» (Revista Semana, febrero 15-22, 1994).

El fenómeno político Mockus llega a un punto tal que, durante las elecciones de 1994 para presidencia, gobernaciones y alcaldías, los medios de comunicación resaltan su nombre sobre el de los candidatos a la presidencia de la República:

«Los personajes del momento no son, como sería lógico, Andrés Pastrana y Ernesto Samper, quienes se disputan cabeza a cabeza la Presidencia de la República, sino dos atípicos dirigentes



bogotanos que aspiran a la alcaldía de la capital en las elecciones de octubre (...) El más atípico de los dos y el más popular de ellos, es Antanas Mockus, un filósofo y matemático de 42 años con cara de predicador de la secta Amish. Su vertiginosa carrera comenzó hace seis meses cuando se bajó los pantalones ante 3.000 estudiantes en el auditorio León de Greiff.» (Revista Semana, abril 26-mayo 3, 1994).

La génesis elaborada en el caso de este personaje se caracteriza por la tendencia a sacarlo del ámbito de la política nacional tradicional y de la esfera de la cultura colombiana:

«A donde llega causa revuelo. Parece un extraterrestre. La gente quiere tocarlo, escucharlo, animarlo y ofrecerle su respaldo para que pueda estar en la silla de alcalde de Bogotá. Y desde algunos meses Antanas Mockus se convirtió en el mesías de la capital de la República. Parece ser la esperanza que tienen muchos. El personaje que va a cambiar la historia de Bogotá.» (El Espectador, octubre 7, 1994).

La percepción de Mockus como salvador, agente de cambio social y opositor de la clase política tradicional constituye un elemento legitimador y regulador del comportamiento electoral en 1994. En este momento político emergen expresiones locales de protesta ciudadana: dos paros cívicos en Ciudad Bolívar y uno al norte de la capital cuestionan la gestión y el complejo proceso de descentralización del alcalde Jaime Castro. Tras una gestión pública cuestionada y poco comunicativa, Mockus aparece como un personaje realista, que no hace promesas, ni ofrece soluciones grandiosas a los problemas capitalinos:

«No tener soluciones concretas para los problemas es una señal de madurez y franqueza. El político tradicional ofrece soluciones concretas que son sospechosas.» (El Espectador, agosto 24, 1994).

En medio de los conflictos sociales de la capital colombiana, el candidato aparece como rival de los grupos políticos tradicionales:

«Antanas Mockus es un fenómeno cultural que por primera vez aparece con fuerza incontenible en los escenarios políticos. No encontramos ningún antecedente semejante en la historia política colombiana del presente siglo. En algunas coyunturas han salido algunos personajes con ideas sociales que no correspondían a las doctrinas ortodoxas tradicionales: López, Gaitán y en parte Rojas Pinilla pueden clasificarse dentro de este grupo de innovadores.» (El Espectador, agosto 30, 1994).

Mockus se ha convertido en figura pública y modelo de un comportamiento que promueve

identificaciones ciudadanas y generación de imaginarios populares: un personaje que hace uso de las expresiones y prácticas propias del hombre corriente que sobrevive en la urbe, alejándose de modelos políticos y culturales convencionales para acercarse al individuo común.

Clima político

En una sociedad como la colombiana, y mucho más en una ciudad como Bogotá, donde el deterioro de valores ha llevado a una ausencia de justicia social, a un comportamiento desorganizado,

a la falta de civismo, al uso de la justicia particular, a la inseguridad y la corrupción, el surgimiento de un fenómeno político como el de Antanas Mockus Sivickas adquiere relevancia social.

El clima imperante en la ciudadanía respecto al debate electoral se caracterizaba por el desencanto con las alcaldas de la clase política, el debilitamiento de las propuestas de izquierda y una especial receptividad a ofertas realistas de solución a los problemas cívicos. Se produce entonces el reagrupamiento de diferen-

Surgen actores
sociales alternativos
que desacralizan prácticas
políticas basadas en
«militancias izquierdistas»,
«mesianismos apocalípticos»
o «formas instrumentales
del bipartidismo.

tes sectores capitalinos en torno a una candidatura listinta que "desdramatiza" a contienda electoral y permite la elaboración rápida de "referentes colectivos" alrededor del héroe surgido y creado como salvador. De las dos candidaturas, Mockus y Peñaloza, la primera acorta la distancia entre programas políticos y problemas cotidianos, mientras que la segunda contribuye a ratificar la imagen tradicional, con sus discursos de promesas políticas.

Nunca antes se había sido un líder sin apoyo de un partido. El fenómeno pone en evidencia algunos aspectos de las llamadas culturas políticas seculares en América Latina, donde sur-

gen actores sociales alternativos que desacralizan prácticas políticas basadas en «militancias izquierdistas», «mesianismos apocalípticos» o «formas instrumentales del bipartidismo.

Rasgos míticos del fenómeno

¿Existen o no características míticas en el caso Antanas Mockus? A partir de esta pregunta se planteó y organizó una investigación —originada en una asesoría de trabajo final de grado³— con los siguientes objetivos: establecer la construcción psicosocial del mito político en los medios de comunicación escrita; identificar mitologemas, proposiciones que reflejan caracteres míticos, atributos situacionales y proposiciones evaluativas de circunstancias que rodean al personaje, y elaborar un cuestionario para verificar el surgimiento del mito político.

El cuestionario, aplicado a 297 ciudadanos bogotanos de diferente nivel socioeconómico,

edad, sexo y ocupación, consta de 15 proposiciones, 8 de las cuales reflejan mitologemas y 7 atributos situacionales. Las personas debían calificarlas de 1 a 5, siendo 1 total desacuerdo y 5 total acuerdo.

Se utilizó el método de muestreo no probabilístico de cuotas, y los resultados se sometieron a un análisis de conglomerados, que reveló la existencia de tres grupos de opiniones. Un primer grupo (n=88) muestra desacuerdo con los mitologemas y los atributos; el segundo (n=115) califica mitologemas y atributos con puntajes medios; el tercer conglomerado (N=94) está de acuerdo con todos los mitologemas y en desacuerdo con los atributos. En este último podría ubicarse el mito político en torno al personaje. Predominan en él sujetos de estratos medio-medio y medio-bajo, sexo masculino, edades entre 18-25 y 46-54 años, que votaron en su mayoría por Mockus.

En la investigación se analiza el surgimiento del mito político, con base en las categorías definidas por la psicóloga social Maritza Montero^{6,7}. Para esta autora, la construcción psicosocial de un mito implica, desde una perspectiva psicológica, 1. transformación o deformación de rasgos, características y acciones de una persona, objeto o evento; 2. imposibilidad de diferenciar entre el objeto y el sujeto del mito; 3. dramatización de los hechos —la realidad es vista como resultado del enfrentamiento de fuerzas opuestas—; 4. presencia de un fuerte componente emocional relacionado con el hecho desencadenante que lleva a la identificación con el objeto mítico; 5. resistencia a los intentos de analizar objetivamente el fenómeno.

Concepción del mito y papel de los medios de comunicación

En razón al clima de violencia social, se advierten en Colombia una desmitificación de las formas tradicionales de «hacer política», manifestada en el surgimiento de expresiones sociales periféricas, y una creciente influencia de los medios de comunicación como consultores y moduladores de actitudes y personificaciones políticas.

Para Lechner⁵, los nuevos procesos de comunicación son responsables del desplazamiento de los discursos políticos caracterizados por grandes relatos y preeminencia de la oralidad. Al respecto afirma: «(...) la cultura de la imagen altera la idea que nos hacemos de la política. (...) Cuando el don de la palabra es restringido por el manejo de la imagen, cambian las estructuras comunicativas sobre las que se apoyan tanto las relaciones de representación como las estrategias de negociación y decisión. Los dispositivos

de marketing no reemplazan pero modifican la deliberación ciudadana.» (página 68).

Según Vattimo⁹, las posibilidades de información hacen cada vez menos concebible la idea de realidad *per se* en las sociedades posmodernas. Por la acción de los medios de comunicación, «el mundo se convierte en fábula». Frente a la mitificación de la realidad en la cultura de masas se hace necesario el análisis de los contenidos e imágenes que difunden televisión, prensa, literatura y otros productos culturales.

En el contexto latinoamericano, afirma Bruner², los aparatos culturales son responsables directos de la modernización y la generación de identidades nacionales deficitarias. Para este autor, la cultura moderna se organiza y se especializa en industrias con megatendencias, mercados y clientes definidos.

El papel de los medios de comunicación en la creación de mitos políticos ofrece un sugestivo campo de investigación. ¿Cómo influye la globalización de la comunicación en la construcción de representaciones políticas por parte de diferentes grupos humanos? ¿Es pertinente atribuir caracteres míticos a construcciones simbólicas que determinan la movilización social, en una época de proliferación de racionalidades particulares?

El análisis de la construcción de modelos cognitivos implícitos en las culturas políticas se enmarca en la concepción sociocultural de mito de Gupta y Valsiner⁴, quienes proponen estudiarla en el contexto complejo de las redes de comunicación y su estructura textual. Para estos autores, los mitos están incorporados en los mensajes transmitidos indistintamente por instrumentos culturales, entre ellos textos orales y escritos, telenovelas y relatos.

Los instrumentos culturales condensan la historia de la humanidad, en general, y de los pueblos, en particular. Herramientas de trabajo, obras de arte, utensilios de uso diario, entre muchos otros, posibilitan interacciones del sujeto con el medio, el contexto, los objetos y otros sujetos; son portadores de representaciones sociales, crean formas especiales de comportamiento del sujeto e influyen en él positiva o negativamente.

En este orden de ideas, la cultura moderna se organiza –según Bruner²– en sistemas de máquinas productoras de realidades simbólicas que se transmiten a públicos determinados y encierran en la paradoja de la envanescencia y la permanencia. Estas características diferencian una industria cultural liviana, prefabricada, responsable, de construcciones sociales de corta duración, de una industria cultural pesada en la cual están presentes ideologías de larga duración:

religiones milenarias, obras clásicas, educación formal y tabúes, entre otras.

Para efectos de nuestro análisis es importante diferenciar el mito en la dimensión de una cultura lenta-permanente y veloz-fugaz². Históricamente han existido en nuestro país mitificaciones, relatos fundacionales que dan cuenta del significado social de las gestas de independencia y la constitución de la nacionalidad: la leyenda de «El Dorado», «La Gran Colombia», la «Revolución de los Comuneros», la «Patria Boba», «La Pola», y, más recientemente, «Jorge Eliécer Gaitán», «Quintín Lame», «Jaime Bateman Cañón»...

Por ahora, interesa considerar los mitos políticos como concepciones totalizantes, emergentes y cambiantes, que permiten interpretar, comprender y valorar los fenómenos políticos y sus protagonistas y, dado su carácter de elementos integradores y activadores de las culturas políticas, configurar bloques sociales de opinión pública. Tal es el caso del fenómeno de Antanas Mockus Sivickas. A fin de establecer si ha surgido o no un mito político, partimos de algunas consideraciones de Gupta y Valsiner⁴ que permiten una conexión dinámica entre las psicologías individual y social, en una relación bidireccional de funcionamiento individual y colectivo.

El mito como relato reduce la distancia entre eventos históricos que explican el pasado y aquellos que orientan el presente⁴. Al diferenciarlo de los fantasmas (representaciones imaginarias en el inconsciente), se resalta el carácter social de las narraciones y la construcción –mediante procesos de internalización y externalización– de la cultura personal que le sirve de base. Esta historicidad del mito involucra una relación dinámica entre el funcionamiento individual y el ambiente de los sujetos, y convierte los mitos, por ser objetos de interpretación y recuento, en organizadores de las funciones psicológicas, especialmente de la imaginación.

En las culturas políticas, los mitos hacen parte de modelos cognitivos implícitos² o de mecanismos de mediación semiótica⁴. Al hacer de los mitos objetos de interpretación y recuento, los medios de comunicación incorporan imágenes de otras realidades, que permiten pasar de los antecedentes históricos («background») a la recepción de lo aparente, lo que está por hacerse o lo que se ha hecho («foreground»).

Los mitos políticos hacen parte de un entramado social que permite a los individuos reconocerse como protagonistas de la cultura colectiva, como identidades sociales y nacionales. Son el resultado de proyectos e ideologías que se encuentran e interpelan, tanto en el plano racional como en el emotivo; construcciones frá-

Mockus se caracteriza por ser un locutor político que transforma prácticas sociales transgresoras en instrumentos de persuasión.

giles de la cultura veloz, que moldean la realidad y la transforman a partir de las posibilidades múltiples de interpretación y recuento de los diferentes grupos sociales.

Partiendo de las investigaciones de Gupta y Valsiner⁴, podemos identificar tres dimensiones del mito político que permiten explicar el fenómeno de Antanas Mockus Sivickas:

Hace parte de relatos de la cultura colectiva y se organiza en la memoria como unidades que se internalizan y externalizan en el ámbito social. Los medios de comunicación posibilitan la externalización y multiplicación de representaciones fragmentarias y contradictorias. Esto es claro en la figura del profesor Mockus.

Posee un carácter de integración dualista de signos y símbolos

usados a lo largo de la historia y trayectoria de la cultura colectiva. El mito tiene dos caras: un contenido manifiesto en el relato, los significantes del entorno, y un componente oculto que da cuenta del anclaje en la cultura colectiva. La valoración política de los atributos del personaje y los rasgos míticos de Mockus aparecieron como pares antitéticos, antes y durante la campaña.

Permite unir pasado, presente y futuro, al anclar versiones que dan cuenta de jerarquías, intereses y conflictos de grupos rivales. Este carácter histórico permite ordenar –a través de estructuras simbólicas binarias– las pautas interpretativas que llevan a repensar los fenómenos y sus protagonistas culturales.

A las características de los mitos políticos descritas es necesario agregar el papel social que propone Ansart¹. En las ideologías, el relato mítico es un elemento totalizador del sentido colectivo y, al mismo tiempo, instrumento de regulación social que impone estratificaciones y da respuesta frente a conflictos entre grupos rivales. Para este autor, la manipulación de los aparatos simbólicos resulta decisiva en la transformación de relaciones sociales.

En el caso de Antanas Mockus Sivickas se puede afirmar la intencionalidad de exhibir comportamientos estratégicamente. Mockus se caracteriza por ser un locutor político que transforma prácticas sociales transgresoras en instrumentos de persuasión.

Los mitos políticos emergen de relatos, identificaciones y rastros del pasado, e interpretan y valoran fenómenos políticos actuales en el marco de dinámicas sociales en conflicto. Permiten integrar el carácter ambivalente y contradictorio de la catarata de imágenes fugaces y repetitivas

que evaporan la realidad en diferentes horizontes de espacio y tiempo. Por último, dan cuenta de las jerarquías y la organización de la sociedad y sirven como instrumento de legitimación y control.

Respecto al papel de los medios, Lechner⁵ plantea nuevas incertidumbres de los ámbitos políticos contemporáneos, debidas, en parte, a la fractura y desterritorialización de universos simbólicos, potenciadas por los nuevos procesos de comunicación. Nuestro estudio plantea el papel de los medios de comunicación como mediadores sociales del signo, el símbolo, la palabra y el mito.

Consideramos, además, que los mitos políticos son construcciones psicosociales que: 1. organizan funciones psicológicas como la imaginación; 2. integran las culturas individual y colectiva, permitiendo la elaboración y recreación de imágenes; 3. posibilitan otros tipos de encuentro entre lo público y lo privado; y 4. configuran bloques sociales que articulan nuevas formas de expresión ciudadana y toma de posiciones en contiendas sociales de carácter local o nacional.

En síntesis, el estudio realizado nos permitió explorar la construcción psicosocial del mito político en medios de comunicación escrita, detectar la presencia de valoraciones míticas de un fenómeno político y analizar el papel de los medios de comunicación en la creación de un importante mediador social como es el mito: en este caso, el mito político de Antanas Mockus Sivickas.



Referencias

1. Ansart P. *Ideología, conflicto y poder*. En E. Colombo (comp.). *El imaginario social* (pp. 87-108). Montevideo: Altamira y Nordan; 1993.
2. Bruner J. J. *América Latina: cultura y modernidad*. México: Grijalbo; 1992.
3. Bula H. F. *Antanas Mockus: surgimiento de un mito político*. Tesis de grado (psicólogo) dirigida por R. Montealegre y asesorada por M. E. Domínguez. Bogotá: Universidad de los Andes; 1995.
4. Gupta S., Valsiner J. *Myths in the hearts: implicit suggestions in the story*. Ponencia presentada en «II Conference for Socio-Cultural Research. Piaget-Vygotski (1896-1996)», Ginebra, 14 de septiembre de 1996.
5. Lechner N. *¿Porqué la política ya no es lo que fue? Leviatán*. *Revista de Hechos e Ideas* 63: 63-74; 1996.
6. Montero M. *The construction of a political myth (a psychopolitical study)*. Ponencia presentada en el XXIV Congreso Interamericano de Psicología. Santiago de Chile, 1993.
7. Montero M. *Génesis y desarrollo de un mito político*. *Tribuna del Investigador* 1 (2): 90-100; 1994.
8. Peña S. L. *Rito y símbolo en la campaña electoral para la alcaldía de Bogotá*. *Revista de Análisis Político* 24: 22-35; 1995.
9. Vattimo G. *La sociedad transparente*. Barcelona: Paidós; 1994.

REVISTA Innovación Ciencia

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

SUSCRIBASE ¡YA!

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

Fecha suscripción
D _____ M _____ A _____

SUSCRIPCIÓN PERSONA NATURAL

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

SUSCRIPCIÓN INSTITUCIONAL

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

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

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

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ / ____

Credencial Credibanco Diners

*Renovación automática:

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

Acepto: Sí No

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE
Y ENVIE
ESTE
CUPON

C.C. Firma

REVISTA Innovación Ciencia

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

CUPON REGALO

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

Fecha suscripción
D _____ M _____ A _____

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

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

De:

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

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

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

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

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ / ____

Credencial Credibanco Diners

*Renovación automática:

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

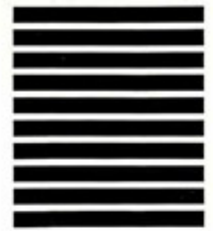
Acepto: Sí No

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

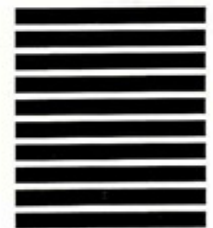
LLENE Y ENVIE
ESTE CUPON

C.C. Firma



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

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



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

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

Novedades editoriales

37 MODOS DE HACER CIENCIA EN AMÉRICA LATINA



Hernando Gómez B. y Hernán Jaramillo S. (compiladores)
Tercer Mundo Editores y Colciencias, Santafé de Bogotá, 1997.

Gómez Buendía, sociólogo y filósofo, y Jaramillo Salazar, economista, recogieron el testimonio de 37 instituciones científicas y tecnológicas de 14 países de Latinoamérica, incluyendo seis centros adscritos a universidades, 20 establecimientos oficiales y uno multinacional, seis institutos privados de investigación, una empresa privada, dos entidades gremiales y una red interinstitucional. Con base en estos datos, los compiladores concluyen la obra con una reflexión sobre la ciencia. Gómez y Jaramillo afirman que ésta nace de la interacción entre el científico, el proyecto de saber, el grupo, la institución y el interlocutor. La ciencia es más y mejor cuando estos elementos tienen congruencia de sentido y apuntan coherentemente hacia una productividad rigurosa e intensa.

EL INVENTOR DE LUNAS

Jairo Aníbal Niño
(ilustraciones de Silvia Gómez)
Colciencias, Santafé de Bogotá, 1995.

Este libro es un homenaje al sabio Francisco José de Caldas, a través de una versión infantil realizada por el reconocido escritor Jairo Aníbal Niño y bellamente ilustrada por Silvia Gómez. Este "cuento biográfico", de 64 páginas, es una excelente conjunción de ciencia y literatura, llamada a difundir entre la población más joven una importante página de nuestra historia y de nuestra ciencia. Comienza con la huida del sabio de los españoles, en los cerros de Paisbamba, en el Cauca, y recrea todos sus descubrimientos, observaciones e invenciones, hasta el trágico 29 de octubre de 1816 cuando, antes de ser sacrificado en el patíbulo, dibuja el círculo alargado partido en dos, actual símbolo de Colciencias, representando "un planeta muerto al nacer por los devastadores efectos de una cuchillada cósmica".

EL SIGLO DE VYGOTSKI Y DE PIAGET



Rosalía Montealegre (editora)
Fundación para el Avance de la Psicología,
Santafé de Bogotá, 1996.

Jean Piaget (1896-1980) y Lev Vygotski (1896-1934) fueron, y siguen siendo, dos gigantes de la psicología contemporánea, especialmente en las áreas cognoscitiva y del desarrollo. 1996 fue el año del centenario del nacimiento de ambos, y en todo el mundo se celebró el acontecimiento con diversos eventos y publicaciones. Latinoamérica no fue la excepción. La profesora Montealegre, investigadora y docente de la Universidad Nacional de Colombia, editó un número monográfico de la *Revista Latinoamericana de Psicología* (Vol. 28 No. 3), producida por la Fundación para el Avance de la Psicología, que incluyó varios artículos de autores hispanoamericanos, relacionados con el aporte de Piaget y de Vygotski. La aparición de este número monográfico coincide con el reconocimiento de Colciencias y la ACAC a la *Revista Latinoamericana de Psicología* como la mejor revista científica especializada publicada en Colombia, con base en criterios internacionales de ciencia métrica.

HUMBOLDT: EL MUCHACHO DE LA CRUZ DEL SUR

Gonzalo España
(ilustraciones de Silvia Gómez)
Colciencias, Santafé de Bogotá, 1996.

Continuando con la serie de difusión infantil y juvenil, iniciada con *El inventor de lunas*, Colciencias entrega una pequeña novela escrita por el escritor bumangués Gonzalo España, sobre el paso del "descubridor científico de América", Alexander von Humboldt, por la Nueva Granada. La obra está adornada por las ilustraciones de Silvia Gómez, que incluyen tanto las imágenes históricas como la diversidad biológica de nuestro país, reconocida por el Viejo Mundo gracias a Humboldt. Cuenta la historia que cuando el científico regresó a Europa se encontró con su hermano Guillermo, quien le mostró con orgullo una condecoración ganada por las batallas contra Napoleón, la cruz de hierro, pero Alexander le respondió: "Yo prefiero la Cruz del Sur".

LAS SOMBRAS ARBITRARIAS: VIOLENCIA Y AUTORIDAD EN COLOMBIA



Myriam Jimeno, Ismael Roldán, David Ospina, Luis Eduardo Jaramillo, José Manuel Calvo y Sonia Chaparro
Editorial Universidad Nacional,
Santafé de Bogotá, 1996.

El aporte más novedoso de esta obra es mostrar cómo las experiencias violentas en el hogar y otras ocurridas fuera de éste (robos, atracos y otras), que alcanzan a una importante cantidad de personas, se refuerzan mutuamente y se aúnan por la omisión o la precariedad de la acción institucional. No existe así una ruptura tajante entre las esferas privada y pública y, más bien, los efectos emocionales e intelectuales de las experiencias violentas tienen un terreno común mantenido por la desconfianza, la prevención y el miedo a las relaciones con los demás. El núcleo temático de tal interpretación de la vida social reside, para los investigadores del Centro de Estudios Sociales de la Universidad Nacional de Colombia, en el concepto de autoridad como arbitraria, asimilada a la coacción; este fenómeno se origina en las experiencias violentas en el hogar, pero se es reforzado fuera de él por quienes representan la autoridad institucional.

INFORME MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA 1996

UNESCO
Santillana, Madrid, 1996.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) nació hace 50 años, con la misión de establecer la paz mediante la cooperación internacional en las esferas de la educación, la ciencia y la cultura. La UNESCO es, pues, la entidad que puede y debe hacer el balance sobre el estado actual de la ciencia en el mundo.

Esta obra es el segundo gran informe bianual presentado, siguiendo tres ejes fundamentales: el estado de la ciencia en diversas regiones del mundo (Norteamérica, Latinoamérica, Europa occidental, Europa central, África, Asia oriental), las áreas de desarrollo más importantes actualmente (ética, medio ambiente, biotecnología, tecnologías de la información e ingeniería de los materiales) y una sección especial sobre el lugar de la mujer en la ciencia y la tecnología. Cada capítulo ha sido elaborado por autores de renombre internacional en sus respectivas especialidades, y es obra de consulta obligada para todas aquellas organizaciones o individuos que requieran hacer seguimientos sobre la evolución de la ciencia a nivel global.

LA CIENCIA DESDE MÉXICO. UNA EXPERIENCIA EN LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA



María del Carmen Farías
(coordinadora), **Marco Antonio Pulido,**
Axel Retif, Maribel Díaz
Fondo de Cultura Económica, México,
1996.

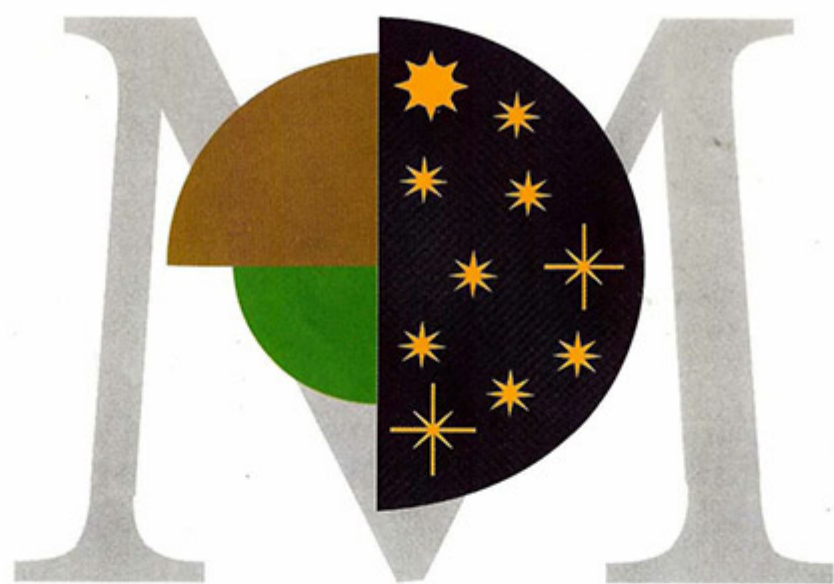
Hace 10 años nació el programa La Ciencia desde México, con el propósito de poner la ciencia al alcance del público y despertar el interés y la vocación de los jóvenes por el pensamiento científico. El principal producto del programa fueron 150 libros que abarcan todos los campos del conocimiento, coeditados por el Fondo de Cultura Económica, la Secretaría de Educación Pública y el Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). El programa se complementó de manera interesante con un concurso denominado "Para Leer la Ciencia desde México", el cual se ha celebrado en cinco ocasiones desde 1989. Está dirigido a jóvenes de 12 a 22 años divididos en tres categorías, y premia las mejores reseñas críticas de los libros de la colección "La Ciencia desde México". En el presente libro se muestra la historia del programa y se sintetizan los resultados del concurso, incluyendo las reseñas ganadoras. Para Latinoamérica, esta iniciativa constituye un ejemplo a seguir, pues promueve al mismo tiempo la divulgación científica, la industria editorial y la promoción de la lectura de alto nivel.

BIOTECNOLOGÍA: CINCO AÑOS DE INVESTIGACIONES EN COLOMBIA 1991-1996



Rafael H. Aramendis y Elizabeth Hodson de Jaramillo (editores)
Colciencias, Santafé de Bogotá, 1996.

El Programa Nacional de Biotecnología nació en 1991, en el seno de Colciencias, como reconocimiento y manifestación de la importancia estratégica que el país concede a esta área por su potencial para resolver problemas en campos como la salud, las ciencias agropecuarias, la producción de alimentos y el procesamiento de residuos. Tras cinco años de apoyo a investigadores de todo el país, Colciencias publica los resúmenes de 45 investigaciones finalizadas, comenzadas y en proyecto, en los siguientes campos: agrícola, industrial, salud, pecuario y ambiental. Los editores, Aramendis y Hodson, esperan que éste y otros libros relacionados, del Programa Nacional de Biotecnología, contribuyan a consolidar el campo de la biotecnología en el país y a fortalecer el trabajo cooperativo a nivel nacional e internacional.



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

M A L O K A
Centro Interactivo



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



CIUDAD
SALITRE

...AHORA
SU NUEVA
TARJETA
GRANAHORRAR
LLAVE UPAC
ESTA...
**MAS
CERCA**
...DE CADA
REGION,
**MAS CERCA
DE SU
CORAZON!**

DISEÑADA PENSANDO EN SU TIERRA!



Young & Rubicam

GILADO SUPERINTENDENCIA BANCARIA

USARLA EN ESTABLECIMIENTOS
AFILIADOS NO LE VALE NADA



RED MULTICOLOR

...Más Cerca de nuestras raíces, de las montañas, los valles, las costas y los sueños. Más Cerca de la tierra que posee nuestros sentimientos e ilusiones más profundas. Más Cerca de cada lugar de esta maravillosa tierra colombiana.



Granahorrar
CORPORACION GRANCOLOMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA
Usted nos tiene a nosotros