



# Innovación y Ciencia

VOLUMEN IX, Año 2000

## PÁRAMOS ANDINOS

### FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL

**EL EFECTO  
PLACEBO**

**DE MOLÉCULAS  
Y BITS**

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$4.800



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

REVISTA  
INNOVACION Y CIENCIA



# Nuevo Mazda 626. LE FALTABA ESTETICA



*El nuevo Mazda 626 llegó para confirmar que es el mejor carro nacional por donde usted lo mire: nuevo frente con equipo de luces, moderno y sofisticado al mismo tiempo, nuevo diseño de la parrilla con logo Mazda, nuevo capó, protectores laterales de la carrocería, faros de vapor de aluminio, nuevos salpicaderos, nuevos acabados en la*



*Rediseño joven y dinámico sin perder la elegancia de un carro de gama alta.*



*Motor 2 litros, 125 HP, de 4 cilindros, 16 válvulas y doble árbol de levas.*



*Nuevo diseño de los stops tipo diamante, envolviendo la carrocería.*

## AL TRANSITO.

*parte trasera con sistema de luces tipo diamante, exploradoras, habitáculo interior mucho más silencioso, totalmente equipado, con radio CD, aire acondicionado, nueva tapicería, cinturones de seguridad para todos los pasajeros, vidrios y espejos eléctricos, bloqueo central, motor 2.0, 125 HP consagrado en el mundo entero, carrocería con sistema "Triple H", una estética envidiable y ese algo que ninguna otra marca de carro le puede ofrecer.*



© NTAGOSTINO



*Vidrios y espejos eléctricos,  
bloqueo central.*



**MAZDA**



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

**Presidente**  
Eduardo Posada Flórez

**Editor**  
Mauricio Pérez Gil

**Coordinadora editorial**  
Rosario Martínez

**Comité editorial**  
Moisés Wasserman, Miriam Henao,  
Horacio Torres, Juan José Botero,  
Nohora Elizabeth Hoyos,  
Alberto Ospina, Eduardo Posada,  
Rosario Martínez, Carmen H. Carvajal

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

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

**Corresponsales**  
Juan Carlos Salcedo, Andrés M.  
Pérez-Acosta, Fredy Medina,  
Édgar Reyes

**Publicidad**  
Clara López

**Secretaria**  
Yenny Yuliett Arias

**Corrección de estilo**  
Néstor Clavijo

**Producción editorial e Ilustración**  
Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

**Fotografía**  
Photo Images Ltda., The Image Bank,  
Super Stock, Slide Depot, ABC Stock  
Imágenes

**Preprensa electrónica**  
Fotolito Editores

**Impresión**  
Panamericana

**Distribución**  
Distribuidoras Unidas S.A.

Innovación y Ciencia es la revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, A.C.A.C. 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 cada edición. Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores. Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447 del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140. Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal. Venc. dic 2000. Impresa en Colombia.

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,  
Edificio Camilo Torres.  
A.A. 92581. Fax: 2216950.  
Tels: 3150734 - 3155898 -  
3155900. e-mail:  
acac4@col1.telecom.com.co  
Bogotá - Colombia.  
Precio de venta al público:  
\$4.800.  
Suscripción (4 números al  
año): \$19.000.

# Innovación y Ciencia



**Portada.** Los páramos andinos y sus ecosistemas.

(Fotografía: Andrés Hidalgo)

## NOTA DEL EDITOR

7 **Ciencia, tecnología y exportaciones**  
Eduardo Posada F.

## NOTICIAS Y COMENTARIOS

8 **Nikola Tesla.** El hombre que inventó el siglo XX  
Horacio Torres-Sánchez.

14 **Arena y estrellas**  
David R. Ardila.

18 **Propuesta de reforma para la enseñanza de las ciencias**  
Leon M. Lederman

20 **Declaración de Interciencia en Washington**

24 **WEB - SITIOS DE INTERÉS**

28 **VISTAZOS**

Un posible nuevo agente antiinflamatorio. Células fetales para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. Detectadas las bases biológicas de la atribución de estados mentales. Crean vacuna contra el sida basada en un virus de la rabia. Nuevos avances en neurotecnología. Arterias "a la medida". ¿Cómo se orientan las mariposas? Un total de 436 centrales nucleares funcionan en el mundo. Discrepancias en la obtención del mapa del genoma humano. Buscan sede para el máximo radiotelescopio del mundo. El reto para las revistas científicas chinas. Crece expectativa de internet a través de teléfonos celulares.

# CONTENIDO

Volumen IX, No. 1 - 2000

## 36 ¿ESTAMOS EN LA ERA DE LOS MAMÍFEROS?

Carlos E. Sarmiento M.

A pesar de que la evolución ofrece un patrón ramificado de la historia de los seres vivos, persiste la idea de una escala donde los mamíferos ocupan el lugar más privilegiado. Se presentan argumentos que la invalidan, desde la historia de la Biología, desde el modelo de evolución por selección natural, desde los datos paleontológicos y desde lo que sabemos de la diversidad actual. Esta visión tiene fuertes e inconvenientes consecuencias en el campo académico y de conservación.

## 46 HISTORIA DE UNA SED ANUNCIADA

**Los páramos andinos frente al calentamiento global**

Marco Antonio Rondón, Ph.D.

Los páramos andinos constituyen uno de los ecosistemas más valiosos y de espectacular belleza de Colombia. Sólo tres países del mundo cuentan el páramo entre su geografía. En los últimos veinte años, los páramos han sido destruidos por el hombre y por el calentamiento global. El páramo es un patrimonio imprescindible de nuestro país; es una obligación emprender acciones que pongan freno a su desaparición.



## 54 LÓGICA DIFUSA

**"El mundo no es únicamente blanco o negro..."**

Fredy E. Medina Q.

La lógica difusa es un concepto derivado de la rama de los conjuntos borrosos de la teoría matemática, que permite analizar información del mundo real en una escala entre falso y verdadero. Se basa en el principio de razonamiento del cerebro humano, el cual puede procesar información que involucra incertidumbre o juicios de valor, en donde los conceptos pueden ser parcialmente ciertos.

## 62 DE MOLÉCULAS Y BITS

Tobías Mojica Ph.D.; Carlos E. Molano M.D., M.Sc.; Nelson D. López M.D., Ph.D.; Jefer I. Moreno M.D., M.Sc.

La Biología y la informática evolucionaron separada e independientemente. A partir del momento en que hubo interacción entre estas dos ciencias, se dio un gran salto cualitativo en la comprensión del genoma humano, una tarea casi imposible de realizar con los métodos de la Genética clásica. En los siguientes años, los científicos se llenarán de datos y necesitarán nuevos tipos de bioinformática para poder asimilar e interpretar la información obtenida de las diversas investigaciones moleculares y genómicas.



## 70 EL EFECTO PLACEBO

**Nuevas perspectivas**

F. Xavier Borrás Hernández y Ramón Bayés.

Históricamente, el efecto placebo ha sido a menudo valorado como un falso o indeseado fenómeno. Sin embargo, los resultados de su uso pueden ser tan reales, objetivamente evaluables y relevantes para la salud como los producidos por cualquier agente farmacológico activo. El conocimiento de sus mecanismos de acción podría capacitarnos para tratar de potenciar al máximo los efectos beneficiosos de los fármacos y terapias. En este sentido, la Psicología del aprendizaje y la Psiconeuroinmunología podrían representar contribuciones destacadas al esclarecimiento y la aplicación clínica intencionada del efecto placebo.



## 80 NOVEDADES EDITORIALES



EMISORA H.J.C.K.

EL MUNDO EN BOGOTÁ  
89.9 F.M. ESTEREO

1950 - 50 años - 2000

“Una emisora para la inmensa minoría”

Carrera 12 N° 82-23 • Teléfonos: 236 3907 -236 3840  
Fax: 236 8861 • Apartado Aéreo 17161 • Bogotá

# CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EXPORTACIONES

Uno de los aspectos más positivos del plan de desarrollo del presente gobierno es la propuesta de favorecer las exportaciones como mecanismo para estimular la alicaída economía nacional. Además de las herramientas macroeconómicas para lograr ese fin, tales como una tasa de cambio favorable, o los incentivos de tipo arancelario o tributario, es indispensable también promover la modernización acelerada del sector productivo para permitirle competir favorablemente en los mercados internacionales.

Una política de ese tipo requiere estimular la producción de bienes manufacturados que sustituyan las exportaciones tradicionales de materias primas tales como el café, las flores, el petróleo crudo y algunos otros productos agrícolas de menor importancia que representan en la actualidad la mayor parte de nuestras ventas en el exterior.

Para ello se debe incrementar la competitividad del sector productivo existente fomentando la introducción de tecnologías más eficientes y de métodos de gestión administrativa y de comercialización mucho más orientados hacia el sector externo.

La modernización tecnológica necesita también el desarrollo en el país de una infraestructura de apoyo tecnológico para la industria como la que se ha venido gestando dentro del marco del Sistema Nacional de Innovación y, más específicamente, alrededor de los centros de desarrollo tecnológico y de los centros de productividad. También se debe fomentar la reconversión de nuestro sector industrial, apoyando las nuevas empresas de base tecnológica a través de la creación y el fortalecimiento de las incubadoras de empresas de base tecnológica.

Todo lo anterior se reduce a fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, dentro del cual se enmarcan las acciones mencionadas, poniendo en práctica las recomendaciones que desde hace una década venimos formulando en los más diversos foros. A grandes rasgos, cabe resumirlas diciendo que se debe incrementar la inversión en ciencia y tecnología, tanto del Gobierno como del sector privado, hasta alcanzar niveles aceptables internacionalmente, fomentar la formación de investigadores al más alto nivel en todos los sectores del conocimiento y establecer los estímulos adecuados para fomentar el desarrollo tecnológico en el sector productivo.

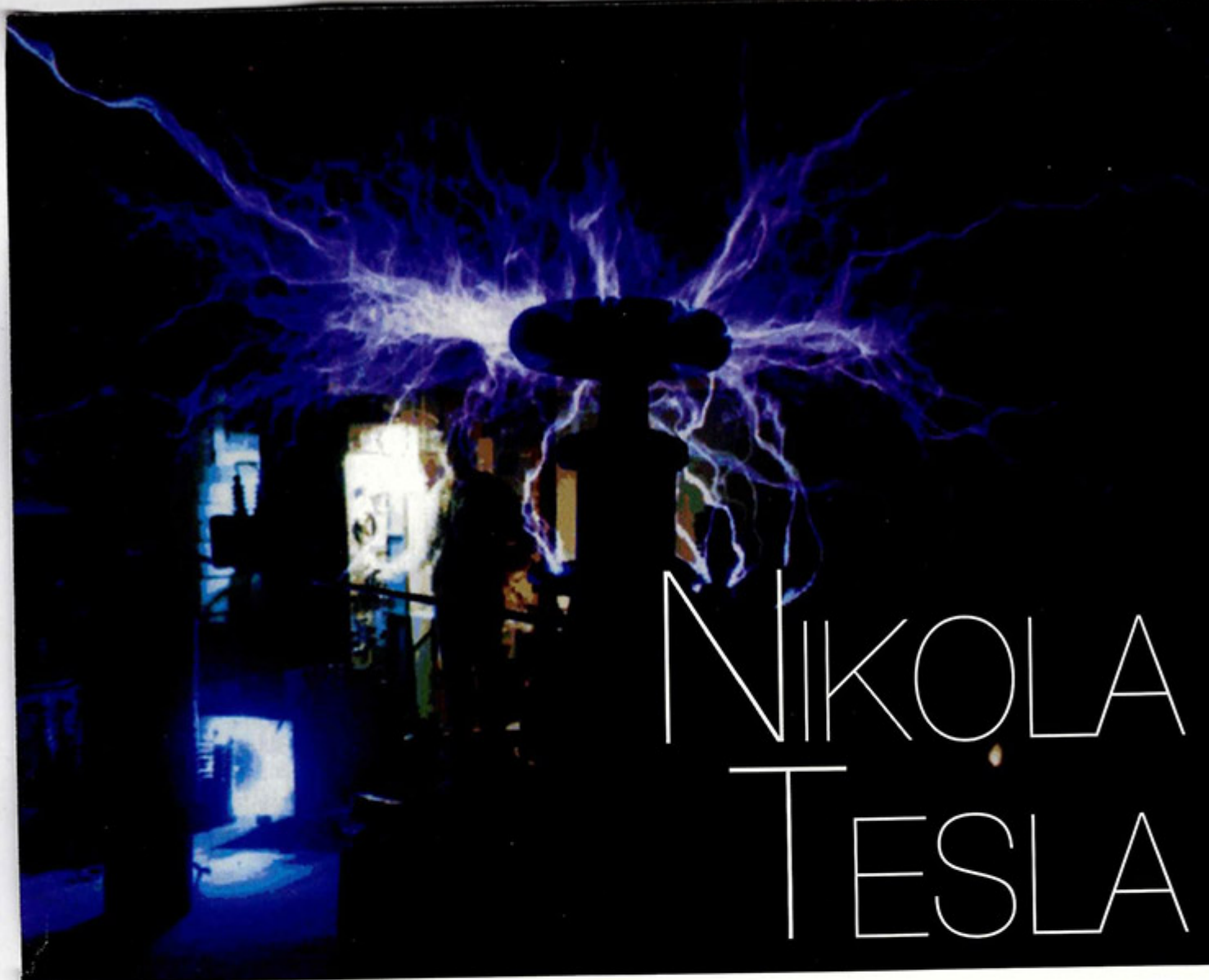
Infortunadamente, los hechos ocurridos en el último año muestran una contradicción total entre la política de fomento de las exportaciones y el apoyo a la ciencia y la tecnología. En efecto, el presupuesto de Colciencias para el año 2000 es el más bajo del último lustro, y la inversión total nacional en este campo ha regresado a los niveles de mediados de los ochenta y se ha situado entre las más bajas del continente. Así mismo, en el proyecto de reforma tributaria que cursa actualmente en el Congreso, se han eliminado totalmente los estímulos tributarios para la inversión en proyectos de investigación y desarrollo, gracias a los cuales se había logrado que la industria privada comenzara tímidamente a invertir en ese sector.

Lo anterior muestra claramente que no hay ninguna coordinación entre las entidades encargadas de la política industrial: el Ministerio de Comercio Exterior y el Ministerio de Desarrollo y las responsables de política fiscal y económica, es decir, el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Hacienda.

Es desafortunado que esto ocurra, especialmente si se tiene en cuenta que el instrumento ideal para que la coordinación se dé es el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y sus once consejos sectoriales, en los cuales tienen participación todos los estamentos mencionados y que, por tanto, constituyen los foros ideales para intercambiar información y concertar políticas comunes. Es, pues, urgente que se aprovechen estos mecanismos y que se ponga a funcionar de manera adecuada el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, considerando la posibilidad de modificar su composición para dar cabida a sectores que en el contexto actual pueden tener un papel más importante.

La grave situación del sector de ciencia y tecnología en Colombia, que hace peligrar los logros alcanzados en la última década, requiere, ahora más que nunca, el esfuerzo común de todos los sectores de la sociedad, Gobierno, empresarios e investigadores, impulsados por la convicción de que lo que está en juego es la supervivencia de uno de los sectores más importantes para el futuro del país. □

**Eduardo Posada Flórez**  
Presidente A.C.A.C.



# NIKOLA TESLA

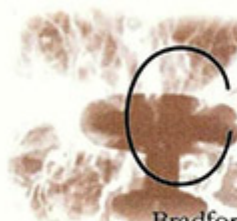
EL HOMBRE  
QUE INVENTÓ  
EL SIGLO XX

## Horacio Torres-Sánchez,

Profesor Titular,

Director del Programa de Investigación PAAS,  
Universidad Nacional de Colombia.

e-mail: htorres@bacata.usc.unal.edu.co



Con este sugestivo título, el mismo de su libro, el profesor Robert Lomas<sup>1</sup> de la Universidad de Bradford, Inglaterra, hace un justo reconocimiento al gran genio olvidado de la electricidad: el ingeniero electricista croata-estadounidense Nikola Tesla, “el hombre que inventó el siglo XX”.

Vivió la mayor parte de su vida (1856-1943) en los Estados Unidos, y desde 1884 hasta su muerte se dedicó a la investigación en diferentes tópicos de la Física: electricidad, electromagnetismo, descargas eléctricas atmosféricas, altas y bajas frecuencias. Todo ello adelantándose en muchas décadas a la Física de su tiempo y abriendo fronteras para dar paso al nacimiento, hoy día, de grandes programas de investigación sobre la atmósfera terrestre.

Por diferentes razones, una de ellas política, sólo se le reconoce vagamente por la unidad de medida física de la densidad del campo magnético que lleva su apellido: el tesla. Sin embargo, sus inventos y descubrimientos —como la corriente alterna, el motor de corriente alterna, el transformador, la radio, el control remoto, la luz fluorescente, la radio imagen (precursor del radar), el velocímetro del

automóvil, entre muchos otros— han contribuido como pocos al desarrollo de la sociedad moderna.

### La Guerra de las Galaxias

Se conoce por la Física moderna que las bolas de fuego (*fireballs* en inglés) son zonas de plasma causadas por flujos de corriente eléctrica. Son hechas de un fuerte campo electromagnético que mantiene ionizado el aire dentro de él. Las bolas de fuego son causadas por un efecto resonante con el campo electromagnético de la Tierra. Para crear una bola de fuego se necesita una gran cantidad de energía; por ejemplo: para formar una de 35 centímetros de diámetro, se necesitan al menos cinco kilovatios. Una vez accionado el plasma, éste resonará con los campos eléctricos y magnéticos de la Tierra y se mantendrá por varios segundos.

De los comentarios de sus notas de los experimentos llevados a cabo en Colorado Springs, USA, es claro el entendimiento que Tesla tenía para crear plasmas electromagnéticos, setenta años antes que el término fuera acuñado por la ciencia moderna. Sus patentes fueron utilizadas como la fuente de la idea de un arma de

coraza de plasma para derribar satélites espía. Esta arma fue construida, probada y exhibida en los Estados Unidos como parte del proyecto Guerra de las Galaxias (*Star Wars*).

### Tesla frente a Einstein

Hoy día las centrales nucleares usan un proceso llamado fisión, el cual produce desechos radiactivos tales como el plutonio. La fusión termonuclear, por el contrario, tiene la ventaja de generar energía limpia de desechos radiactivos.

La fusión, sin embargo, tiene lugar a altas temperaturas y aún no se conoce sustancia en la Tierra que no se derrita si se trata de contener el proceso. Lo único posible para mantener tales materiales calientes sería una botella de plasma. Esto fue exactamente lo que Tesla hizo cuando produjo su bola de rayo (*lightning ball*), y el descubrimiento tenía implicaciones vitales para el estudio de la Física cuántica. Esto llevó a Tesla a un conflicto verbal con Einstein años más tarde, porque sus experimentos convencieron a Tesla de que la gravedad era un efecto de campo, lo cual no estaba de acuerdo con la idea de Einstein de

gravedad como un espacio curvado.

Las máximas invenciones de Nikola Tesla estaban basadas en el estudio de ondas. Él siempre consideró que el sonido, la luz, el calor, los rayos X y las ondas de radio eran fenómenos relacionados que podían ser estudiados usando la misma matemática. Su diferencia con Einstein radicaba en que aquél había extendido este pensamiento a la gravedad.

En la década de 1980 se probó que Tesla tenía razón. Un estudio de pérdida de energía llevado a cabo en una estrella pulsar llamada PSR 1913 + 16 mostró que las ondas gravitatorias existían. La idea de Tesla de que la gravedad era un efecto de campo es ahora tomada más seriamente.

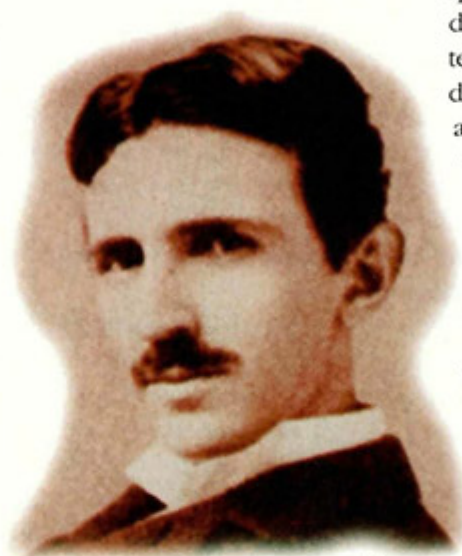
Desgraciadamente, Tesla nunca reveló qué lo había llevado a esta conclusión y nunca escribió sobre su teoría dinámica de la gravedad; solamente expuso sus ideas respecto al tema ante la prensa de Nueva York en una cena de celebración de su cumpleaños, en 1931, en el hotel Grosvener Clinton, en donde vivía.

### Los rayos y la transmisión de potencia eléctrica sin hilos

A finales de 1800 Tesla construyó, en Colorado Springs, USA, un gran laboratorio para experimentos con alta tensión y equipos sensibles para medición de campo eléctrico. Con estos equipos le fue posible medir los efectos de los rayos cuando las tormentas se movían lejos de su laboratorio. Tesla observó con sus instrumentos que la forma de onda de las descargas crecían hasta un pico y luego decrecían antes de repetir

el ciclo total. Hoy día conocemos este tipo de ondas como pulsos tipo rayo que son medidos con antenas de campo eléctrico y osciloscopios.

Tesla se dio cuenta de que este efecto se debía a que la Tierra y su atmósfera estaban cargadas con electricidad, y planteó entonces que



Nikola Tesla.

la transmisión de energía sin hilos no sólo era posible sino práctica, con las siguientes anotaciones tomadas de su libro de notas<sup>2</sup> :

*"Imposible como parece, este planeta, a pesar de su vasta extensión, se comporta como un conductor de dimensiones limitadas. La formidable importancia de este hecho en la transmisión de energía para mi sistema ha quedado clara para mí. No sólo lo práctico para enviar mensajes telegráficos sin hilos a cualquier distancia, sino también para grabar en todo el globo la tenue modulación de la voz humana; más lejos aún: para transmitir potencia eléctrica, en cantidades ilimitadas a cualquier distancia terrestre y casi sin pérdidas.*

*Las observaciones hechas la última noche no son fáciles de olvidar... un maravilloso e interesante resultado desde el punto de vista científico. Esto muestra claramente la existencia de ondas estacionarias. Esto es de importancia inmensa".*

Ahora Tesla estaba seguro de que podía usar sus conocimientos de resonancia para transmitir potencia eléctrica sin hilos. Él ya había descubierto que podía hacer un anillo alrededor de la Tierra, o una campana, con descargas cada dos horas, y que podía también hacerlos resonar eléctricamente.

Tesla encontró que la frecuencia de resonancia eléctrica de la Tierra era alrededor de diez ciclos por segundos. Este resultado fue realmente exacto, pues el valor que en la actualidad se conoce es unos ocho ciclos por segundo.

La Tierra conductiva y la ionosfera conductiva forman juntas una guía de onda que contiene ondas electromagnéticas naturales de extremada baja frecuencia (ELF, por sus siglas en inglés). Estas ondas son generadas por la actividad global de rayos, y el fenómeno se conoce hoy día como Resonancia Schumann.

Varios años después que Tesla descubrió la manera de crear ondas eléctricas permanentes para transmitir potencia alrededor del mundo, el científico alemán W.O. Schumann postuló, en 1952, que la superficie de la Tierra y la ionosfera formaban las fronteras de una guía de onda esférica. Frecuencias extremadamente bajas pueden viajar alrededor de la Tierra dentro de esta cavidad, y su radiación puede ser medida. Los cálculos

una muy baja frecuencia de resonancia de 10 hercios y una cavidad Q de aproximadamente doce. Avances posteriores<sup>3</sup> dieron valores para las cinco primeras frecuencias de resonancia de 8; 14,1; 20,3; 26,4 y 32,5 hercios y una Q de alrededor de cuatro.

entre nuestro grupo de investigación PAAS de la Universidad Nacional con el Massachusetts Institute of Technology - MIT de los Estados Unidos, se hicieron mediciones de Resonancia Schumann en Rod Island<sup>4</sup> y se compararon con tres sistemas localizadores de rayos: dos

glas en inglés), que son estudiadas por diferentes centros de investigación del mundo. Las ondas de radio VLF tienen la ventaja de que pueden ser recibidas en cualquier sitio de la Tierra o en las profundidades del mar para mantener contacto de radio entre naves de superficie y submarinos.

Los trabajos de Tesla, sin embargo, no fueron explotados sino muchos años después de su muerte, y aún falta por desarrollar su idea de la transmisión de potencia eléctrica sin hilos, a partir de la resonancia eléctrica en la cavidad Schumann.

## LA IDEA DE TESLA DE QUE LA GRAVEDAD ERA UN EFECTO DE CAMPO ES AHORA TOMADA MÁS SERIAMENTE.

La principal fuente de la Resonancia Schumann es la actividad global de rayos. El rayo es un radiador de energía electromagnética de banda ancha. Una fracción de esta energía cae dentro de una banda estrecha de 5 a 45 hercios y resuena dentro de la

en los Estados Unidos (NLDS<sup>5</sup> y el Atlántico) y el otro localizado en Colombia (RECMA<sup>6</sup>).

Los trabajos de Tesla en radio fueron más avanzados que los de Hertz y Marconi, los otros precursores de la transmisión sin hilos. Ellos usaron muchas más altas

### La Telefuerza

En 1940, unos meses después de su octogésimo cumpleaños, Tesla concedió una entrevista al periódico *New York Times* que fue publicada el 22 de septiembre:

*"Nikola Tesla, uno de los máximos inventores, que celebró su octogésimo aniversario el 10 de julio, dijo a los periodistas que se encontraba listo a divulgar al gobierno de los Estados Unidos el secreto de su 'Telefuerza', con la cual, dijo, los motores de los aeroplanos podrían ser fundidos desde distancias de 250 millas, tal que una Muralla China de defensa podría ser construida alrededor del país".*

Los periodistas le dieron el nombre de "Rayo de la Muerte" a su "Telefuerza". En 1941, los Estados Unidos entraron de lleno a la Segunda Guerra Mundial, y el 5 de enero de 1943 Tesla habló con el coronel Erskine, del Departamento de Defensa, y le ofreció los secretos de su arma "Telefuerza". Erskine olvidó quién era Tesla, supuso que era un loco y lo ignoró. Ese mismo día,



Instituto Tesla.  
(Colorado Springs, USA).

guía esférica formada por la Tierra y la ionosfera. Estos campos se propagan dentro de la cavidad y pueden ser observados y medidos a grandes distancias de la fuente. De hecho, entre 1995 y 1996, mediante un trabajo de cooperación

frecuencias que no resonaban con la Tierra. Tesla usó longitudes de onda muy largas para sus ondas de radio. Ellas viajan fácilmente alrededor de la Tierra, y hoy día se conocen como ondas tipo muy baja frecuencia (VLF, por sus si-



Nikola Tesla, "El hombre que inventó el siglo XX".

Tesla murió solitario en una habitación de un hotel de Nueva York, y su cadáver fue encontrado por una empleada el viernes 8 de enero.

Esa misma noche, el coronel Erskine llamó a la FBI y les dijo que Tesla había muerto. La FBI consultó al consejero de asuntos científicos del vicepresidente Wallace, quien dio la orden de no perder tiempo en hacer lo necesario para preservar todas las pertenencias de Tesla, pues éste había completado y perfeccionado sus experimentos de la transmisión de potencia eléctrica sin hilos y un nuevo torpedo. Los planos y un modelo que había costado 10.000 dólares estaban en la caja de seguridad del hotel *Grosvoner Clinton*, pues Tesla los había guardado allí en 1932. El modelo era la "Telefuerza" de Tesla.

Un memorando enviado por el director de la FBI, Edgar J. Hoover, instruyó que "todo lo concerniente con Nikola Tesla debe ser manejado dentro del máximo sigilo, para evitar cualquier publicidad respecto a sus inventos y tomar las precauciones para preservar los secretos de estas invenciones". De esta manera, la vida de Tesla fue declarada *Top Secret* y su nombre llevado al olvido.

Irónicamente, la "Telefuerza" de Tesla fue real y, recientemente, la ciencia la está aplicando. El 18 de octubre de 1993, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos anunció el inicio de la construcción de una estación experimental de investigación ionosférica en Gakona, Alaska. Esta estación, conocida como programa HAARP (*High Frequency Active Auroral Research Program*), involucra a las universidades de Alaska, Massachusetts, Stanford, Penn State, Tulsa, Clemson, Maryland, Cornell, UCLA y MIT en sus programas de experimentos para estudiar las propiedades resonantes de la Tierra y su atmósfera. La relación con el trabajo de Tesla es clara. HAARP está estudiando exactamente los mismos fenómenos que Tesla consideró hace más de 100 años en Colorado Springs.

HAARP está basado en las ideas del científico Bernard Eastlund, quien tiene tres patentes norteamericanas (4,686,605 - 4,712,158 - 5,038,664) que han sido publicadas como mejoras hechas a las patentes de Tesla tras las pruebas de éste en Colorado. Los títulos de las patentes son:

1. Métodos y aparatos para alterar una región en la atmósfera de la Tierra.
2. Ionosfera y magnetosfera, métodos y aparatos para crear un ciclotrón artificial calentando una región de plasma.
3. Método para producir una coraza de partículas a cierta altura sobre la superficie de la Tierra.

Esta última patente, la cual describe una pantalla antimisiles que puede destruir la electrónica de misiles hostiles o satélites, es la realización de la "Telefuerza" de Tesla. Este trabajo se hace creando un paquete de plasma de partículas de alta energía, como las

bolas de rayo que generó Tesla en Colorado, pero a gran escala.

Hay otro hecho significativo sobre uno de los trabajos de Tesla: haber ganado una batalla jurídica contra Marconi por su patente cuando, seis meses después de su muerte, la Alta Corte de los Estados Unidos confirmó que Nikola Tesla era quien realmente había inventado la radio. Esto fue sólo un justo reconocimiento póstumo, pues ambas patentes habían expirado y ambos inventores ya habían muerto.

Nikola Tesla murió como había vivido: solitario y trabajando. Fue muy individualista y nunca formó una relación cercana con hombre o mujer algunos, a pesar de su amplia cultura y el dominio de varios idiomas. El arquetipo del científico del siglo XIX.

Su memoria fue confinada a años de oscuridad por su último alarmante ofrecimiento, que le produjo pánico al gobierno estadounidense en tiempos de guerra.

Fue un ingeniero brillante que iba más allá de la teoría; un profeta que realmente vio el futuro pero que, injustamente, no fue reconocido en su tiempo y aún hoy muchos intentan desconocerlo.

#### Referencias:

1. **Lomas, R.**: The man who invented the twentieth century, Ed. *Headline Book Publishing, London, 1999.*
2. **Idem 1**, traducción libre.
3. **Balser y Wagner, 1960.**
4. **Morrison, K.**: Schumann Resonance Q-Burst, *BSc. Thesis MIT, Sept. 1996.*
5. National Lightning Detection System.
6. *Sistema de Información de Descargas de Propiedad de ISA* □



# XIII CONVENCION CIENTIFICA NACIONAL

## CAMPO, PRODUCTIVIDAD Y PAZ

NOVIEMBRE 1 A 4 DE 2000  
PEREIRA, RISARALDA - COLOMBIA

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, A.C.A.C., entidad privada sin ánimo de lucro, organiza desde hace 30 años la CONVENCION CIENTIFICA NACIONAL con el fin de ofrecer a los investigadores colombianos y a todas las personas interesadas en el desarrollo y las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, un espacio de encuentro interdisciplinario para la presentación de resultados de investigación.

La XIII Convención Científica Nacional, contribuirá a la reconstrucción y al fortalecimiento del Eje Cafetero mediante la presentación del estado actual de las tecnologías aplicadas a las ciencias agrícolas y la biodiversidad en el país, en el marco de la problemática de ciencia, tecnología y sociedad en paz.

### TEMAS

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD:** Problemática social, Paz, Educación rural, Educación para el trabajo, Reconstrucción del Eje Cafetero, Política regional.

**CIENCIAS AGRÍCOLAS:** Investigación agrícola, Biotecnología, Políticas de desarrollo agrícola, Legislación internacional, El Café.

**BIODIVERSIDAD:** Preservación del medio ambiente, Aprovechamiento de los recursos naturales, Legislación ambiental.

### ACTIVIDADES PARALELAS

- FERIA REGIONAL JUVENIL DE LA CIENCIA
- MUESTRA CULTURAL
- EXPOSICIÓN COMERCIAL
- ENCUESTRO EMPRESARIAL

### PROGRAMACIÓN ACADÉMICA

- CONFERENCIAS Y PANELES
- TALLERES Y MESAS DE TRABAJO
- PRESENTACIÓN ORAL Y AFICHES

### SEDE DEL EVENTO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
Pereira, Risaralda

FECHA LÍMITE PARA LA INSCRIPCIÓN DE TRABAJOS  
30 DE SEPTIEMBRE DE 2000



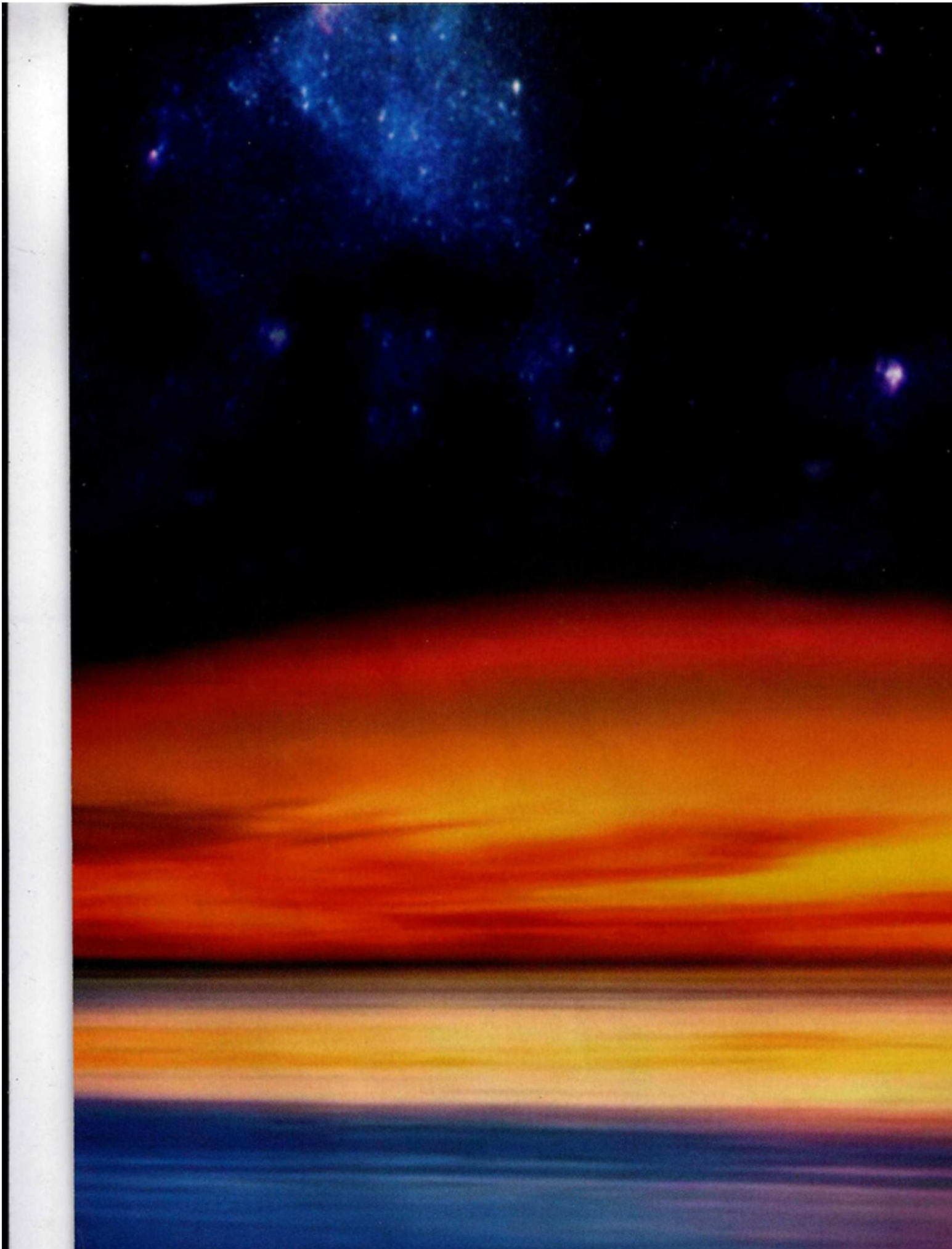
ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA  
A.C.A.C.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
DE PEREIRA

### INFORMES:

- A.C.A.C. Carrera 50 No. 27-70 • Edificio Camilo Torres Bloque C Módulo 3
- Santa Fe de Bogotá, D.C. Colombia • Teléfonos: 315 5900 - 315 0728 Fax: 221 6769 • E-mail: acac@col.net.co



# ARENA Y ESTRELLAS

**David R. Ardila**

Departamento de Astronomía,  
Universidad de California, Berkeley.  
e-mail: ardila@garavito.berkeley.edu



A

Intentar dormir, un pensamiento increíble nos llega en la oscuridad: ¡hay más estrellas en el universo que granos de arena en todas las playas de la Tierra! Pero si tomamos un puñado de arena, ¡hay tantos átomos en la arena como estrellas en el universo!

Es fácil hacer este cálculo, al menos en orden de magnitud. Orden de magnitud significa que la precisión del cálculo está limitada a potencias de diez: en este sentido, 1 es igual a 2 6 3 6 5. La Vía Láctea, nuestra galaxia, tiene 100.000 millones de estrellas. En promedio hay una galaxia por cada millón cúbico de años-luz. El universo observable (el que en principio podemos ver) tiene 15 mil millones de años-luz de radio. Esto significa que el universo tiene  $3,4 \times 10^{23}$  estrellas.

Un grano de arena tiene, digamos, medio milímetro de longi-

tud y ocupa, entonces, 0,25 milímetros cuadrados. En una playa de un kilómetro de largo por cinco metros de ancho hay, entonces,  $2 \times 10^{10}$  granos de arena. Para obtener el mismo número de estrellas, necesitaríamos  $10^{13}$  playas como la que se describe, que ocuparían  $5 \times 10^{13}$  km cuadrados. Pero la superficie de la Tierra es del orden de  $10^8$  km cuadrados: ¡no hay suficiente tierra para tantas estrellas! Los números cambian un poco si consideramos que una playa no es plana aunque tiene profundidad. Sin embargo, el resultado final es igual: el número de estrellas es inconcebiblemente mayor que el número de granos de arena.

Ahora hablemos de los átomos. La arena está compuesta principalmente de óxido de silicio. Cuarenta gramos de arena tienen entonces  $10^{24}$  átomos. En un puñado de arena hay, supon-

gamos, cinco gramos, o sea  $10^{23}$  átomos. ¡Cien veces más átomos que estrellas en el universo!

La idea de hacer estos cálculos nos produce un placer muy real, por varias razones: es inesperada; une los cielos y la Tierra; nos recuerda qué tan grande y qué tan pequeño es el universo. Cuando caminamos por una playa, los granos de arena están en todas partes, indistinguibles, casi continuos, casi infinitos. Cuando nos inclinamos en la playa y tomamos un puñado, vemos que las partículas de arena son discretas. En ese puñado hay más átomos que estrellas en el universo. La idea de que nuestro objeto de estudio –las estrellas– sea finito, contenible en una mano, nos produce placer. Repentinamente las estrellas, tan difíciles de cuantificar en el día, durante la noche se vuelven solamente un subconjunto de un puñado de arena.

Lo que nos mantendrá despiertos es una nueva idea, en lugar de los miles de detalles que ocupan nuestro día, y que son definitivamente menos románticos que la arena y las estrellas: investigar "agujas en pajares" buscando regularidades en los vientos que soplan alrededor de estrellas jóvenes. Desde fuera, cualquier cosa relacionada con la Astronomía tiene un sabor romántico, casi heroico. Pero el pan de cada día es muy diferente de la idea del astrónomo solitario que contempla y entiende el cosmos. Las largas noches empleadas en escudriñar el cielo con poderosos telescopios en Chile, Hawai o California, producen datos que, después de días de proceso, son difíciles de interpretar, equívocos. Por eso, el placer de la arena y su relación con las estrellas es tan vívido. Nos recuerda que todavía hay muchas cosas por descubrir y muchas ideas increíbles por explorar.

Pero ¿es verdad? Martin Harwit, profesor de Astronomía en Cornell University, escribió en 1981 un libro llamado *Cosmic Discovery*.<sup>1</sup> El libro es el resultado de una exploración del autor para tratar de hacer explícitos los elementos que entran en los nuevos descubrimientos astronómicos. La sorprendente conclusión del libro es que el número de fenómenos que se pueden descubrir en el universo es finito, ¡aproximadamente ciento treinta, según el autor!

Harwit se pregunta: ¿Qué fenómenos caracterizan al universo? Mirando los textos de Astronomía y las fuentes bibliográficas comunes, compila una lista de 43 fenómenos que inclu-

yen estrellas, planetas, cometas, cúmulos de galaxias, gas interestelar, rayos cósmicos, estrellas variables, pulsares, etc. Su lista ya es un poco obsoleta, pues no incluye planetas alrededor de otras estrellas o enanas marrones, ambos descubrimientos de mediados de los noventa. La lista muestra que la velocidad a la que se descubren nuevos fenómenos se incrementa con el tiempo. Sin embargo, la observación importante que él hace es que hay ciertos descubrimientos que se repiten. Esta "repetición" es definida por Harwit como una observación que se puede hacer correctamente con dos instrumentos cuyas características—por ejemplo, la longitud de onda de la luz usada en la detección—difieren al menos en un factor de 1.000.

Desde la antigüedad, por ejemplo, las observaciones han demostrado que Júpiter es un planeta, y la revolución científica del siglo XVII, cuando se impuso el modelo copernicano, hizo posible entender su movimiento. En 1955 se descubrió, por accidente,



interestelar frío, el que forma brazos de nuestra galaxia, descubierto primero a principios de siglo por medio de las líneas de absorción que produce en espectros ópticos. Después fue redescubierto en los años cincuenta en ondas de radio, usando la famosa emisión de 21 cm del hidrógeno.

El hecho de que ciertos descubrimientos se repitan implica que el número de éstos es finito.

## EN UN PUÑADO DE ARENA HAY MAS ÁTOMOS QUE ESTRELLAS EN EL UNIVERSO.

que Júpiter tenía intensa emisión en ondas de radio. Es decir, si los seres humanos fueran ciegos, Júpiter habría sido descubierto en 1955. Otro ejemplo: el medio

Imaginemos una línea, con todos los números enteros de 1 a infinito. Supongamos que numeramos al azar los fenómenos (incluyendo los que no se han descubiertos).



por ejemplo, 1 es el medio interestelar; 2, los pulsares, etc. Si escogemos dos números al azar, la probabilidad de que los números sean repetidos es cero. Pero los fenómenos se repiten: esto significa que la línea no es infinita. Por tanto, el número de descubrimientos es finito. Con un argumento similar, Harwit llega a la conclusión de que el número de fenómenos diferentes en el universo puede variar entre 130 y 500 y que en el año 2200 habremos descubierto noventa por ciento de ellos.

La simplicidad del argumento es devastadora.

La idea es similar en espíritu (aunque la forma difiera sustancialmente) al pensamiento de Stephen Hawking, de que la Física teórica está llegando a su fin.<sup>2</sup> Todo será, finalmente, descubierto; todas las grandes preguntas tendrán respuesta.

Hay algo triste en esta idea. Ese placer de encontrar algo nuevo, algo que no se haya visto antes, no es un placer eterno. En algún momento, el pozo se seca. El concepto de "progreso" ha sido rebatido en casi todos los campos del quehacer humano, excepto en ciencia, donde todavía pensamos que el presente es mejor que el pasado, y que el futuro será todavía mejor. La idea de que el número de fenómenos nuevos en Astronomía sea finito implica que el progreso, al menos en este campo, va a llegar a su fin en algún momento.

Pero ¿importa? Nuestro cálculo acerca del número de estrellas y de átomos no "descubre" nada nuevo: solamente ilumina una parte de la naturaleza de una manera diferente; pero el placer del descubrimiento sigue ahí. Según esta línea de pensamiento, el placer de hacer ciencia es un placer personal, que poco tiene que ver con lo que se sabe o no del universo. Es el placer de una ecuación bella, o de un hecho inesperado, o de una conexión nueva.

Esta concepción es un poco utópica. Al fin de cuentas, la ciencia no se desarrolla en el vacío: se necesita gente entrenada, científicos profesionales (que implican un costo) y equipos (que implican un costo aún mayor). El dinero proviene, generalmente, de agencias del gobierno como Colciencias, a las cuales hay que convencer de que lo que uno está haciendo es interesante, importante y diferente. Si el argumento de nueva ciencia es imposible de probar, la actividad se convierte en ciencia del siglo XVIII, o en pasatiempo de fin de semana para aquellos individuos que tengan dinero y tiempo libre, o fluidez de pensamientos a la hora de dormir.

Sin embargo, aun creyéndole a Harwit, el futuro de la Astronomía no es tan gris. Otros campos han sobrevivido a los que profetizan el fin de los tiempos. Las leyes fundamentales que rigen el comportamiento de la Materia Condensada (el área de la Física que estudia el comportamiento de sólidos y líquidos), por ejemplo, se conocen desde la década de los treinta. Eso no ha impedido que científicos jóvenes se dediquen

con entusiasmo a este campo de la Física, buscando relaciones, explicando fenómenos, intentando alcanzar una claridad en la descripción de la materia que, aunque está implícita en las ecuaciones de la mecánica cuántica, no es evidente inicialmente. La Materia Condensada es el campo más popular de la Física, y la gente que trabaja en él seguramente puede argüir que está descubriendo cosas nuevas. En este sentido, la ciencia sólo está limitada por nuestra imaginación.

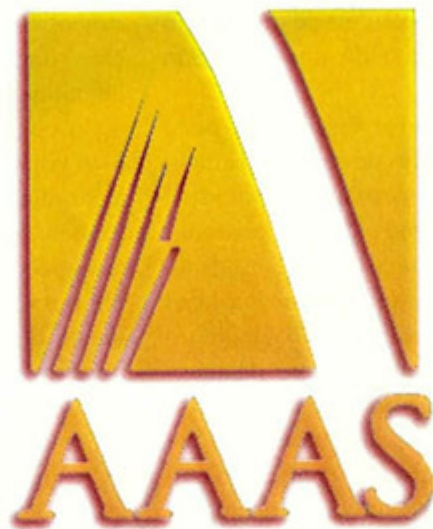
Debemos admitir que gusta más la perspectiva de que la Astronomía no se acabará cuando se acaben los fenómenos nuevos, aunque sus razones tengan matices puramente subjetivos. El momento de "Eureka" es personal y no tiene que ver con el contenido. En este sentido, la ciencia, como algunos modelos del universo, es finita pero ilimitada. Cuando alguien más medita por primera vez en la naturaleza de las estrellas o de la arena, todo comienza de nuevo.

La pregunta ahora es: ¿qué tan grande debería ser el universo para que el número de estrellas fuera igual al número de átomos de la Tierra? El sueño nos alcanza y contemplando galaxias finalmente nos quedamos dormidos.

#### Referencias:

1. **Harwit, M.:** *Cosmic Discovery: The Search, Scope & Heritage of Astronomy*, Brighton: The Harvester Press, 1981.
2. **Hawking, S.:** *A Brief History of Time*, New York: Bantam, 1988. □

# DECLARACIÓN DE EN WASHINGTON



La Federación de Asociaciones Nacionales para el Avance y el Progreso de la Ciencia de las Américas (Interciencia), en su reunión anual celebrada los días 21 y 22 de febrero de 2000 en Washington D.C., con la asistencia de delegados de 18 países del hemisferio, realizó un profundo y amplio debate sobre la situación de la ciencia en el hemisferio. En el transcurso de la reunión, los miembros de Interciencia tuvieron la oportunidad de intercambiar ideas y opiniones con distinguidos miembros de la

comunidad científica de los Estados Unidos de América y representantes de instituciones científicas y organismos regionales tales como la National Science Foundation, la American Association for the Advancement of Science, la Organización de Estados Americanos, el Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud. Como resultado del enriquecedor debate y los informes presentados por cada asociación nacional, la Asamblea de Delegados de Interciencia aprobó por unanimidad la presente declaración y recomendó hacerla llegar a todos los gobiernos del hemisferio, a los organismos nacionales de ciencia y tecnología, a los organismos regionales interesados en el tema y a la comunidad científica de los países del hemisferio.

*Interciencia, organismo regional no oficial formado por las asociaciones nacionales para el avance de la ciencia de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Trinidad y*

# INTERCIENCIA

*Tobago, Canadá, Estados Unidos de América, Uruguay y Venezuela, después de un serio y profundo debate sobre la situación de la ciencia en el hemisferio, DECLARA:*

*1. Que es bien reconocida y aceptada la importancia que la ciencia y la tecnología tienen para el desarrollo económico y social y el mejoramiento de la calidad de vida.*

*2. Que aquellos países que invierten en ciencia y tecnología, de manera sostenible, alcanzan niveles de desarrollo y competitividad muy superiores a los que no lo hacen.*

*3. Que es inquietante la tendencia, en la mayoría de los países latinoamericanos y del Caribe, a disminuir la inversión en ciencia y tecnología, la cual no alcanza los niveles mínimos recomendados por los organismos internacionales para conseguir un desarrollo sostenible. Contrario a esta tendencia, se aprecia un aumento en el financiamiento de actividades de investigación y desarrollo, y en general en ciencia y tecnología, de los gobiernos de los países desarrollados, lo que*

*aumenta la brecha existente entre unos y otros.*

*4. Que es así mismo inquietante la falta de continuidad, en general, de las políticas científicas enunciadas por los gobiernos, cuando éstos, como es usual en democracia, cambian. No se reconoce que las actividades científicas y tecnológicas producen resultados a mediano y a largo plazo.*

*5. Que existe una tendencia en los círculos de poder a desestimar la investigación básica, necesaria para alcanzar una capacidad científica nacional adecuada, base para el desarrollo y la innovación tecnológica.*

*En consecuencia, la Asamblea de Delegados de Interciencia, reunida en Washington, D.C., recomienda:*

*1. A los gobiernos del hemisferio que incrementen significativamente el apoyo, el financiamiento y la cooperación para fomentar y reforzar la investigación y las actividades científicas y tecnológicas en los países de la región.*

*2. A los organismos regionales e internacionales que desarrollen políticas de financiamiento y cooperación para fomentar y*

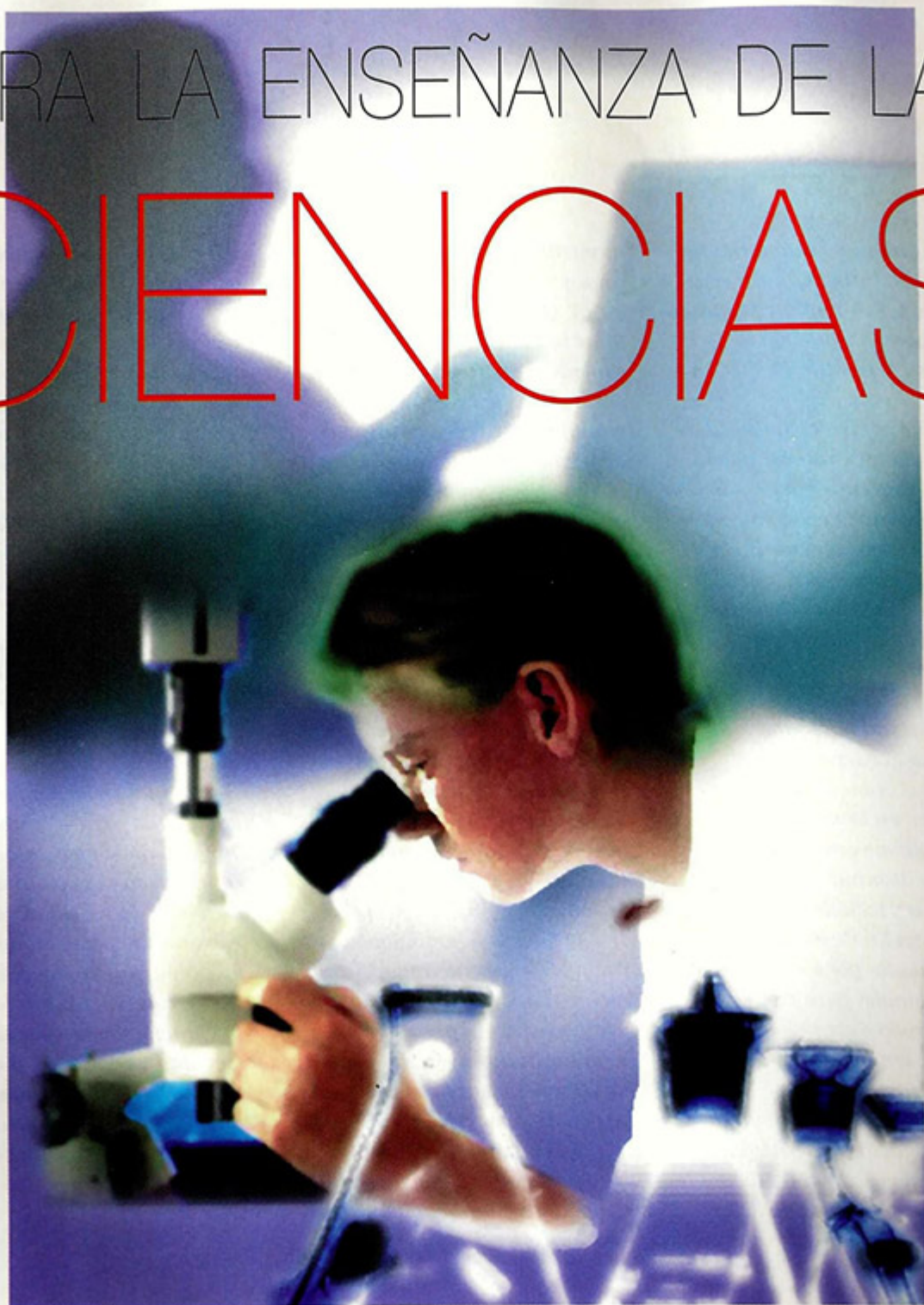
*reforzar la investigación y las actividades científicas y tecnológicas en los países de la región.*

*3. A los organismos nacionales de ciencia y tecnología que se comprometan a darles continuidad a las políticas coherentes de ciencia y tecnología, como único medio de obtener resultados con influencia en la sociedad, y a construir en cada país una capacidad científica nacional eficiente, lo cual es indispensable para un verdadero desarrollo económico y social sostenible.*

*4. A las asociaciones nacionales para el avance y el progreso de la ciencia que, en conjunto con la comunidad científica, la sociedad civil y los gobiernos respectivos, impulsen las políticas y las actividades necesarias para lograr la integración de la ciencia con la sociedad y construir en cada país una capacidad científica nacional eficiente, lo cual es indispensable para un verdadero desarrollo económico y social sostenible. □*

---

PROPUESTA DE REFORMA  
PARA LA ENSEÑANZA DE LAS  
CIENCIAS



## Leon M. Lederman

Premio Nobel de Física  
Director emérito, FERMILAB  
Illinois, Estados Unidos  
e-mail: lederman@fnal.gov



urante los últimos cinco años, un grupo de nosotros ha estado tratando de conseguir apoyo para lograr un cambio revolucionario en los currículos de ciencia en la educación media. Estamos motivados por la amplia aceptación de los estándares nacionales de ciencias y matemáticas, un gran avance en una nación obsesionada por el control local. Sin embargo, estamos decepcionados por el fracaso general de los movimientos en pro de las reformas escolares que, seguramente, harán que nuestras más deslumbrantes propuestas se conviertan en *"lo que hay que hacer este año"*, y estamos desmotivados por la sorprendente resistencia al cambio que presentan los sistemas escolares.

La necesidad de esta drástica reforma es apremiante y las condiciones para su éxito son particularmente oportunas. La educación está *"in"* entre los políticos y los concejos de padres. Los nuevos patrones de las matemáticas y las ciencias han alcanzado amplio consenso y hay una creciente conciencia de que los colegios no están preparando a sus estudiantes para enfrentar el mundo en el que van a crecer.

¿Qué clase de mundo será éste? Es común ahora describir el mundo actual como de cambios sin precedentes, un torbellino de

ideas, de información, de invención y de una creciente explosión de tecnología basada en la ciencia. Las perspectivas de cambio acelerado son enormes: la base de conocimiento del mundo actualmente se duplica cada ocho años, y para el año 2020 se estima que el tiempo de duplicación será de 76 días. Este crecimiento explosivo verá la extensión del tiempo de vida de los seres humanos, hará posible la consecución de supercomputadores de cien dólares, de dinero cibernético, de medicamentos diseñados especialmente, de transporte ferroviario subterráneo supersónico y, súmenle a todo esto algunas predicciones de su rama favorita de la ciencia ficción. La marcha aumenta porque la ciencia y la tecnología crean salud y aumentan el poder para generar más ciencia y más tecnología. La globalización se suma a este torbellino. ¡Y no olvidemos los avances de la Biología!

Los físicos y los químicos deben rendir homenaje a la espectacular revolución de la Biología moderna: la profundidad y el cubrimiento de la nueva Biología son impresionantes. La Biología molecular tendrá una profunda influencia en nuestra comprensión de los sistemas vivos, de la naturaleza del comportamiento humano y, en última instancia, del problema de la mente y la conciencia. La biotecnología podría muy bien exceder la influencia de la microelectrónica como una maquinaria de cambio. Las consecuencias económicas y sociales son vastas y esencialmente impredecibles. Como señala James Trefil: "En lo básico, todo tema molecular, desde el desarrollo de nuevos medicamentos

hasta el descubrimiento de las causas del cáncer, se reduce a un simple hecho: las cosas vivas funcionan porque las moléculas encajan como piezas de un rompecabezas". Es aquí donde la Química y la Física juegan un papel esencial, suministrando las herramientas de análisis y los procesos básicos que producen estos encajes.

La gran mayoría de las escuelas de educación secundaria comienzan por enseñar Biología, luego Química y para los que sobreviven a esta etapa, Física en los últimos grados. Desde cualquier criterio lógico, científico o pedagógico, este orden es equivocado. Un currículo de ciencia debería tener, por lo menos, tres años de ciencias y tres años de matemáticas. El orden coherente comienza por Física; después Química, con énfasis especial en la estructura atómica para estudiar la formación de las moléculas y, finalmente, concluir con Biología molecular.

El consenso de nuestro grupo es que hay una jerarquía en las ciencias dictada por la lógica. Los argumentos sobre la necesidad de altos niveles de matemáticas o de capacidad de abstracción para poder enseñar Física no se apoyan en un razonamiento definitivo. En la secuencia que proponemos, la Física y el estudio de los átomos subyace tras la Química; y la Física y la Química son la base de la Biología moderna. Las ciencias y las matemáticas pueden, entonces, entrelazarse en un todo coherente, haciendo uso de lo que ha sido conocido a fondo para avanzar en una unidad lógica y cabal. Hay muchos temas de convergencia: transformaciones de energía, sime-



siguiente paso natural invitar a los profesores de Historia, y a los de Arte y Literatura a ayudar a desarrollar esas conexiones de los campos de aprendizaje que el profesor E. O. Wilson llama "Consilience"?

Subrayamos que éste es un diseño para todos los estudiantes, cualquiera que sea su interés: trabajo, estudios superiores, ciencia y tecnología o arte. Un currículo central, sólido, logrará un aumento en el número de futuros científicos.

Al motivar la necesidad de esta reforma educativa, tratamos de proyectar el mundo de cambio del siglo XXI en el estudiante y en la sociedad en que vive. Y, por supuesto, debemos compartir esta motivación con nuestros estudiantes. Ellos seguramente experimentarán una creciente confianza de los empleadores en computadoras y robots para hacer las tareas rutinarias tanto en la casa como en las fábricas. Esto, a su turno, incrementará la necesidad de educar individuos que puedan dar soluciones a los problemas no programables y encontrar respuestas a situaciones nuevas y a problemas imprevistos.

Las industrias crecientes de hoy son las de computadoras, programas, robótica, materiales para la ciencia, procesamientos digitales, fibra óptica, acopio de información, procesamiento y cobranza, superconductividad, nanotecnología, aeronáutica espacial, servicios financieros, entretenimiento, saneamiento ambiental, farmacéutica, internet... Muchas de estas industrias eran desconocidas hace sólo unas décadas. Algunas son todavía especulativas. Éstos son los trabajos de hoy y mañana.

Se revela una imagen del futuro cualitativamente distinta del mundo del profesor y de los padres de hoy. Ésta puede ser resumida en un nuevo énfasis en el conocimiento y en el uso del conocimiento, en contraste con la era industrial o, incluso, con la era electrónica. Los requisitos de la fuerza laboral cambian rápidamente ahora, pues exigen una continua capacidad de traducir habilidades del pensamiento a nuevas áreas y nuevos contextos.

Las nuevas tareas para una educación equitativa en nuestra sociedad democrática deberán enfrentar el fenómeno del cambio, anticipar las direcciones de tal cambio y mantener a todos y a cada uno de los estudiantes en capacidad de alcanzar la sabiduría de la ciencia, tan necesaria como lo es la sabiduría callejera para enfrentar los problemas de la ciudad.

El empleo dependerá de la educación para tareas, apenas visualizadas hoy, pero que seguramente demandarán habilidades de pensamiento que emergerán de una sólida educación en ciencia y matemática como la que proponemos.

Para que nuestro discurso no sea malentendido, la naturaleza cambiante de nuestra sociedad incrementa la necesidad de que nuestros estudiantes absorban algo de la sabiduría de las humanidades y de la experiencia y las lecciones de las ciencias sociales. La reforma educativa que estamos proponiendo servirá para reducir las barreras entre Física, Química y Biología y buscar caminos unificados. Pero también soñamos con disminuir la distancia entre las ciencias, las artes, las humanidades y las ciencias sociales. Cuanta más ciencia sepamos, más factible será el sueño.

¿Por qué es esto importante? Aun cuando seamos exitosos y nuestros estudiantes y ciudadanos tengan ahora un cómodo acceso al conocimiento de base y a los procesos a través de los cuales esta base se expande, permanece una inquietud: los colegios también deben contribuir a realizar los ajustes sociales y culturales que requiere el milenio. Nuestros estudiantes deben entender lo que significa vivir en una sociedad democrática. "La sabiduría", dijo un hombre sabio, "se manifiesta en sí misma en la aplicación del conocimiento a las necesidades humanas".

#### Referencias:

- AAAS. *Project 2061, Benchmarks for Science Literacy*, Oxford Univ. Press. New York, 1993.
- E. O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge* Knopf, New York, 1998.
- M. Fullan, *Change Forces: Probing the Depths of Educational Reform*. Falmer Press. London, p. Ix., 1993.
- National Research Council, *National Science Education Standards*. National Academy Press Washington, DC, 1996.
- National Commission on Excellence in Education (NCEE). *A Nation at Risk: The imperative for Educational Reform*. NCEE, Washington, DC., 1983.
- W. H. Leonard and J.E. Penick, Eds. *Biology: A Community Context*. South-Western Educational Publishing, Cincinnati, OH. P. 207, 1998. □

# WWW

## Salud en internet



Presentamos en esta edición una selección de las páginas más consultadas sobre temas médicos. Se incluyen temas específicos, como también servicios de consulta en línea para el público en general.

### [www.alegorica.com](http://www.alegorica.com)

Se trata de la primera página médica hecha en Colombia para internet. La página ofrece asesorías en temas de salud, Ley 100/93, seguridad social en salud, responsabilidad médica, Odontología y Psicología, entre otros temas. La página es realizada por médicos de diversas especialidades y por un grupo interdisciplinario en el que se encuentran abogados, psicólogos, odontólogos, optómetras e ingenieros. ¡Recomendada!



### [www.drwebsa.com.ar](http://www.drwebsa.com.ar)

Ofrece información sobre diabetes. Allí se puede encontrar el archivo de *software* de gestión para el diabético o para su médico, especialmente AIDA, simulador de ajuste dietario y de la insulinemia en pacientes insulino-dependientes.

### [www.neuro.wustl.edu/neuromuscular](http://www.neuro.wustl.edu/neuromuscular)

La Escuela de Medicina de la Universidad de Washington ha desarrollado una página muy completa y actualizada con temas relacionados con patologías, moléculas, miopatías, neuropatías, síndromes y evaluaciones neuromusculares, entre muchos otros temas.



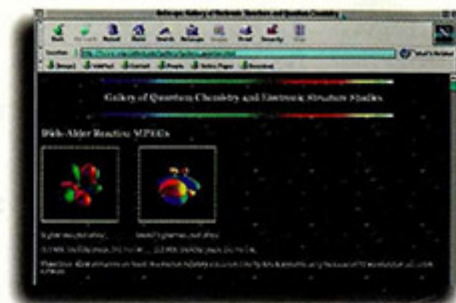
### [www.cyberweb.es/~casuscel](http://www.cyberweb.es/~casuscel)

Odontología en la red: "www.cyberweb.es/~casuscel": Es una página española dedicada a la salud oral.

## Química y Biología molecular

[http://www.wag.coltech.edu/gallery/gallery\\_quantum.html](http://www.wag.coltech.edu/gallery/gallery_quantum.html)

Aquí se pueden observar algunos ejemplos de orbitales, hibridaciones y algunas simulaciones de reacciones químicas. Es útil para entender un poco más la ubicación de los electrones en los orbitales que ocupan y para ver cuál es su participación en las reacciones que allí se ilustran. También da una pequeña muestra de nanotecnología, al simular una máquina molecular en acción.



<http://www.wilson.ucsd.edu/education/gchem/molecorb/molecorb.html>

En esta página se encuentra una explicación gráfica de cómo se forman los orbitales moleculares a partir de orbitales atómicos.

En los ejemplos se puede observar la formación de enlaces en uniones heteronucleares, los diferentes tipos de hibridación del carbono y del benceno y la formación de uniones en moléculas grandes.

[http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/bio/amino-acids\\_en.html](http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/bio/amino-acids_en.html)

Esta página contiene una descripción de los veinte aminoácidos que conforman las proteínas. Presenta su símbolo y fórmula molecular, así como una descripción detallada de los mismos incluyendo representación, peso molecular, punto isoeléctrico y además un modelo molecular en tres dimensiones.

<http://www.watertown.k12.wi.us/hs/teachers/buescher/atomtime.html>

Esta página ha sido creada en Watertown High School, y presenta un resumen muy completo sobre la historia del modelo atómico desde sus inicios en la época griega hasta la actualidad. Resume los principales acontecimientos y conceptos que dieron origen a la teoría atómica actual detallando el año, el autor y su postulado o aporte más importante.

Adicionalmente, la mayoría de estos autores poseen un *link* que conduce a un texto mucho más amplio de sus vidas y de sus aportes al desarrollo de la Química o de otras ciencias.

<http://www.scripps.edu/~nwhite/biomer/index.html>

Mediante un programa de instalación gratuita llamado Biomer, se pueden diseñar moléculas pequeñas de carbohidratos, ácidos nucleicos y proteínas.

El programa puede instalarse en plataforma *Windows*, *Unix* y *Mac*, y tiene las opciones correspondientes a cada una de ellas. Permite construir una molécula y presentarla en forma de esqueleto (*backbone*), como espacio de esferas, etc. Además posee un menú para realizar mecánica y dinámica moleculares. Calcula distancias, ángulos, energía de minimización, etc.



## Astronomía

[Http://www.aspsky.org/subpages/education.html](http://www.aspsky.org/subpages/education.html)

Página dedicada a temas educativos en el área de Astronomía y Astrofísica, desarrollada por la Sociedad Astronómica del Pacífico (ASP). Se encuentra material adecuado para educadores que estén interesados en cubrir temas recientes sobre Astronomía.

[Http://www.Colorado.EDU/physics/2000](http://www.Colorado.EDU/physics/2000)

Es un proyecto educativo que desarrolla temas de mecánica cuántica y relatividad usando demostraciones interactivas novedosas y atractivas.

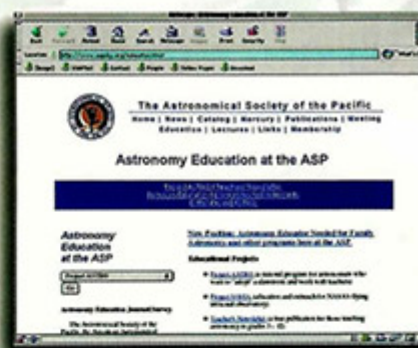
<http://home.earthlink.net/~umuri>

Estación sobre Astronomía y Cosmología denominada *Exploremos el universo* preparada para Maloka, centro interactivo de ciencia y tecnología.

[www.exploratorium.edu](http://www.exploratorium.edu)

### **Exploratorium**

Nuestro peso en otros planetas y mucho más se encontrará en esta página. Es un museo de ciencia, arte y percepción humana, con exhibiciones virtuales interactivas. Ideal también para los niños.



## Discovery Channel On Line

[www.discoverychannel.com](http://www.discoverychannel.com)

Con todas las características de calidad y excelente información del *Discovery Channel*. Ofrece los artículos e informes sobre los temas científicos actuales, entrevistas, enlaces a secciones dedicadas al mundo animal, aprendizaje y viajes. Presenta imágenes captadas con cámaras situadas en diversos lugares del planeta y juegos, entre muchas otras variedades. Es tan bueno su diseño como su apoyo visual y auditivo.

## El premio Nobel

[www.nobel.se/prize/](http://www.nobel.se/prize/)

Uno de los sitios obligados para conocer el desarrollo de la historia de las ciencias y las artes, incluidos vínculos a todo lo relacionado con la entrega del premio, sus ganadores a lo largo de la historia en cada disciplina junto con sus biografías completas.

Tiene un contenido excelente que además ofrece enlaces a las obras de cada uno de los ganadores.

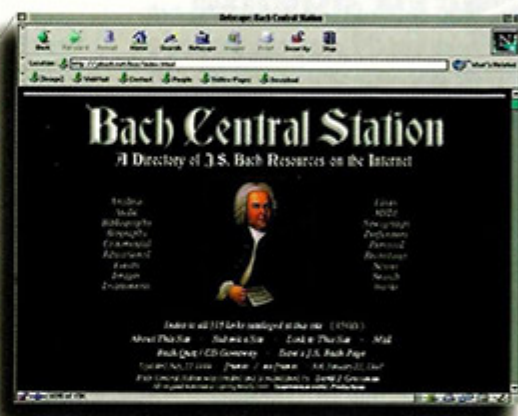


## Johann Sebastian Bach

[www.jsbach.net/bcs/index.html](http://www.jsbach.net/bcs/index.html)

**Toda una vida dedicada a la música y a la fe.**

En este año se conmemora el ducentesimoquincuagésimo aniversario del fallecimiento del famoso compositor, y en todo el mundo se le rendirán homenajes. Esta excelente página, muy completa y ordenada, incluye toda su biografía, extensos vínculos y una gran cantidad de música en diversos formatos. Además, posee un completo inventario de las obras, grabaciones recomendadas, archivos de sonido, cuadros del músico, reproducciones de partituras y... mucho más sobre la vida de uno de los máximos genios de la música occidental.



## National Geographic

[www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com)

Aquí se encuentra todo lo relacionado con esta publicación, así como muchos artículos sobre diversos temas tradicionales de la revista. Indispensable ver su sistema solar virtual.



# VISTAZOS

## MEDICINA

### Un posible nuevo agente antiinflamatorio

(*Science* Vol. 286. 8 de octubre de 1999)

Las células de los mamíferos generan radicales superóxido cuando convierten la comida en energía o cuando combaten microbios; pero en cantidades excesivas, estas moléculas, altamente reactivas, pueden ser asesinos celulares. Estas sustancias contribuyen al daño de los tejidos en muchas condiciones inflamatorias, incluidas la artritis y otras similares. Normalmente el cuerpo se protege de los superóxidos mediante la li-

beración de una serie de enzimas llamadas las superóxido-dismutasa (SOD), las cuales transforman el superóxido en oxígeno molecular y peróxido de hidrógeno. Las SOD fueron estudiadas, inicialmente, como candidatas para el tratamiento de enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoidea. Pero, al realizar los ensayos, se encontró que el sistema inmune atacaba estas sustancias y las destruía como cualquier agente extraño que ingresaba al cuerpo.

Sin embargo, un equipo de trabajo dirigido por la doctora Daniela Salvemini y el químico Dennis Riley, de Meta Phore Pharmaceutical, en los Estados Unidos, reportó el descubrimiento de una molécula mimética de SOD, no proteínica, que reducía el daño de los tejidos en modelos animales. El compuesto, con 15 vértices dispuestos en círculo, contiene cinco nitrógenos y ha mostrado ser muy específico en su acción.

Después de numerosos ensayos para encontrar la estructura que pudiera tener la actividad deseada, encontraron una a la que denominaron M40403. Esta molécula es estable y muy eficaz para el rompi-

miento del superóxido, además de transformarlo con una velocidad similar a SOD, sin necesidad de la acción de otras sustancias como el peroxinitrito. Al realizar los ensayos en animales, se encontró que presentaba una actividad bastante alta, que no era tóxica y que, además, era excretada intacta.

Otro resultado que se desprende de estas investigaciones es la posibilidad, nunca vista antes, de que el superóxido esté involucrado en la regulación de las citocinas.

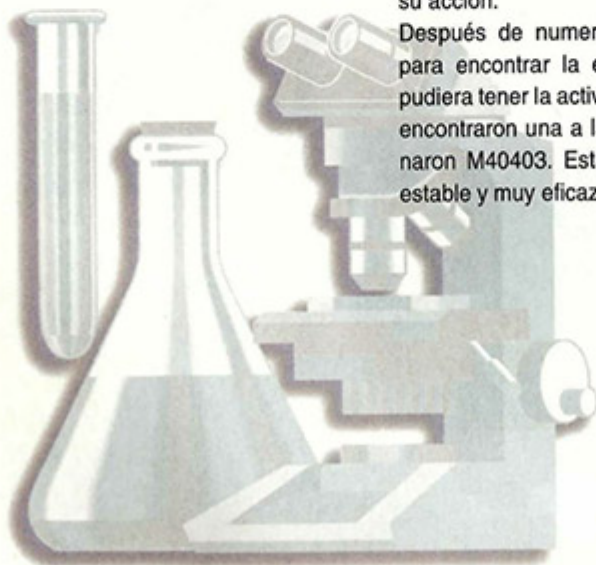
Es claro que, partiendo del diseño molecular, se pueden lograr grandes adelantos científicos y se puede llegar a la solución de problemas que en el pasado eran imposibles de considerar. □

## NEUROLOGÍA

### Células fetales para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson

Fuente: *Science*, 10 de 1999.

Una terapia que implica la implantación de células fetales en el cerebro podría disminuir el avance de la enfermedad de Parkinson. Esta afección se caracteriza



## NEUROCIENCIA COGNITIVA

## Detectadas las bases biológicas de la atribución de estados mentales

**P**ara que nuestras interacciones sociales lleguen a buen término, se requiere un conjunto de habilidades psicológicas mínimas como el reconocimiento del propio estado social o la imitación de conductas sociales de personas que consideremos más expertas. Otra de estas habilidades, muy investigada en esta última década, es la capacidad de atribución de estados mentales (creencias y deseos) en otros individuos, con el fin de poder predecir su conducta. Esta capacidad ha recibido el nombre de "teoría de la mente". Esta capacidad, curiosamente, no nace con nosotros. Los psicólogos

del desarrollo han demostrado que no aparece completamente hasta después de los cuatro años de edad. Además, se ha encontrado que ciertos desórdenes del desarrollo, como el autismo, se caracterizan precisamente por la ausencia de una teoría de la mente; en el caso de la esquizofrenia, sucede lo contrario: se le atribuye más de la cuenta (paranoia). Estas diferencias han motivado a investigadores en Neurociencia cognitiva a detectar las zonas cerebrales involucradas en tal habilidad.

Diversos estudios sobre este tema fueron reseñados por los investigadores ingleses Chris D. Frith y Uta Frith en la revista *Science* del 26 de noviembre de 1999. La principal conclusión de esta revisión es que las regiones involucradas son la corteza prefrontal media y el surco temporal superior, a la luz de técnicas de imagen cerebral funcional, como la tomografía de emisión de positrones y la resonancia magnética.

En el momento de efectuar juicios sobre qué piensan o sienten otros, por ejemplo, los personajes en un corto de dibujos animados, la imagen cerebral funcional en las zonas mencionadas aparece diferente en sujetos normales, en autistas y en pacientes neuropsicológicos con daño cerebral por lesión.

Aunque los resultados parecen claros, los investigadores también quieren obtener, además, datos neurobiológicos de otras especies como los grandes primates, quienes comparten con nosotros dicha capacidad. La completa comprensión del mecanismo implicado podría llevar en el futuro a la búsqueda de la rehabilitación de la teoría de la mente en aquellas personas que, por una u otra razón, la tuvieran alterada. □

te de las células cerebrales que producen el neurotransmisor denominado dopamina.

Un grupo de investigadores de la Universidad de Colorado realizó un experimento en un grupo de 40 pacientes que padecían de este mal. A la mitad de ellos se les inyectó —mediante una incisión en la frente— una pequeña cantidad de células de embriones de ocho semanas, y a la otra mitad no se les administró nada. Los resultados, después de un año de la operación, indicaron que el grupo de control no mostró ninguna mejoría, mientras que los

pacientes que habían recibido las células embrionarias mostraron un aumento en la producción de dopamina. Los pacientes de 60 años o menos mostraron una reducción en los síntomas de Parkinson, mientras que los pacientes mayores sólo experimentaron una pequeña mejoría en comparación con el grupo de control. Aún después de 36 meses de tratamiento, los pacientes que recibieron el injerto muestran una mejoría, y, aunque este estudio requiere más investigación, los resultados obtenidos significan un progreso significativo en este campo. □



## INGENIERÍA GENÉTICA

### Crean vacuna contra el Sida basada en un virus de la rabia

Científicos de la Universidad Thomas Jefferson, de Filadelfia, han creado una vacuna contra el sida que utiliza virus debilitados de la rabia para activar el sistema inmune, y, hasta ahora, ha dado buenos resultados en ratones, según han informado.

**M**ediante técnicas de ingeniería genética, se ha incorporado por primera vez al virus de la rabia el virus del sida.

De esta manera, han explicado los científicos en *Proceedings*, la publicación de la Academia Nacional de las Ciencias, han logrado un modo eficaz de conseguir que el sistema inmune actúe contra el virus.

Este novedoso método sólo ha dado resultados, por ahora, con ratones de laboratorio, pero abre la posibilidad de que pueda funcionar también con primates y, finalmente, en personas afectadas por el sida.

Hasta ahora, la mayoría de las vacunas que se habían diseñado utilizaban virus muertos o debilitados del sida, y es la primera vez que se utiliza otro virus como "vector" para activar el sistema inmune.

Roger Pomerantz, jefe de la División de Enfermedades Infecciosas del Colegio de Medicina de la Universidad Thomas Jefferson, ha explicado que "el virus de la rabia es el vehículo para conseguir que una proteína de la cubierta del VIH se manifieste y consiga la atención del sistema inmune".

Para lograrlo, los investigadores han utilizado un virus de la rabia debilitado y seguro, al que se había incorporado el gen de la proteína del virus VIH.

#### El análisis

El sistema inmune de los ratones, han explicado los investigadores en *Proceedings*, comenzó a liberar glóbulos blancos del tipo "linfocitos citotóxicos" que destruían las células infectadas por los virus.

Durante las pruebas, los investigadores tuvieron que suministrarles a los ratones una inyección adicional de otra proteína con sida para reactivar el sistema inmune y conseguir que continuara liberando anticuerpos.

Las pruebas se realizaron con tres grupos diferentes de ratones, uno de ellos infectado sólo con el virus de la rabia como grupo de control, y otros dos grupos infectados con virus de la rabia que incluían diferentes variedades de proteínas del VIH. "Nuestro objetivo era inventar una vacuna de virus vivos contra el VIH", han señalado los investigadores, ya que los intentos previos por conseguirlo habían resultado ineficaces.

#### Fracasos anteriores

Los intentos por lograr vacunas a base de virus vivos o debilitados del sida dieron lugar a fracasos, a causa de la capacidad que tiene el virus para reconstruir su carácter letal.

Los científicos quieren seguir comprobando la vacuna en más ratones y en otros modelos animales en una investigación conjunta con científicos de la Universidad de California que comenzará en los próximos meses. También se han planteado la búsqueda de diferentes vacunas, basadas en el mismo procedimiento, para atacar enfermedades como la hepatitis C.

Respecto a la desarrollada contra el sida, Pomerantz ha reconocido que "todavía tenemos que probar que es segura y que responde a las diferentes cepas de virus VIH, así como en otros animales".

Schnell, entre tanto, ha declarado que aunque esta vacuna es muy prometedora, "todavía no hemos obtenido la vacuna definitiva contra el VIH". □

## TECNOLOGÍA

### Nuevos avances en neurotecnología

La figura del "cyborg" (mitad robot mitad ser vivo), popularizada a través del cine, está dejando cada vez más de ser asunto de ciencia ficción. Ésta es la principal conclusión a la que se puede llegar después de contemplar los nuevos avances tecnológicos en la

### Arterias "a la medida"

Las enfermedades de los vasos sanguíneos, en particular de las arterias medianas y de las pequeñas,

constituyen una de las mayores causas de mortalidad en los Estados Unidos. La alta incidencia de arterioesclerosis—enfermedad ocasionada por el taponamiento de las arterias— obliga a que las arterias afectadas sean reemplazadas con relativa frecuencia. En la cirugía cardíaca o periférica, las arterias afectadas son reemplazadas con venas autólogas, es decir, venas sanas del mismo paciente, o, en algunas ocasiones, con arterias autólogas. El problema radica en que muchos de los pacientes que sufren de enfermedades cardiovasculares carecen de venas sanas que sirvan para este propósito.

unión de la Biología y la Ingeniería de Sistemas.

Sobre el tema fue publicado un completo reportaje en la revista *Science* del 23 de abril de 1999. Su autor, Robert F. Service, reseña los diferentes frentes científicos y tecnológicos que están contribuyendo a la acelerada emergencia de la "neurotecnología".

Aunque desde hace muchos años físicos e ingenieros han intentado simular el funcionamiento y conexión de las neuronas, tanto en serie como en paralelo, lo que no se había logrado hasta hace menos

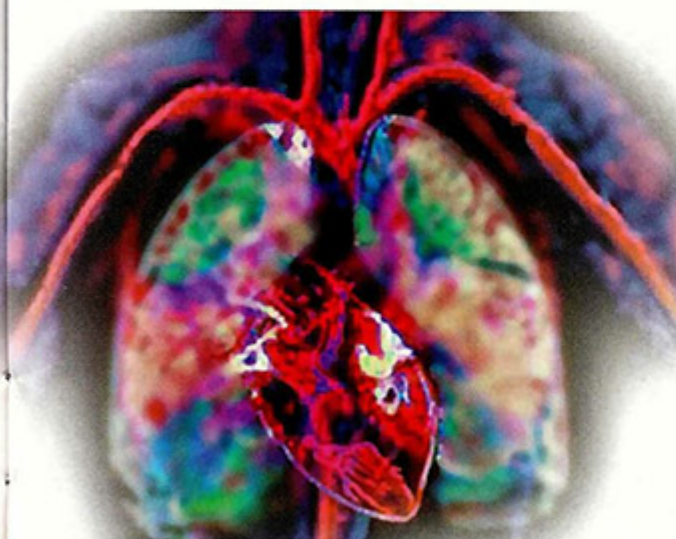
de una década era la integración de los microcircuitos electrónicos con redes neuronales vivas.

Equipos de investigación norteamericanos y alemanes han logrado en los últimos años encontrar materiales que fueran "neuroamigables", es decir, implantes que no fueran rechazados por las redes vivas. Un ejemplo citado por Service es un compuesto orgánico denominado DETA, que tiende un puente entre el tejido orgánico y los microcircuitos de sílice o de fibra de vidrio.

El beneficio más directo de la neurotecnología lo están recibien-

do personas con diversos tipos de limitación física o sensorial. Los ejemplos más sorprendentes se están dando en tres campos: 1. La rehabilitación de nervios auditivos con implantes cocleares; 2. El reemplazo de capas de retina, en personas que sufren de retinitis pigmentosa, con microcircuitos sensibles a la luz; y 3. La estimulación de diferentes grupos musculares en personas con cuadriplejía.

Los "cyborgs", tal como aparecen en las películas, aún no existen. Pero su aparición será cuestión de tiempo. □



Esta necesidad ha incentivado, en los últimos veinte años, el desarrollo de venas de reemplazo de calibres bajos, y en los últimos meses

se han hecho grandes logros. Las arterias musculares normales están conformadas por tres capas, cada una de las cuales tiene una función específica: la capa interior es una superficie unicelular que evita la coagulación espontánea y regula la tonificación muscular. La capa media contribuye a darles fortaleza a los vasos sanguíneos y permite la contracción o relajación de las paredes vasculares ante el estímulo externo. En la capa externa están localizados los nervios y la fuente microscópica de sangre de las arterias. Todas estas funciones deben estar presentes en los vasos sanguíneos de reemplazo.

¿Cómo serán las arterias de reemplazo en el futuro? Aunque queda pendiente mucha investigación,

es evidente que hay técnicas promisorias: se han logrado injertos tubulares a partir de materiales biológicos que llegan a convertirse en arterias funcionales tras implantarse en un ser vivo. Ha sido posible cultivar *in vitro* injertos vasculares con sorprendentes propiedades mecánicas a partir de células animales provenientes de los vasos sanguíneos y de células humanas de recién nacidos. En un futuro, se sintetizarán materiales vasculares en los cuales se combinarán tejidos sintéticos con tejidos naturales. Uno de los aspectos más difíciles de esta investigación radicará en el hecho de poder desarrollar tejido vascular provisto de nervios y de microcirculación. □

## BIOLOGÍA

### ¿Cómo se orientan las mariposas?

Science, diciembre 10 de 1999.

Cada otoño, las mariposas monarca vuelan enormes distancias, desde los estados nórdicos de los Estados Unidos hacia el Sur, hasta llegar a los mismos lugares que sus predecesores visitaron durante la primavera anterior. Los científicos siempre se han preguntado: ¿cómo hacen para saber hacia dónde se dirigen cuando no hay sol? Los investigadores han encontrado que, al igual que ciertos pájaros y peces, estas mariposas poseen un "compás interno" que les permite orientarse. Para escapar del invierno en el hemisferio Norte, viajan a una decena de lugares en el centro de México, y en la primavera viajan a Texas, donde se reproducen y mueren, y dejan que sus descendientes se dirijan hacia el Norte. Después de dos genera-

ciones, una vez entrado el invierno, las mariposas descendientes se dirigen nuevamente hacia México. Un grupo de investigadores de la Universidad de Kansas capturó unas mariposas que viajaban hacia el Sur y las colocó en una columna en la que podían manipular el campo magnético. Los científicos constataron que las mariposas trataban de volar al Sudeste, y al revertir la dirección se dirigían al nordeste. Es evidente, entonces, que las mariposas usan los campos magnéticos para orientarse; pero ¿cómo explicar el que regresen siempre a un área tan pequeña en un lugar distante? Este aspecto es todavía objeto de investigación. □



## GENÉTICA

### Discrepancias en la obtención del mapa del genoma humano

Investigadores del gobierno de los Estados Unidos y de la empresa Celera Genomics, que intentaban unir fuerzas para acelerar la obtención del Mapa del Genoma Humano, se han acusado mutuamente de "obstrucción", lo que, según científicos estadouni-

denses, puede demorar este ambicioso proyecto.

El Mapa del Genoma Humano, del que se espera conocer un borrador en los próximos meses, según el presidente Bill Clinton, no estará totalmente concluido hasta el año 2003, cuando se conozca la secuencia completa del ADN (ácido desoxirribonucleico).

Tony White, director general de Celera Genomics, ha acusado a Francis Collins, responsable del Instituto Público Estadounidense, de intentar sabotear con procedimientos "estúpidos" un

## TECNOLOGÍA

### Un total de 436 centrales nucleares funcionan en el mundo

Aumenta el número de centrales de energía atómica tras la inauguración de cuatro nuevas plantas en

Francia, India, Corea del Sur y Eslovaquia en 1999.

Un comunicado del Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA) subraya que durante el año pasado se inició, además, la construcción de otras siete centrales nucleares —una en China, dos en Taiwán, dos en Japón y dos en Corea del Sur—, con lo que otras 38 plantas entrarán en funcionamiento en los próximos años.

Según el informe, los países con mayor dependencia de las centrales nucleares para abastecer sus necesidades energéticas son Francia, con 75 por ciento de producción de energía atómica, seguida de Lituania (73,1%), Bélgica (57,7%) y Bulgaria (47,1%).

En España funcionan nueve centrales que generan 30,99 por ciento de la producción energética, mientras que las dos plantas argentinas, país en el que existe una tercera en construcción, producen 9,04 por ciento, y las dos mexicanas, 4,98 por ciento. La energía nuclear producida en el mundo a lo largo de 1999 equivalió a 2.394,6 terawatios por hora, según el informe de la Agencia Internacional de la Energía Atómica. □

acuerdo público-privado de cooperación.

Collins, que ha negado las acusaciones, sostiene que el verdadero problema es el deseo de la empresa privada por obtener un desmesurado beneficio económico de las aplicaciones que este proyecto tendrá.

La intención de los científicos, que dependen del gobierno, era dar libre acceso a la mayor parte de la información que, a través de la internet, finalmente se obtuviera.

El problema se ha planteado porque, una vez que se disponga del

## ASTRONOMÍA

### Buscan sede para el máximo radiotelescopio del mundo

Un equipo internacional de astrónomos está buscando un país que dé acogida y financiación al que será el radiotelescopio más ambicioso del mundo: un gigantesco complejo de 1.000 antenas que necesitarán más de mil kilómetros de terreno. Según han informado astrónomos estadounidenses, la idea empezó a gestarse en 1997; pero ha sido discutida recientemente en un reunión de 60 expertos que tuvo lugar en el

Observatorio de Arecibo, en Puerto Rico.

Los astrónomos lo han denominado SKA, por las siglas en inglés de Complejo del Kilómetro Cuadrado, que designa el área de recogida de emisiones de radio procedentes del exterior, cercana a un kilómetro cuadrado.

Este gigantesco radiotelescopio costará cerca de seiscientos millones de dólares si finalmente se convierte en realidad; pero para ello habrá que poner de acuerdo a diez países y buscar uno que albergue el gigantesco complejo. Estados Unidos, país que podría correr con un tercio de los gastos del proyecto, se ha postulado como un posible emplazamiento,

aunque otros países como Australia podrían ser mejores candidatos, según han dicho los participantes en la reunión de Arecibo.

James Cordes, de la Universidad Cornell, que gestiona el Observatorio de Arecibo, señaló que el nuevo radiotelescopio podría multiplicar por 10 la calidad de las observaciones que realizan los observatorios actuales de máxima envergadura, como es el caso del instalado en Puerto Rico.

Los astrónomos confían en que permita detectar, por ejemplo, cientos de púlsares y estrellas de neutrones en galaxias distantes y que ayude a descifrar el enigma de la relación entre las estrellas de neutrones y las supernovas. □

## PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

### El reto para las revistas científicas chinas

El desarrollo de la ciencia en un país se demuestra con indicadores externos, como el número de artículos de sus científicos en publicaciones internacionales de prestigio, y también internos, como el número de revistas locales de calidad. El caso de China es especial

por la confluencia de dos factores: el alto nivel de producción de investigaciones y la baja disponibilidad de títulos extranjeros por su precio de suscripción.

En 1999, China alcanzó a producir 4294 títulos de revistas científicas, cifra que implica un importante reto por los costos de producción y por la financiación limitada que el estado chino puede ofrecer. Esta situación fue analizada en un artículo publicado en la revista *Science* del pasado 26 de noviembre por Shengli Ren, Ping Liang y Guang'an Zu, de la Fundación Nacional China para las Ciencias Naturales.

Si bien los investigadores chinos, además de publicar en sus propias revistas, leen y citan a sus coterráneos (a diferencia de sus colegas en otras regiones del mundo), están cayendo en una situación de aislamiento que genera baja incidencia de los títulos chinos en el ámbito internacional. La calidad de la investigación china se refleja en otras estadísticas como el aumento de más del doble de artículos publicados en revistas extranjeras

indizadas en los últimos 15 años. Pero los resultados publicados en chino tienen una probabilidad de salida muy baja.

Frente a este problema, entidades públicas y privadas que patrocinan la ciencia y la tecnología en China están tomando varias medidas, que valdría la pena no sólo reseñar sino seguir:

1. Reducción del número de revistas a un tercio de la cifra actual.
2. Apoyo financiero generoso a los 100 mejores títulos en estándares de calidad.
3. Aumento de la publicidad y mejoramiento de los canales de distribución.
4. Entrada en internet a través de páginas con alto número de consultas.
5. Incentivos para investigadores que publiquen en revistas internacionales indizadas.

De esta manera, China pretende lograr un equilibrio de factores internos y externos para el desarrollo de las publicaciones, que son los productos finales y visibles de la investigación científica. □

Mapa del Genoma Humano, podrán conocerse los genes que están implicados en cada enfermedad y, por tanto, abrir nuevas líneas para diseñar y comercializar nuevos fármacos.

El Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano comenzó en 1990 este proyecto de 3.000 millones de dólares para conseguir el mapa completo del genoma. Por su parte, espera concluir en solitario las investigaciones a finales del año 2003, dijo Collins. □

## Crece expectativa de internet a través de teléfonos celulares

El muy renombrado teléfono móvil para internet está aún muy distante de ser la computadora

en miniatura que imaginan muchos, pero ya ha comenzado a dar sus primeros pasos en la web.

Ya es posible recibir mensajes y noticias, e incluso comprar productos por el teléfono móvil. Algunos de esos servicios, como enviar mensajes cortos en formato de texto de teléfono a teléfono, ni siquiera utilizan internet.

Sin embargo, los analistas dicen que la gran popularidad de este sencillo equipo, que crece 20 por ciento al mes y pronto servirá para recibir correo electrónico, demuestra el potencial de demanda de la "Movinet". En cuestión de tres años, equipos portátiles que usarán las nuevas redes móviles superrápidas permitirán a los usuarios observar imágenes de video en vivo en pantallas en miniatura y hacer otras cosas inimaginables para los teléfonos existentes.

Sin embargo, la tecnología actual es limitada en comparación y se reduce al concepto WAP (siglas de protocolo de aplicaciones inalámbricas).

El WAP, un puente de software que interpreta internet para los teléfonos o cualquier otro dispositivo inalámbrico, como una computadora en miniatura, será de uso temporal en la primera ola de servicios móviles online.

La información llega al teléfono desde sitios especialmente concebidos, pero aún escasos, con

tecnología WAP de texto, la cual aparta gráficos y otros adornos para hacer todo simple.

El modelo 7110 de Nokia fue el primer teléfono WAP que llegó a fines del año pasado y causó revuelo, pero sus rivales ya comenzaron a aparecer.

El Nokia parece un teléfono móvil ordinario con una cabeza exagerada donde se encuentra la pantalla, un micronavegador.



### ¿Qué se puede hacer con estos celulares?

La navegación desde equipos móviles como entretenimiento es algo para el futuro. La excitación que rodea actualmente a internet inalámbrico es su uso bancario, para compras, noticias, información de viajes y otras tareas específicas. Los teléfonos actuales no incluyen video, y algunos han comparado al WAP con algo así como un texto legible en un teléfono móvil.

Para utilizar las redes telefónicas actuales aún hay que discar para conectarse, y bajar materiales es lento. Sin embargo, algunos usuarios podrían convertirse en adictos. Servicios noticiosos como Independent Television News (ITN) y Reuters fueron de los primeros en dar el paso para explotar las probabilidades ofrecidas por el WAP.

En las pantallas sólo se ven unas pocas líneas de texto que es necesario desplazar, pero hay suficiente profundidad. "Hay gran espacio para

el texto, y los artículos pueden ser del mismo tamaño de los periódicos", dijo el director ejecutivo de ITN, Stewart Purvis.

ITN añadirá audio y video online a fines de este año. "No han visto nada todavía", dijo Purvis.

Las alianzas se han multiplicado desde entonces en todas partes, entre compañías con conocimientos tecnológicos, aquellas con servicios atractivos para incluir en los teléfonos y los propios operadores telefónicos.

El comercio móvil va en camino de crecer con rapidez. Las cuentas las cobrará la compañía telefónica. El comercio móvil ha comenzado lentamente y los usuarios de WAP se cuentan aún por miles, pero la revolución es inminente.

### Listo para despegar

Los teléfonos móviles, por supuesto, pueden ser conectados a computadoras portátiles para navegar por la web, pero a una lenta velocidad de 9.6 kilobytes por segundo.

Vodafone y Casio trabajan en una pantalla miniatura de colores para navegar en la web, que incluye una cámara. Para 2002, la tercera generación de redes, conocida como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) será aún más rápida.

Los usuarios ya no tendrán que llamar más a un número para conectarse, sino que estarán online permanentemente. El WAP, básicamente una medida temporal, será superado y la navegación por internet será más rica.

Investigadores del sector vaticinan que para 2003 más personas se conectarán a internet desde dispositivos móviles que de las casas o los trabajos y la mitad de los 1.200 millones de teléfonos celulares del mundo tendrán acceso a la web. □



**Banco de Occidente  
Credencial**

**Trabaja para usted.**

**REVISTA**  
**Innovación**  
**y Ciencia**

Publicación de la Asociación  
Colombiana para el Avance de la Ciencia.

Suscripción por 1 año (4 ejemplares),  
a partir del Vol. \_\_\_\_\_ N°. \_\_\_\_\_

**SUSCRIBASE ¡YA!**

Suscripción anual \$19.000 Precio ejemplar \$ 4.200 Socio ACAC: Gratuita

Ejemplar atrasado Vol. I - VI \$ 2.000 Ejemplar atrasado Vol. VII \$ 3.900

Fecha de suscripción  
D | M | A

Forma de pago:

Efectivo  Cheque  Crédito

Consignación: Asociación Colombiana  
para el Avance de la Ciencia

Colmena 010-4500246931

Bco. Popular 160-203196

Credencial  Credibanco  Diners

Tarjeta N° \_\_\_\_\_

Vence \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ N° cuotas \_\_\_\_\_

N° Seguridad \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta  
de crédito

Acepto Renovación Automática: Sí  No

FIRMA

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

**SUSCRIPCIÓN PERSONA NATURAL**

Nombre \_\_\_\_\_ C.C. \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_

Profesión \_\_\_\_\_ Especialidad \_\_\_\_\_

Entidad \_\_\_\_\_

**SUSCRIPCIÓN INSTITUCIONAL**

Entidad \_\_\_\_\_

Representante \_\_\_\_\_ Nit. \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax 221 6950, 221 9281 o por  
correo a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. Carrera 50 # 27 - 70  
Bloque C, Módulo 3 A.A. 92581 Santa Fe de Bogotá Tels. 315 0734 - 222 6253.

**LLÁMENOS AL 315 0734 Y  
ADQUIERA LA COLECCIÓN DE  
INNOVACIÓN Y CIENCIA.**

# ¿ESTAMOS EN LA ERA DE LOS MAMÍFEROS?

**Carlos E. Sarmiento M.**

Fundación Nova Hylaea.

Bogotá, Colombia

e-mail: cesarmiento@yahoo.com



La descripción clásica de la evolución de la biota está marcada por una tendencia progresista donde todo aparece como preámbulo para la aparición de los mamíferos y, en particular, del *Homo sapiens*. Esta visión, presente en textos de todos los niveles académicos, tiene consecuencias en campos no sólo científicos sino también en áreas como la educación y la conservación. ¿Realmente los últimos 60 millones de años, técnicamente conocidos como cenozoico, son la era de los mamíferos?

Después de una somera descripción del relato convencional de la evolución en la Tierra





y la discusión de sus problemas, se revisarán aspectos importantes relacionados con esta tendencia como la historia de la taxonomía, la riqueza biológica a lo largo del registro fósil y la riqueza en el momento actual. Finalmente, se examinarán algunas consecuencias del empleo, a veces inconsciente, de esta descripción.

### El relato clásico de la historia de los organismos en el planeta

Una vez la comunidad científica y buena parte de la sociedad aceptaron el fenómeno de la evolución y el modelo darwiniano de cómo ocurre, se extendió un relato que pretende resumir este largo libro de la historia de lo viviente, donde se resaltan "los eventos más sobresalientes".<sup>1,2</sup> Esta descripción emplea una clasificación jerárquica de fragmentos de tiempo que comprende, en orden de importancia, eras, períodos y épocas, de tal modo que cada uno incluye varias subdivisiones del siguiente. Esta descripción se remitirá primordialmente a los animales.

Todo comienza en el período precámbrico, hace 700 millones de años, con los registros de

la fauna ediacareense o vendiana, encontrada principalmente en el sur de Australia, donde podemos observar el surgimiento de casi todos los grupos o *phyla* de invertebrados. En el ordovícico (500-450 millones de años) aparecen los primeros peces que por su posterior abundancia en el devónico (430-400 millones de años), algunos paleontólogos lo denominan Edad de los Peces. Durante el carbonífero (360-280 millones de años), éstos son reemplazados por los anfibios, para un nuevo cambio hacia el pérmico (280-240 millones de años), cuando comienzan su expansión los reptiles. Hasta aquí se define la era paleozoica o de la vida antigua. No obstante la anterior descripción, el predominio de los trilobites durante este tiempo hizo que se conociera como la Era de los Trilobites.

Posteriormente, entre los 240 y 65 millones de años, la notable presencia de los reptiles marca toda esta era con su nombre; se trata del mesozoico, o de la vida media. Vale la pena precisar que los grandes dinosaurios reinaron durante los dos últimos períodos: jurásico y cretácico. En este lapso también se diversificaron los insectos, gracias a las angiospermas.

Los últimos 65 millones de años delimitan la era cenozoica o de la vida moderna, donde los mamíferos predominan ampliamente y por esto le dan su nombre común: Era de los Mamíferos. Aquí encontramos dos períodos: el terciario, de 63 millones de años, y el cuaternario, de apenas dos millones de años, caracterizado, entre otros eventos, por la aparición del género *Homo* (figura 1).

Una observación panorámica de este relato indica con claridad que hay una rama más alta y que está reservada, de manera que los eventos más significativos son aquellos que anuncian nuestra llegada. Es como si la historia del planeta y su biota fueran un preámbulo para la aparición humana y cada grupo fuera reemplazado por uno más parecido a nosotros.

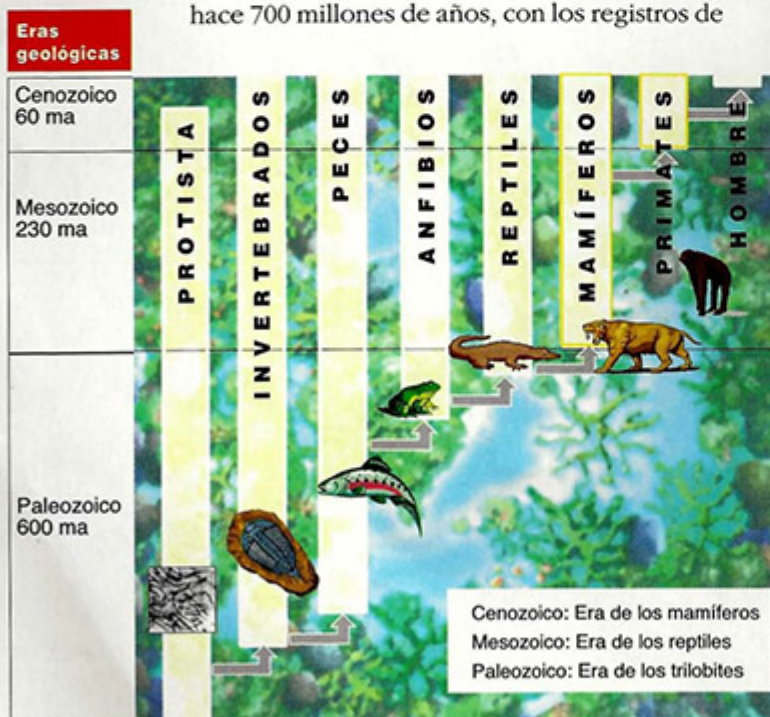


Figura 1. El relato clásico de la historia de la biota en el planeta.

Los trabajos de personajes como Copérnico y Freud señalaron que el encumbramiento tradicional del *Homo sapiens* no fue fácilmente sostenible; sin embargo, fue Darwin el que con mayor consistencia indicó la necesidad de un cambio en esta forma de pensar. Sus implicaciones fueron tan evidentes que, para algunos, todo lo que tuviera que ver con evolución era inadmisibile. Sin embargo, los datos, su poder cohesivo y explicativo, así como su capacidad

catástrofe azarosa permitió que los mamíferos se expandieran<sup>3</sup>. A pesar de los modelos que proponen tasas de extinción relativamente constantes en los distintos grupos biológicos, hoy la evidencia parece moverse hacia una supervivencia debida principalmente al azar.

3) Las especies vivientes señalan con su presencia sus capacidades de supervivencia. Suponer la superioridad de alguna sólo es posible sobre la base de su tiempo de permanencia en el planeta, ya que ha logrado superar los constantes procesos de selección. Curiosamente, si empleáramos este criterio, los ganadores indiscutibles serían muchos de los llamados

## NO PODEMOS AFIRMAR QUE HOY ESTAMOS EN EL MOMENTO DE MAYOR RIQUEZA BIOLÓGICA DEL PLANETA.

para crear nuevos e interesantes problemas de investigación, determinaron la aceptación de la comunidad científica e hicieron que la evolución por selección natural sin una línea progresiva se convirtiera en el elemento central de la Biología. Dentro del modelo neodarwiniano tenemos al menos cuatro razones para este cambio de visión del mundo.

1) La selección natural es particular a cada contexto; es decir, en cada lugar y en cada momento, los cambios de las poblaciones se dan en direcciones específicas. Será muy útil desarrollar velocidades de más de cien kilómetros por hora en un campo abierto, como una sabana; pero esta característica es inútil en un denso bosque, donde quizá tenga más éxito ser un ágil trepador. Afirmar que un guepardo es mejor que un jaguar es un ejercicio sin sentido, pues cada uno de estos felinos está adaptado a ambientes diferentes.

2) Las futuras alteraciones del ambiente y, por tanto, de las presiones de selección son imprevisibles; evidencia de ello son las extinciones masivas. El consabido ejemplo sobre el reemplazo de los lentos dinosaurios por los ágiles mamíferos, a finales del mesozoico, olvida mencionar que éstos evolucionaron sólo un poco después de los dinosaurios y que convivieron 100 millones de años como animales pequeños en un mundo dominado por dinosaurios, sin que hubiera evidencias de incremento en su tamaño o número. Sólo una

fósiles vivientes y los representantes de planes corporales muy antiguos, como las bacterias y las algas, entre otros.

4) La historia de la evolución es un evento ramificado y no lineal. El "árbol de lo viviente" sólo puede ser tratado como un relato del surgimiento del hombre cuando se desconoce en un ejercicio mental muy grande, la evolución de las demás entidades biológicas.

### El sistema de clasificación o la conveniencia de Aristóteles

La clasificación de seres vivos es una tarea más antigua que la Biología, y en Occidente uno de los primeros exponentes de esta labor fue Aristóteles (384-322 a.C.). Este pensador crea un modelo de clasificación lógico dicotómico en el que cada entidad de la naturaleza, incluidos los minerales, posee una categoría común con un gran grupo de seres (*el sumum genus*) y una subclase subordinada o característica que la distingue (la *especie*)<sup>4</sup>. Este modelo se mantiene durante mucho tiempo en el estudio y la clasificación de los seres vivos. Linneo, por ejemplo, se define como un lógico escolástico y esencialista, características que se reflejan en su sistema de clasificación.

La división del mundo viviente bajo las premisas aristotélicas facilitan comprender por qué el reino animal se separa en dos grupos: los vertebrados y los invertebrados. En segundo

lugar, el esencialismo de la época se manejaba bajo un principio claro: *natura no hace saltos*. Cada esencia se manifestaba en todos sus grados casi sin contemplar los seres vivos. Era posible que al caer al agua las semillas de un árbol se convirtieran en peces, y que los fósiles fueran intentos fallidos de los minerales por volverse plantas o animales.<sup>5</sup>

Linneo ofrece por primera vez un sistema de clasificación construido bajo la lógica aristotélica suficientemente sólido como para ser adoptado para todos los seres vivos. La nomenclatura binominal exclusiva y universal, la diagnosis telegráfica y la jerarquía taxonómica hacen mucho más fácil la ordenación y comprensión de lo vivo. Hoy, aunque estamos inscritos dentro de la perspectiva neodarwiniana, empleamos los principios básicos del modelo linneano, y particularmente en las claves taxonómicas se expresa la división lógica dicotómica del mundo viviente.<sup>5</sup>

¿Qué consecuencias trae esta visión de los seres vivos? En primer lugar, la búsqueda de eslabones perdidos que reflejen la continuidad de la naturaleza, y en segundo, una organización dicotómica progresiva hasta nosotros. En síntesis: una "cadena de la vida".

Ya para 1789 Jussieu, con sus estudios sobre plantas, deja entrever que no es posible mantener esta continuidad y que hay baches insalvables. En 1827 De Candolle rompe definitivamente con esta noción de continuidad: *natura sí hace saltos*. Desde esa época debía ser claro, al menos para la comunidad científica, que no existían los eslabones perdidos (**figura 2**). Curiosamente es el modelo darwiniano de lentos procesos de cambio el que revive los eslabones perdidos, aunque en un contexto diferente. Hoy son conexiones de los linajes en el tiempo, linajes separados por barreras en el flujo génico.

### El registro fósil

Hemos revisado algunos elementos de la historia del

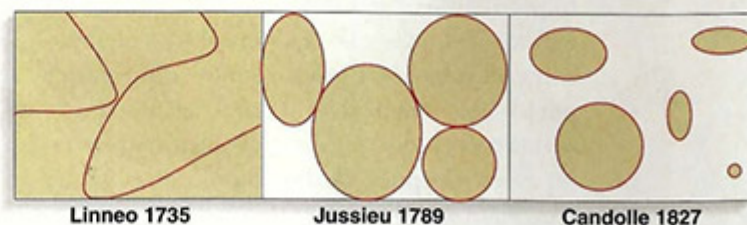
estudio de los seres vivos. Es necesario fijarnos ahora en los datos paleontológicos de la riqueza biológica, a fin de atisbar en qué era estamos. Existen tres hechos que merecen especial atención al respecto, pues contradicen la noción de progresión hacia los mamíferos como el evento paleontológico más importante:

1) Desde el fin de la gran extinción del pérmico (hace unos doscientos cincuenta millones de años), los insectos muestran un marcado incremento en su riqueza de familias, mientras que los tetrápodos exhiben ésta apenas a finales del cretáceo, último período del mesozoico (100 millones de años).<sup>6</sup> Como ya se mencionó, se atribuye el éxito de los insectos a la aparición de las angiospermas; sin embargo, el grupo empezó su ascenso 100 millones de años antes y, al parecer, durante mucho tiempo estos animales no usaron las plantas como alimento, pues eran descomponedores.<sup>7</sup>

2) Los insectos pasan prácticamente incólumes tres extinciones en masa: cenomaniense-turonense, cretácico-terciario y eoceno-oligoceno, todas ellas cercanas (en términos geológicos, claro está) a donde se encuentra la famosa extinción de los dinosaurios, que marca el fin del mesozoico y el comienzo del cenozoico.<sup>8</sup>

3) Al menos desde el cuaternario los procesos de extinción y formación de especies parecen ser mínimos en *Insecta*, mientras que en *Tetrapoda* son muy fuertes.<sup>9</sup> Así mismo, todos los tipos de aparato bucal en *Insecta* aparecen desde mediados del jurásico, hace unos ciento setenta millones de años.<sup>6</sup>

Estas tres consideraciones se hacen con la advertencia de que las publicaciones más re-



**Figura 2.** La visión de natura en tres momentos de la taxonomía: a) Linneo, b) propuesta de Jussieu y c) después de De Candolle. El área sombreada representa las variaciones morfológicas de los seres vivos.



científico sino en otros sectores. Las diversas respuestas han coincidido en dos aspectos: en primer lugar, estamos muy lejos de saber cuántas especies hay; en segundo, cualquiera que sea la estimación, siempre los insectos ocuparán el lugar más destacado.

Entre 1967 y 1985 el promedio anual de géneros (no de especies) descritos es de 2000 para el reino animal, y de éste cerca de setecientos cincuenta son insectos. Algunos ejemplos notables son: en 1981 se describe a la ballena *Orcinus glacialis* (sí, una ballena); en 1983, el Phylum Loricifera; en 1988, un primate mayo denominado *Hapalemur aureus*; y en 1992 y 1995, los Phyla Vestimentifera y Cycliophora, respectivamente. Entre tanto, todos los expertos señalan tres lugares del mundo como los más prometedores en sorpresas; éstos son: los fondos marinos, entre 150 y 2000 metros, el dosel de las selvas tropicales y el norte andino.<sup>11</sup>

En medio de todas las predicciones, siempre el grupo más rico es el de los insectos, pues conforma más del 65 por ciento de las especies, mientras que los cordados (mamíferos, aves, reptiles y anfibios, entre otros) suman 2,5 por ciento. Si listamos en orden decreciente de riqueza los cinco primeros grupos vivientes, éstos serían: insectos, plantas vasculares, ácaros, moluscos y hongos<sup>12</sup> (figura 3).

### Un ejemplo de representatividad

Mostrada la posición de los insectos y de los mamíferos en cuanto a riqueza, posición extensible a los vertebrados, existe un caso que bien puede señalar otro aspecto importante a la hora de hablar de la notoriedad de un grupo: nos referimos a su abundancia e incidencia en las relaciones tróficas de los ecosistemas. Tomando al orden *Hymenoptera*, dentro del que están los insectos popularmente conocidos como avispas, abejas y hormigas, que con sus cerca de trescientas mil especies se sitúa entre el tercero y cuarto puestos en riqueza dentro de la clase *Insecta*.

El número de especies de hormigas por localidad es bastante alto, y generalmente un

muestreo estructurado en un bosque de una zona cálida arroja cifras no menores de las cien especies. Esto sin mencionar casos como el valle del río Pachitea, en Perú, donde conviven 350 especies de hormigas, y el resultado obtenido en la reserva de Tambopata, en el mismo país, donde un solo árbol arrojó 43 especies. En una hectárea de bosque tropical amazónico rondan ocho millones de hormigas, de suerte que la biomasa de las hormigas frente a la de los vertebrados está en una relación de cuatro a uno. Si adicionamos todas las especies de orden, así como las del orden *Coleoptera*, muy probablemente la relación se convertirá en catorce a uno.

En cuanto a la capacidad de consumo de alimento, un solo nido de la hormiga *Formica polyctena* captura 20 millones de presas al año por hectárea, mientras que los nidos de las hormigas arrieras (género *Atta*) emplean entre 12 y 17 por ciento de la producción foliar, por lo que este género se convierte en el principal herbívoro de un bosque neotropical. Así mismo, un gramo de miel de *Apis mellifera* requiere visitar cerca de doscientas mil flores de trébol.<sup>13</sup> Entre tanto, las hormigas son responsables de una rara concentración de ácido fórmico en la parte alta de la atmósfera de las zonas tropicales y remueven más suelo que las lombrices.

Dadas estas cifras, cuál sería la respuesta a siguiente cuestionamiento: ¿qué será más grave para nuestros ecosistemas, la extinción de los mamíferos herbívoros o la extinción de dos o tres especies de hormigas del género *Atta*?

### Algunas consecuencias de estas formas de ver la biota

La situación descrita repercute en el manejo de los diversos problemas relacionados con los seres vivos; problemas que van desde aspectos teóricos y formales del conocimiento como la intensidad horaria dada a cada grupo en la formación universitaria, hasta aplicaciones como la definición de áreas de conservación o los estudios de impacto ambiental.

CLASE	Número de especies extintas	Número de especies en peligro*
Mammalia	89	1096
Aves	108	1107
Reptilia	21	253
Amphibia	5	124
Arachnida	0	10
Crustacea	10	407
Gastropoda	225	806
Insecta	73	537

**Tabla 1.** Listado de algunos grupos de especies animales consideradas extintas o en algún nivel de peligro\* (crítico, en peligro, vulnerable), por el Centro Mundial de Monitoreo y Conservación (WCMC, 1997).

La mención del tema de la conservación llena la mente de imágenes de lobos esteparios, ballenas danzantes, glotones osos andinos y majestuosos cóndores, entre otros, pues un plan frecuente de conservación consiste en promocionar estos animales emblema por poseer características como una fuerte valoración moral, un alto sentido estético y la atribución, por parte de algunos científicos, de gran importancia ecológica, dados su tamaño y abundancia. No sobra mencionar que tras todas estas cualidades está la citada aceptación de una progresión en la evolución que hace a estos seres representantes de las partes altas del árbol, los más importantes, según la idea.

Si bien es claro que el problema de la conservación depende de lo que se afiance en el público y, en tal sentido, ante la emergencia "toda estrategia vale", es necesario tener una visión más completa de nuestra posición, pues de otro modo el trabajo científico y los esfuerzos de conservación irán en direcciones poco menos que diferentes. Una vez estructurado un plan de conservación, ¿cómo convencer a la sociedad de la importancia de preservar el área con máxima riqueza de mosquitos del país, o el sitio que alberga las especies más raras de avispas y chinches?

Los listados de especies en peligro de extinción son sintomáticos (**tabla 1**) mientras las especies de mamíferos situadas en alguna de las categorías de peligro representan 24,3 por ciento del total descrito, esta misma relación apenas indica 0,07 por ciento para los

insectos. Tradicionalmente se argumenta que los insectos, por su antigüedad, están más dispersos y difícilmente revelan patrones de distribución tan restringidos como los de los mamíferos, de más reciente aparición.

No obstante, Haffer elaboró su modelo de los refugios del cuaternario, gracias a los patrones coincidentes de entidades que, a la vista de las explicaciones tradicionales, tendrían capacidades de dispersión y requerimientos tan disímiles como aves, lagartos, mariposas y árboles. Si bien en la actualidad este modelo de los refugios tiene detractores, es indiscutible que las áreas de distribución no obedecen a esta preconcepción sobre la distribución. Un buen ejemplo es el estudio de Brown con toda la subfamilia *Heliconiinae*.

En el campo de los estudios de impacto ambiental, donde se toman decisiones de incidencia inmediata en el manejo y conservación, las guías para evaluación de proyectos no ofrecen una visión distinta. Al consultar las normas y directrices desarrolladas por entidades nacionales de trayectoria y apoyadas por instituciones extranjeras de fama mundial, se encuentra el siguiente estilo de parámetros para el estudio de la fauna en un proyecto:

- Caracterizar la composición, estructura y dinámica de los grupos faunísticos tanto terrestres (aves, mamíferos, reptiles) como acuáticos (anfibios), en particular las especies que se encuentren en estado crítico.
- Identificar las cadenas tróficas de las especies más representativas.
- Identificar y describir las posibles migraciones de aves.
- Identificar la entomofauna de importancia médica.

Notablemente es sólo en el campo médico donde se hace mención al grupo más rico y abundante de los ecosistemas. Todo esto sin olvidar que las especies de importancia médica son una minúscula parte de la riqueza artropodiana.

Surgen al menos tres preguntas en este contexto: ¿cuales serán las consecuencias de hablar de la dinámica de un ecosistema y crear modelos de flujo de energía sin considerar lo

Grupo biológico	Plantas	Otros Inverteb.	Insectos	Cordados
Riqueza descrita	248.428	229.461	751.000	42.580
Taxónomos	2.574	1.359	1.764	2.394
Relación spp./tax	96	169	426	18
Relación tiempo (días)/tax	133	75.6	30	710

**Tabla 2.** Relación entre el número de especies descritas en el mundo de cada grupo y el número de especialistas en los Estados Unidos.

que les sucede a los artrópodos? ¿qué sucederá en la biodiversidad global si nos empeñamos en definir parques naturales exclusivamente a partir de la información de distribución de aves y mamíferos? ¿Cuál será la confiabilidad de los estudios de impacto ambiental elaborados sobre los grupos menos representativos en los sistemas del neotrópico?

Obviamente la formación de profesionales, sean biólogos, antropólogos o economistas, es la causa de este enfoque, por lo que una educación y un campo laboral que se mantienen enmarcados por esta visión de la biota, desencadenan la proliferación de especialistas en vertebrados y la ausencia de científicos en áreas que están requiriendo hoy mucho esfuerzo humano. A modo de ejemplo, las **tablas 2 y 3** presentan una relación especies/taxónomo en dos situaciones extremas. Para esto se obtuvieron los siguientes datos:

Orden de Insecta	Coleoptera	Hymenoptera.	Lepidoptera	Diptera	Hemiptera
Riqueza mundo	450.000	300.000	160.000	125.000	112.000
Riqueza neotrópico	220.000	150.000	80.000	62.000	55.000
Taxónomos brasil	30	26	15	50	28
Relación spp./tax M	15.000	11.000	10.000	25.000	4.000
Relación tiempo (días)/tax	7	9	10	4	25
Relación spp./tax N	7.500	5.700	5.300	1.240	2.000
Relación tiempo (días)/tax	14	18	19	82	51

**Tabla 3.** Relación entre el número de especies estimadas (en el mundo y en el neotrópico) de algunos órdenes y el número de especialistas en Brasil. Vale anotar que la "abundancia" de taxónomos en *diptera* y *hemiptera* se debe a su importancia médica.

1. El número de especies descritas y el número de especies estimadas tanto en el mundo (P) como en el neotrópico (N).

2. El número de especialistas estadounidenses, país escogido dado que cuenta con la mayor infraestructura científica del mundo según su predominio en el nivel de las publicaciones (30,8%) y el número de taxónomos brasileros, ya que es el primer país suramericano en cuanto a población científica y a contribuciones publicadas con un 0,64%; a modo de nota se menciona que Colombia sumada a Ecuador y Perú, contribuyen con el 0,019% de las publicaciones mundiales.<sup>14</sup>

Con esta información y suponiendo que un científico permanece activo 35 años sin un día de descanso, trabajando 8 horas diarias, sin atender labores administrativas ni invertir largo tiempo de lucha por recursos, vemos que en el primer caso (**tabla 2**) podría dedicarle casi dos años exclusivamente a estudiar cada especie de cordado mientras que dispondría de 30 días para una de insecto. En la otra situación (**tabla 3**), nuestro científico dedicaría dos meses y medio a cada especie de díptero y dos semanas a cada especie de coleóptero.

Alguien podría pensar que existen cifras razonables en estas proporciones, por lo que es necesario recordarle que desde Linneo hasta hoy toda la comunidad científica lleva cerca de millón y medio de especies descritas de todos los grupos biológicos y que sólo del 10% de

estas sabemos algo más que el nombre. Todo lo que sabemos de Biología viene de ese 10%.

En síntesis, el manejo racional y conservación de la riqueza biológica deben reorientarse con urgencia en al menos tres aspectos: la formación educativa a todos los niveles, la investigación básica y las directrices para los estudios de impacto ambiental. Es necesario crear espacios para la educación e investigación, proporcionales con la distribución de la riqueza de nuestros ecosistemas. A su vez, es necesario que las normativas para evaluación y manejo de proyectos de impacto ambiental consideren los grupos más incidentes.

No se puede decir que estamos en la "Era de los mamíferos" ya que desde los ángulos revisados esto es claramente inconsistente con la realidad. Aunque podría aceptarse que las denominaciones comunes de tales divisiones geológicas son sólo elementos mnemotécnicos

o gruesas caracterizaciones, es inadmisibles que éstas aparezcan como los eventos más notables en la historia de la vida. Los datos paleontológicos nos indican que los insectos se encuentran en su apogeo geológico desde hace al menos cien millones de años (medios del cretáceo).

Ahora, si recordamos que una de las características más importantes para la definición de etapas en el tiempo geológico es la aparición y marcada abundancia de un grupo biológico, y si queremos ser rigurosos con esta tradición, no deberíamos pensar en tres grandes eras, paleozoico, mesozoico y cenozoico, sino en dos: paleozoico o era de los artrópodos conocidos como trilobites, y cenozoico o era de los artrópodos conocidos como insectos; el límite entre éstas empezaría a mediados del cretáceo.

## Referencias

1. **Simpson, G.:** *Fósiles e historia de la vida. Labor.* Barcelona. 240pp, 1985.
  2. **Curtis, H.; Barnes, S.:** *Biología. Panamericana.* Buenos Aires. 1199pp, 1994.
  3. **Gould, S.:** *La vida maravillosa. Crítica.* Barcelona. 357pp, 1991.
  4. **Mayr, E.:** *The growth of biological thought.* Harvard University Press. Cambridge. 974pp, 1982.
  5. **Stevens, P.:** *The development of biological systematics.* Columbia University Press. New York. 616 pp. 1994.
  6. **Labandeira, C.; Sepkoski, J.:** *Insect diversity in the fossil record.* Science. 261: 310-315, 1993.
  7. **Shear, W.; Kukalová-Peck, J.:** *The ecology of paleozoic terrestrial arthropods: the fossil evidence.* Can. J. Zool. 68: 1807-1834, 1993
  8. **Kauffman, E.; Harries, P.:** *Las consecuencias de la extinción en masa.* 17-64. En Agustí, J. (ed.). *La lógica de las extinciones.* Tusquets. Barcelona. 227pp. 1996.
  9. **Angus, R.; I. Ribera.:** *Entomología del cuaternario.* Bol SEA Paleontología. 16: 175-182, 1996.
  10. **Conway, S.:** *The crucible of creation.* Oxford University Press. London. 242pp., 1998.
  11. **Minelli, A.:** *Biological systematics.* Chapman and Hall. London. 387pp, 1993.
  12. **Melic, A.; Ribera, I.:** *La cronodiversidad biológica.* Bol SEA Paleontología. 16: 189-206, 1996.
  13. **LaSalle, J.; Gauld, I.:** *Hymenoptera: Their diversity, and their impact on the diversity of other organisms.* 1-26. En: LaSalle, J., I. Gauld (Eds.). *Hymenoptera and biodiversity.* C.A.B. London. 348 pp, 1993.
  14. **Gibbs, W.:** *Lost science in the third world.* Scientific American. August. 92-99., 1995.
- Sitios en internet:**
- WCMC. 1997. [www.wcmc.org.uk/species/animals/table1.html](http://www.wcmc.org.uk/species/animals/table1.html) □

# LOS PÁRAMOS ANDINOS FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL

HISTORIA  
DE UNA SED  
ANUNCIADA



**Marco Antonio Rondón, Ph.D.**

Laboratorio de Isótopos Estables,

Centro Internacional  
de Agricultura Tropical, CIAT.

e-mail: [m.rondon@cgiar.org](mailto:m.rondon@cgiar.org)



PARA LOS MUISCAS, PRIMEROS Y  
MILENARIOS MORADORES DE LAS ALTAS  
MONTAÑAS COLOMBIANAS, LOS PÁRAMOS  
SIEMPRE FUERON LUGARES SAGRADOS DE  
CULTO Y ORACIÓN. DE IGUAQUE,  
UNA MUY BELLA ENTRE SUS CIENTOS DE  
LAGUNAS, EMERGIÓ UN DÍA BACHUÉ, PARA  
POBLAR LAS TIERRAS NUBLADAS Y SERENAS.  
APENAS CINCO SIGLOS DESPUÉS QUE LOS  
ESPAÑOLES CONQUISTARON PARA SÍ LOS  
DOMINIOS DEL CÓNDOR Y LES DIERON UN  
NUEVO NOMBRE, EL PÁRAMO DISTA YA  
MUCHO DE SER LO QUE ANTES FUE.  
¿CUÁNTO MÁS LOGRARÁN RESISTIR LOS  
FRAILEJONES EL EMBATE IMPLACABLE DEL  
HOMBRE? ¿CON QUÉ AGUA SE CALMARÁ  
LA SED FUTURA SI EL PÁRAMO SUCUMBE?



Entre los numerosos récords mundiales de que Colombia hace gala o trata de ocultar al mundo, existe uno que a la vez alegra y entristece: por una parte nos vanagloriamos de tenerlo, pero al mismo tiempo escondemos la cara por saber que estamos destruyéndolo aun antes de conocerlo. Se trata, desde luego, del Páramo, enclave natural como pocos, de cuya gran extensión el suelo colombiano alberga en franjas altitudinales entre 3.300 y 4.100 metros sobre el nivel del mar, en las tres cordilleras.

Colombia, país de gran diversidad, tiene en sus páramos tropicales uno de sus ecosistemas más valiosos desde numerosos puntos de vista: su fascinante belleza, el sorprendente colorido y la insospechada variedad de plantas y animales, perfectamente adaptados a las altas montañas, donde la niebla es casi siempre soberana, pero donde en algunas mañanas el sol ilumina con tanto poder que todo adquiere un brillo maravilloso. Páramo, lugar donde las exclamaciones de asombro son inevitables y van y vienen interminablemente, movidas por el eco de las remotas cumbres. Quien haya visitado alguna vez el páramo siempre habrá de regresar, pues no podría encontrar otro lugar donde el aire sea tan ligero y limpio y el agua tan transparente. Grandes son, por tanto,



Fotografía: Andrés Hidalgo.

las posibilidades de integrar este ecosistema a los florecientes programas internacionales de turismo conservacionista.

Sólo tres países de entre todos los del mundo incluyen el páramo entre su geografía. Pero hospedando en sus 11.400 km<sup>2</sup> 65 por ciento del área total de páramos y dependiendo de él para proveer de agua potable y energía eléctrica a grandes sectores de la población, es Colombia, sin duda, el país donde este ecosistema tropical reviste su máxima importancia global. Por tal razón, claramente Colombia tiene la responsabilidad

ante sus ciudadanos y ante el mundo de comprender, cuidar y preservar sus páramos.

### Minúsculo saber; enorme ignorancia

Muy a pesar de lo dicho, sabemos muy poco de los páramos. Y aun cuando existen varios estudios que confirman la existencia de al menos mil ochocientas especies de plantas, muchas de ellas endémicas, no conocemos con precisión estas cifras, y el conocimiento de la diversidad de la fauna es aún mucho más limitado. Desconocemos por completo el potencial microbiológico que el rico suelo de los

Hay otras cosas que, en cambio, conocemos mejor. Sabemos, por ejemplo, que en los últimos 20 años, al menos 25 por ciento del área de páramo ha sido destruida en Colombia por las presiones de campesinos que han sido forzados a migrar hasta las últimas fronteras en busca de un lugar dónde morar o hacia dónde expandir su territorio agrícola para acopiar algo más de papa a sus hogares. En años más recientes, creciente influencia están teniendo también grupos de personas adineradas de las ciudades que, quizás anticipándose al calentamiento global, han empezado a construir "casas de invierno" en los páramos aledaños a las grandes ciudades.

Sabemos que prácticamente toda el agua y la energía hidroeléctrica de Bogotá, Tunja, Pereira, Popayán, Pasto y numerosas ciudades más de la región andina y de la zona cafetera provienen de las cuencas de los páramos. Sabemos que al menos 10 millones de personas en Colombia beben cada día agua nacida del páramo sin agradecer por ello al nublado lugar de su origen. Hay aún algo más que muy poco se sabe y se comenta: que el páramo es un ecosistema tan frágil como especializado y que si alguna sola de las condiciones ambientales que lo han hecho posible (clima, suelo, vegetación, etc.) llega a alterarse, el páramo puede afectarse de modo irreversible. Para mala fortuna nuestra y, peor aún, de nuestros descendientes, estamos al comienzo (ojalá que apenas sólo sea el comienzo) de uno de tales cambios.

## DESCONOCEMOS POR COMPLETO EL POTENCIAL MICROBIOLÓGICO QUE EL RICO SUELO DE LOS PÁRAMOS ACOGE.

### El páramo frente al cambio del clima

páramos acoge, aunque sospechamos que es enorme, ya que en él conviven las gélidas aguas de los glaciares con los hirvientes géisers de los volcanes. Los microorganismos son allí altamente especializados, y muchos nuevos productos y tecnologías podrían emerger de sus entrañas si tenemos el valor de actuar a tiempo para preservarlos, estudiarlos y explotarlos racionalmente.

Es bien conocido el hecho de que la temperatura media global de la Tierra ha estado incrementándose constantemente en las últimas décadas, como resultado de las emisiones de grandes cantidades de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y varios más) provenientes, principalmente, del quemado de combustibles fósiles y de las actividades industriales del hombre. La mayoría de veces, esto ocurre en los países más

desarrollados del planeta, particularmente en los Estados Unidos. Podemos sentirlo cada día y en todos los lugares. Este aumento de temperatura está causando cambios en los patrones de distribución de lluvia y en los regímenes de circulación de la atmósfera y del océano; es decir, está logrando que todo el clima planetario cambie. Y es, en gran medida, un clima estable lo que ha hecho posible que los páramos sean lo que hasta ahora han sido.

Frente a modificaciones del entorno, los ecosistemas naturales tratan de adaptarse moviéndose a sitios que les sean más propicios. Sin embargo, los páramos no tienen, infortunadamente, un nuevo lugar donde migrar; están arrinconados en la naturaleza. Más arriba, ya sólo hay arenales y roca desnuda y el área de las altas montañas es ya muy reducida comparada con la que actualmente es cobijada por los páramos. Frente a un calentamiento global, es muy fácil prever que los páramos terminarán reduciéndose de tamaño e incluso podrían llegar a extinguirse. Si ello ocurriera, no solamente se habría perdido toda la belleza y el potencial de la rica y desconocida biodiversidad del páramo, sino que también el suministro de agua para muchos millones de personas en Colombia debería buscarse en otros lugares, muy remotos, las más de las veces, a unos costos por ahora incalculables. Los efectos sociales previsi-

bles son también, desde luego, de una magnitud difícil de imaginar: baste decir que si en el presente siglo las guerras han sido por el control de territorios, numerosos expertos prevén que las del próximo siglo serán por el control del agua.

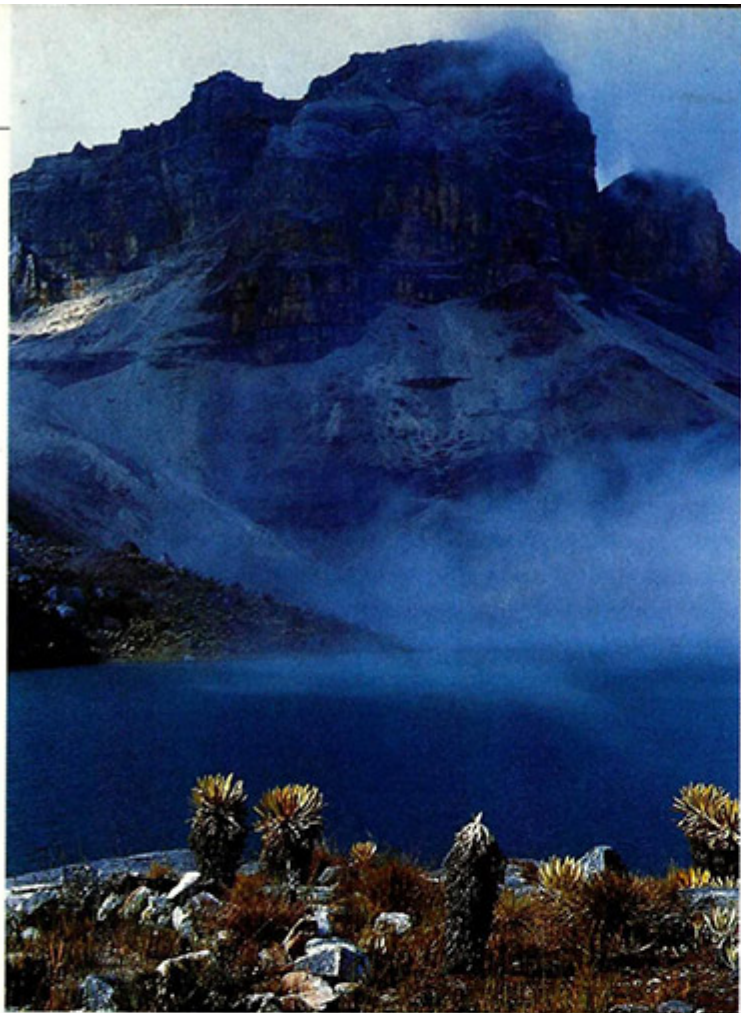
### Una espiral peligrosa

Aún hay más en el complejo mundo de los páramos. Sus suelos son, en general, muy profundos y están fundamentalmente constituidos por materia orgánica en diversos estados de descomposición. En algunos lugares pueden tener tanto como 50 por ciento de carbono frente a tres por ciento, que es frecuente para la mayoría de los demás suelos conocidos. No tenemos un inventario ni siquiera aproximado de la cantidad de carbono total almacenado en los suelos del páramo, pero sabemos que es considerable. Si la vegetación de la cubierta del páramo desaparece por cualquier causa, la superficie quedará expuesta a la acción directa del sol. Los suelos del páramo son muy ricos en compuestos húmicos que les imparten su característico color negro, y ello favorece la absorción de la radiación solar. Estos factores, actuando simultáneamente, generarán un aumento de la temperatura del suelo, lo cual, unido al propio aumento de la temperatura del ambiente, acelerará dramáticamente los procesos microbiológicos que regulan la descomposición de la materia orgánica del suelo. La consecuencia será la liberación de grandes cantidades de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, resultado de la oxidación de la materia orgánica.

Los suelos del páramo han sido, a través de las eras geológicas, uno de los sumideros más eficientes de carbono atmosférico. Pero como resultado de la acción antrópica, podrían devolver rápidamente sus reservas de nuevo a la atmósfera y ayudarían a crear un sistema de retroalimentación positiva que sin duda acortaría el tiempo de vida del singular "archipiélago de clima frío en un mar de tierra caliente", como muy gráficamente lo ha descrito Thomas van der Hammen.



Fotografía: Andrés Hidalgo.



Fotografía: Andrés Hidalgo.

### Una esponja que puede dejar de ser flexible

Los suelos del páramo presentan muy bajas densidades y elevada porosidad total, lo cual favorece una elevada retención de agua (algunos suelos pueden retener hasta 10 veces su propio peso en agua). Ello, sumado a las bajas tasas de evapotranspiración y moderadas pero continuas precipitaciones durante el año, hace que los páramos, y en particular las planicies y valles pequeños donde se forman numerosas lagunas y reservorios, sirvan como depósito permanente de agua. Ésta es liberada lentamente y escurre durante todo el año para calmar la sed de los bosques, los campos de cultivo y las ciudades que habitan más abajo, y para llenar las represas de numerosas hidroeléctricas (Chingaza y Chivor, entre ellas) que producen la energía que millones de colombianos consumen cada día.

Al aumentar la temperatura superficial del suelo, parte del agua retenida se evapora. Este fenómeno es acelerado si no hay una

cubierta vegetal en la superficie, pues así los fuertes vientos, que son comunes en los páramos, aceleran el secado superficial del suelo. Una característica importante de los suelos del páramo es que si llegan a secarse por debajo de un nivel crítico se contraen y disminuyen irreversiblemente la capacidad de almacenar agua. La compleja maquinaria biogeoquímica que mantiene elevadas reservas del líquido vital en los páramos podría estar siendo severamente alterada por los cambios del clima. Algunas de las posibles consecuencias ya las hemos experimentado: recordemos que el tristemente célebre apagón de 1992 en Colombia fue, en parte, atribuido al Fenómeno del Niño de ese año, que fue muy severo. Llovió entre 25 y 30 por ciento menos en las áreas de páramos y se agotaron progresivamente sus reservas de agua. Tuvimos ya un año de oscuridad; evitemos que se convierta en un siglo.

### No sólo carbono fluye en las alturas

La situación de los páramos respecto a ciertos gases de efecto invernadero (GEI), más nocivos incluso que el  $\text{CO}_2$  y que también se están acumulando en la atmósfera, es tan compleja como desconocida. En las actuales condiciones, los suelos de los páramos son probablemente una fuente neta de metano ( $\text{CH}_4$ ) durante la mayor parte del año. En un escenario de mayor temperatura y precipitación reducida que la mayoría de modelos del clima predicen para la alta región andina, los páramos podrían disminuir sus emisiones netas de metano o incluso convertirse en sumideros netos. Para el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), es más factible esperar un incremento en las emisiones como resultado de mayor actividad metabólica y mayor suministro de nitrógeno al sistema resultante de la descomposición acelerada de la materia orgánica del suelo. Todos los procesos de intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera son el resultado de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo, y todos están estrechamente interconectados. El páramo es una compleja

entidad viva que respira y sufre. Lo que hagamos con él podría sentirse incluso en los más lejanos confines de la Tierra.

### Sin rastros del carbono perdido

Uno de los primeros efectos en manifestarse cuando un suelo virgen es utilizado para ciertos usos, y en particular para actividades agrícolas, es un drástico aumento en la tasa de oxidación de la materia orgánica del suelo

---

## NO SABREMOS JAMÁS CUÁNTO CARBONO SE HA DESPLAZADO DE LA TIERRA AL CIELO POR HABER FORZADO AL PÁRAMO A USOS INDEBIDOS.

---

superficial, con la consiguiente emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. En los suelos de los páramos, caracterizados por tener perfiles muy profundos de incluso varios metros, los fenómenos de pérdida de la capa superficial del suelo por oxidación o erosión pasan con frecuencia inadvertidos para la mayoría de miradas. Este

fenómeno se debe, en parte, a que es muy difícil saber con precisión dónde estaba el nivel superficial de los suelos en el momento de ser convertidos a usos antrópicos, y en parte, también, a que la densidad aparente del suelo puede ser en gran medida afectada por el pisoteo del ganado o por las actividades de labranza realizadas para la plantación y manejo de los cultivos. Miles de hectáreas de páramos han sido quemadas intencionalmente para dedicarlas a cultivos de papa; luego han sido abandonadas y se han convertido, finalmente, en pastizales muy improductivos. Este proceso avanza sin cesar cada vez más arriba. No sabremos jamás cuánto carbono se ha desplazado de la tierra al cielo por haber forzado al páramo a usos indebidos.

### ¿Más vale tarde que nunca?

No conocemos cuánto carbono poseen los páramos; no sabemos qué tan rápido va a responder este ecosistema a un cambio en la temperatura y en los regímenes de precipitación y cómo ello va a afectar la capacidad del ecosistema para almacenar y dispensar agua. Sólo sospechamos que los cambios serán dramáticos, que podrán ocurrir muy rápido y que después, millones de voces de lamento no servirán para revertir sus efectos. Si no se actúa ahora, muy posiblemente no habrá después otra oportunidad de actuar.

Las entidades interesadas en la preservación de los recursos naturales del país están conscientes de la necesidad de actuar. El país cuenta con universidades y profesionales calificados en diversas áreas del conocimiento que podrían abordar el programa de investigaciones requerido para cuantificar la gravedad de la amenaza e identificar acciones efectivas que permitirían frenar esta carrera hacia una catastrófica sed anunciada. Algunas de estas acciones están al alcance de las entidades del Estado; otras dependen de los ciudadanos; algunas más —en particular las relacionadas con la influencia que el aumento de temperatura, atribuible al quemado de combustibles fósiles por la industria mundial, tendrá sobre los



Fotografía: CIAT.

páramos— deberán ser tema de urgente concertación internacional por las autoridades ambientales en los foros apropiados.

Así como existe ya una unión de países insulares que hacen sentir su voz al ver amenazada su existencia por un vaticinado ascenso en el nivel medio del mar, causado por el deshielo de los glaciares y casquetes polares por un incremento en la temperatura, Colombia debería abanderar un grupo de países que lucharan en las convenciones internacionales por el derecho a preservar el agua vital que nace de los páramos y sin la cual no sabríamos qué hacer.

El páramo es un patrimonio imprescindible de los colombianos. Sus aguas corren también por nuestras venas. Es una obligación de las entidades privadas y oficiales y de los

individuos conscientes emprender ya las acciones que pongan freno a la amenaza que se cierne sobre todos. Es una obligación de todos los colombianos cooperar para que el páramo, que tardó millones de años en formarse, no muera para siempre en unos cuantos meses.

El autor ha preparado un proyecto de investigación y lo ha presentado al Ministerio del Medio Ambiente y a algunas entidades internacionales de financiamiento. Su propósito es evaluar la respuesta del páramo frente a incrementos de la temperatura media anual y establecer el papel que este ecosistema juega en los ciclos biogeoquímicos del carbono y otros nutrientes. Las personas interesadas en información técnica más detallada al respecto pueden comunicarse con el autor.

### Lecturas recomendadas

- **Balslev, H.; Luteyn, J.:** *Paramo an Andean Ecosystem Under Human Influence*. Ed. Academic Press, London UK, 1992.
- *El Páramo: Ecosistema de alta montaña. Serie montañas tropicales. Vol 1.* Ed. Códice Ltda. Bogotá.
- *El Páramo, ecosistema a proteger.* Ed. ECOAN, Bogotá. 17-36.
- **Gubl, Ernesto:** *La sabana de Bogotá, sus alrededores y su vegetación.* Jardín Botánico J. Celestino Mutis. Ed. IGAC, Bogotá. 1981.
- **Harrison, K.:** *Using Bulk Radiocarbon Measurements to Estimate Soil Organic Matter Turnover.* In: Lal, R.; Kimbley, J.; Follett, R.; Stewart, B. (ed) (1997) *Soil Processes and the Carbon Cycle. Advances in Soil Science.* CRP press. 549-560, 1997.
- **Intergovernmental Panel on Climate Change.** IPCC (1995) *Second Technical Assessment report.* Cambridge press.
- **La Valle, D.:** (1987) *La ocupación prehistórica de las tierras altas andinas.* Arqueología No.1: 11-24. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- **Memorias del seminario sobre alta montaña colombiana.** Academia Colombiana de Ciencias. Bogotá. Memorias No.3: 1993.
- **Rondón, Marco:** *Land Use Changes and Greenhouse Gases in Colombian Tropical Savannas.* Ph.D. Dissertation. Cornell University, 2000.
- **Schlesinger, W.:** *Biogeochemistry; an Analysis of Global Change.* 2 edition, Academic Press, 1997.
- **Van der Hammen, Thomas:** *La dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana: historia, cambio global y biodiversidad.* En: Memorias del seminario sobre alta montaña colombiana. Academia Colombiana de Ciencias. Bogotá. Memorias No.3: 11-16, 1995.
- **Sitios de internet:**  
 · <http://www.ipcc.cb/>  
 · <http://www.unfccc.de/>  
 · <http://www.panda.org/climate/impact.shtml>  
 · <http://www.ec.gc.ca/climate/>  
 · <http://www.zinezone.com/zines/news/activism/ozone/index.html>. □


---

**“EL MUNDO  
NO ES ÚNICAMENTE  
BLANCO O NEGRO...”**

# LÓGICA

**Fredy E. Medina Q.**  
Coordinador Sociedad  
Colombiana de Inteligencia  
Artificial.

Bogotá, Colombia.  
E-mail: femedina@hotmail.com  
www.colart.com/scaintar



La lógica difusa es un concepto derivado de la rama de los conjuntos borrosos o difusos de la teoría matemática que permite analizar información del mundo real en una escala que oscila entre lo falso y lo verdadero. Se basa en el principio de razonamiento del cerebro humano, el cual puede procesar información que involucra incertidumbre o juicios de valor, en donde las cosas resultan ser parcialmente ciertas.

El tema de la borrosidad y el gris aparece en los sistemas de creencias orientales, viejos o nuevos, desde el taoísmo de Lao-tse hasta el moderno zen del Japón. Filósofos modernos como Descartes desarrollaron trabajos que tra-



# DIFUSA

taban de averiguar cuál era la naturaleza de la identidad, y han buscado en vano la sustancia común que hace que pase a ser un trozo de cera lo que ya no es un trozo de cera. David Hume comprendió que el yo se disolvía en un no yo, consistente en un haz de sensaciones. El filósofo existencialista Søren Kierkegaard tituló en 1843 su libro sobre la decisión y el libre albedrío *O esto o aquello*, y consideró que el hombre era un esclavo cósmico de sus elecciones binarias de hacer o no hacer, de ser o no ser.

A finales del siglo XIX, el matemático alemán George Cantor inició el estudio y la aplicación de la Teoría de Conjuntos, punto de partida de la matemática moderna. Señaló que

a una colección de objetos se le llamaría conjunto, y que de los objetos individuales de dicha colección se diría que serían elementos del conjunto o que pertenecerían a éste.

A principios del siglo XX dos acontecimientos hicieron que naciese la lógica difusa. El primero, el redescubrimiento por el lógico Bertrand Russell de las paradojas griegas en los fundamentos de la matemática moderna; luego, el físico Werner Heisenberg descubrió el "principio de la incertidumbre" de la Física cuántica. Heisenberg hizo científica la duda, por medio de su estudio del principio de incertidumbre que dice "perturbas lo que mides", y de esta forma enseñó a los físicos que

---

EN LA MEDIDA EN QUE LAS LEYES MATEMÁTICAS

SE REFIEREN A LA REALIDAD, NO SON CIERTAS.

---

Y EN LA MEDIDA EN QUE SON CIERTAS,

---

NO SE REFIEREN A LA REALIDAD.

---

ALBERT EINSTEIN. *GEOMETRY AND EXPERIENCE.*

no todas las proposiciones científicas eran verdaderas o falsas.

Desde la Epistemología, la diferencia fundamental entre la lógica clásica y la lógica difusa es algo que Aristóteles llamó la ley del medio excluido. En teoría de conjuntos, según la lógica clásica, un objeto pertenece o no pertenece a un conjunto. No hay intermedio: el número tres pertenece totalmente al conjunto de los números impares y no al conjunto de los números pares. En estos conjuntos bivalentes, un objeto no puede pertenecer a un conjunto y al conjunto complementario o a ninguno de los conjuntos. Este principio preserva la estructura de la lógica y evita la contradicción de un objeto que es y no es al mismo tiempo. Así, dada la similitud de la lógica difusa con el comportamiento humano, es posible diseñar sistemas inteligentes de control que se adapten a una mejor interacción con el comportamiento humano.

Ya en el siglo XX y a mediados de los años treinta, Lukasiewicz trató de explicar matemáticamente el modo de pensar de las personas y creó la lógica multivariada.

En 1965, Lofti Zadeh, profesor de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación, de la Universidad de Berkeley, basándose en el trabajo de Lukasiewicz, introdujo la lógica difusa basada en la Teoría de Conjuntos Difusos, donde un elemento no necesariamente pertenece o no pertenece a un conjunto, sino que hay una continuidad de "grados de pertenencia".

En la década del sesenta, se creía que en los años venideros el hombre llegaría a construir máquinas "pensantes". Sin embargo, pasadas tres décadas no se ha podido cumplir con esta meta, y hoy día los computadores no logran simular el razonamiento de los humanos, ya que aquéllos están facultados para

trabajar con matemáticas precisas, mientras el mundo real está lleno de imprecisión e incertidumbre. Este dilema puede afrontarse desde dos puntos de vista. Uno es suponer que el problema está en el método de control, y, por tanto, la solución es aplicar más matemática. El otro punto de vista consiste en aceptar que la matemática es el problema, y es allí donde aparece la lógica difusa. En efecto, la lógica difusa encuentra que en el mundo real son muy escasos los conjuntos no *fuzzy* (borrosos) o convencionales. Por ejemplo: el conjunto de los mamíferos encuentra un problema al tratar con el ornitorrinco. La lógica difusa no tiene que tratar con este tipo de excepciones, ya que permite una pertenencia parcial a un conjunto.

El pensamiento es un juego de conjuntos. Eso, precisamente, es la lógica difusa: razonar con conjuntos borrosos. Las matemáticas que se conocen son un caso especial de las matemáticas borrosas; así, la lógica borrosa significa razonar con números y conjuntos difusos.

La lógica difusa se basa en una nueva teoría de conjuntos. Los conjuntos difusos, o multivalentes, rompen el principio de medio excluido, en cierto grado. Las cosas pertenecen parcialmente a un conjunto difuso, aunque también pueden pertenecer a más de un conjunto. Por ejemplo: una persona puede sentir el aire ya sea frío, agradable o cálido. Las fronteras de los conjuntos convencionales son exactas; las de los conjuntos difusos son curvadas o se superponen (**Figura 1**), y esta curvatura crea "contradicciones" parciales. El aire puede ser 30 por ciento frío y, al mismo tiempo, 70 por ciento no frío.

Para entender mejor el concepto, consideremos el siguiente ejemplo: tomemos un caso médico en el cual se afirma que "los pacientes que sufren de hepatitis presentan, 60 por ciento de los casos, fiebre alta; 45 por ciento de los casos, piel amarillenta; y 30 por ciento de los casos, náuseas".

Aunque este enunciado parece sencillo, el problema aparece cuando se tiene que definir qué es una "fiebre alta". Si le preguntamos a un médico, conseguiremos una respuesta real. Aun cuando la mayoría de los médicos están de

acuerdo en que el umbral está sobre los 39°C (102 grados Fahrenheit), esto no significa que un paciente con 101,9°F no tenga fiebre, mientras otro paciente con 102°F decididamente tiene una fiebre alta. (figura 1).

Si existiese un umbral definido para "fiebre alta", se podrían lograr diagnósticos muy precisos sólo con la medición de la temperatura. Si esto fuera cierto, se podría medir la temperatura del cuerpo hasta la quinta cifra significativa y esperar a que un doctor diagnosticara, basando simplemente en esta información muy precisa. En contraste, un médico no obtendrá un diagnóstico competente a partir de la precisión de un único parámetro, sino más bien evaluando la sintomatología de muchos de éstos. En realidad, la precisión de cada parámetro no implica la mejor calidad del resultado.

La lógica difusa manipula conceptos vagos como "caliente" o "húmedo", y permite construir muchos dispositivos que juzgan información difícil de definir. Cuando los matemáticos carecen de algoritmos que dictan cómo un sistema debe responder a entradas, por ejemplo para el control de una planta, la lógica difusa puede controlar o describir el sistema usando reglas de sentido común que se refieren a cantidades indefinidas. Los siste-

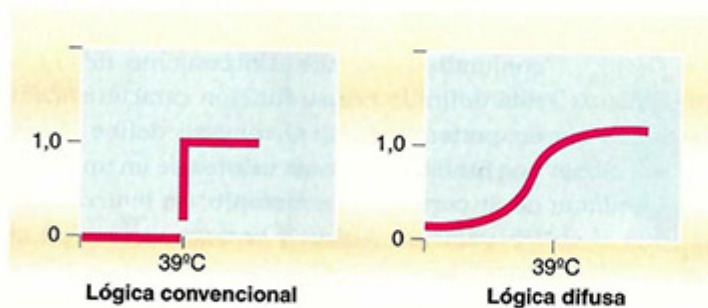


Figura 1. Paralelo entre la lógica tradicional y la lógica difusa. Nótese la variación gradual alrededor de los 39°C.

mas difusos frecuentemente tienen reglas tomadas de expertos; pero cuando no los hay, los sistemas difusos adaptativos aprenden las reglas observando cómo la gente manipula sistemas reales.

La **tabla 1** muestra algunas de las ideas duales y los sistemas clave del pensamiento

humano y los compara con la lógica difusa o multivalente<sup>7</sup>:

Bivalencia	Multivalencia
A o no A	A y no A
Exacto	Parcial
Todo o nada	En algún grado
0 ó 1	Continuo entre cero y uno
Ordenador digital	Red neuronal (cerebro)
Fortran, C, JAVA	Castellano (lenguaje natural)
Bits	Fits*

\*Fits significa unidades borrosas o difusas que llenan el vacío entre 0 y 1, los valores de los bits.

Tabla 1. Cuadro comparativo de algunas corrientes de la lógica bivalente y de la multivalente.

Una de las principales potencialidades de la lógica difusa, cuando se la compara con otros esquemas que tratan con datos imprecisos, es que las bases de conocimiento de un sistema de este tipo son fáciles de examinar, entender, mantener y actualizar.

La lógica convencional es un caso particular de la lógica difusa, ya que al hacer un grado de pertenencia igual a 0 se indica una pertenencia nula o no pertenencia, y al igualar a 1, una pertenencia total.

La Teoría de Conjuntos Difusos ha desarrollado sistemas de control electrónico, procesadores, tarjetas y computadores, y su implementación puede llevarse a cabo de forma similar a la lógica binaria.

Los sistemas basados en lógica difusa pueden controlar más adecuadamente aquellos procesos gobernados por reglas intuitivas, que difícilmente pueden expresarse matemáticamente. Por ejemplo: en el control de un ascensor puede determinarse una desaceleración gradual cuando el ascensor esté próximo a su destino.

La gran potencia de esta metodología programable se debe a la posibilidad de expresar operaciones y controlar las reglas del sistema mediante palabras de uso cotidiano. Volviendo al ejemplo anterior, podría programarse un ascensor: "si está cerca de un piso y hay orden de parar, entonces disminuir

la velocidad". En este caso, una entrada al sistema de control sería la posición del ascensor, y como "cerca" es un conjunto difuso, o variable lingüística, el valor de verdad de la premisa y, por tanto, de la velocidad varía según dicha posición. La lógica difusa es matemática. Sus bases, principios y conceptos se sustentan en las matemáticas, aunque para su aplicación en la práctica en procesos de control simplifica el modelamiento matemático de sistemas reales.

La forma de expresar las reglas de operación mediante palabras permite controlar procesos sencillos con una decena de reglas, y procesos complejos con un número bajo de estas reglas, reduciendo considerablemente la cantidad de códigos de programación y, por tanto, el tiempo de diseño, el tiempo de desarrollo de un prototipo y la cantidad de memoria para almacenarlo, entre otras variables.

La descripción de un proceso mediante la formulación de reglas derivadas de la experiencia, en vez de ecuaciones matemáticas, ha llevado a sustituir implementaciones con procesadores de 32 bits por microcontroladores de ocho.

Además, puede implementarse en *software* haciendo uso de herramientas que

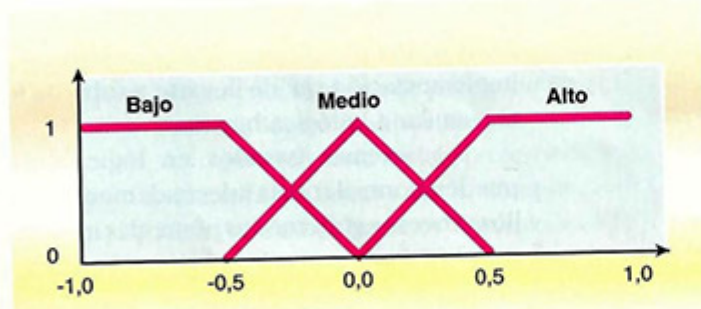


Figura 2. Funciones de pertenencia.



generalmente generan código en lenguaje C, o en ensamblador para su uso en microcontroladores convencionales y convertir el control difuso en una alternativa más apropiada y económica.

Otra ventaja del control difuso es la fácil modificación que puede llevarse a cabo cam-

biando algunas premisas y operaciones o adicionando reglas (el criterio de comportamiento del sistema va implícito en las reglas), mientras en un sistema convencional, un cambio pequeño requiere la derivación completa de nuevas ecuaciones.

## Conjuntos difusos

La Teoría de Conjuntos Difusos nos da un fondo matemático y buenos fundamentos para la descripción y manejo del tan complejo razonamiento humano. En las matemáticas clásicas, se está muy familiarizado con los conjuntos denominados *crisp*. Algunas veces, esta teoría es llamada modelamiento de indecisiones, y distingue los siguientes tipos de indecisiones.

- Indecisión estocástica: un evento ocurre con una probabilidad dada; por ejemplo, con el juego de dados.
- Indecisión léxica o lingüística: la descripción imprecisa de un objeto, como, por ejemplo, tibio, bajo precio.
- Indecisión de información: la indecisión causada por pérdida de información o información incompleta.

Los conjuntos difusos pueden entenderse como una extensión de los conjuntos "ordinarios", generalmente denominados conjuntos concretos. Un conjunto difuso  $C$  está definido por su función característica o de pertenencia  $\mu_C(x)$ , que se define como una función que toma valores de un universo de discurso  $U$  (por ejemplo, un intervalo de los números reales) y entrega valores en el intervalo real  $[-1,1]$ .

En la **figura 2** se muestran las funciones de pertenencia que definen tres conjuntos difusos, para los cuales el universo de discurso es el intervalo  $[-1,1]$ .

## Sistemas de lógica difusa

Un sistema de lógica difusa puede entenderse como un sistema no lineal de múltiples entradas y salidas concretas, cuya estructura interna se muestra en la **figura 3**. Cada una



conjunto de las variables lingüísticas de entrada se conoce como el universo de entrada, y el conjunto de las variables lingüísticas de salida se conoce como el universo de salida.

Figura 3. Diagrama general de un sistema de control difuso.

de las variables concretas de entrada o de salida se representa dentro del sistema de lógica difusa por medio de una variable lingüística. El conjunto de las variables lingüísticas de entrada se conoce como el universo de entrada, y el conjunto de las variables lingüísticas de salida se conoce como el universo de salida.

**Valores lingüísticos**

Son los posibles calificativos que puede tomar la variable lingüística; por ejemplo: Bajo, Medio, Alto, o en temperatura Frío, Tibio, Caliente. Cada uno de estos valores tiene asociado un conjunto difuso definido sobre el universo de la variable, que corresponde, así mismo, a un valor numérico asociado.

**Difusor**

El bloque difusor recibe las múltiples entradas concretas que llegan al Sistema de Lógica Difusa y produce un Conjunto Difuso por cada una de ellas (figura 4.)



Cada conjunto difuso producido por este bloque está definido sobre el universo de discurso de la variable lingüística respectiva, está centrado en el valor concreto de entrada y tiene una función de pertenencia cuya forma puede ser distinta para cada variable de entrada.

Figura 4. Sistema difusor.

En la figura 2 se muestran las funciones de pertenencia de los tres conjuntos difusos asociados a los valores lingüísticos Bajo, Medio y Alto.

Cada una de las variables concretas de entrada o de salida se representa dentro del sistema de lógica difusa por medio de una variable lingüística, que es un nombre con el que se distingue la naturaleza de la variable; por ejemplo: temperatura, cambio de error. El

**Motor de inferencia**

El motor de inferencia recibe los  $p$  conjuntos difusos producidos por el difusor y los aplica a cada una de las  $m$  reglas de la base de reglas, para producir  $m \cdot q$  conjuntos difusos (un conjunto difuso por cada variable de salida en cada una de las reglas) definidos sobre los universos de discurso de las variables lingüísticas de salida (figura 5).

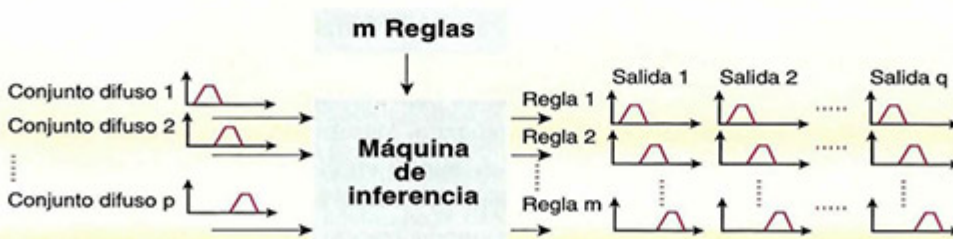


Figura 5. Máquina de inferencia.

## Concesor

El bloque de concreción recibe los  $m \cdot q$  conjuntos difusos generados por el motor de inferencia y produce  $q$  valores concretos correspondientes a cada una de las variables de salida del sistema de lógica difusa.

En general, para producir cada uno de los  $q$  valores concretos, el concesor toma los  $m$  conjuntos difusos correspondientes a cada variable de salida y mediante un algoritmo produce un valor concreto. Es en el concesor donde el sistema da una respuesta al mundo real transformando la información difusa a unos y ceros de prende o apaga.

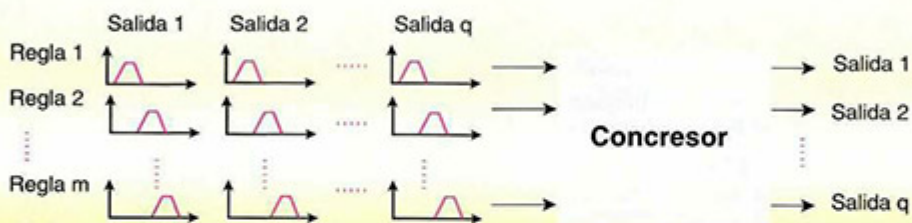


Figura 6. Concesor.

Ciertos algoritmos de concreción efectúan la unión o la intersección de los  $m$  conjuntos difusos.

El diseño de un sistema de lógica difusa plantea, como mínimo, la selección de los siguientes parámetros:

0. Elegir número de variables concretas de entrada y de salida.
1. Estructura de las variables lingüísticas asociadas a cada variable concreta de entrada y de salida.
2. Definición de los conjuntos difusos asociados a cada valor lingüístico de cada variable lingüística.
3. Definición del tipo de difusor empleado para cada variable de entrada.
4. Definición del número de reglas presentes en la base de reglas.
5. Valores lingüísticos de cada una de las variables del antecedente y del consecuente para cada regla.
6. Tipo de concesor empleado para cada variable de salida.

De lo anterior se desprende que la tarea para el diseñador de un sistema de lógica difusa puede ser compleja, pues debe seleccionar varios parámetros, cada uno de los cuales ofrece bastantes opciones.

## Aplicaciones de la lógica difusa

Ingenieros japoneses iniciaron el estudio y la aplicación en la década del setenta, y hoy se encuentran a la vanguardia en el diseño con lógica difusa. La han incorporado en electrodomésticos y cámaras fotográficas para graduar intensidad de luz y estabilidad y en equipos de aire acondicionado para controlar la velocidad,

estabilizar la temperatura, reducir considerablemente el consumo de potencia, mejorar la eficiencia e introducir gran versatilidad y funcionalidad en dichos aparatos.

La primera publicación sobre lógica difusa, que también acuñó este nombre, data de 1965; fue escrita por Lotfi Zadeh, profesor de sistemas de la Universidad de California, en Berkeley, Estados Unidos. De ahí en adelante, la historia de la lógica difusa sigue el modelo de muchas tecnologías clave recientes: inventada en los Estados Unidos, diseñada a la perfección en Europa, y, ahora, comercializada ampliamente en el Japón. Aún hoy, cuando centenares de aplicaciones exitosas de lógica difusa han probado el valor de esta tecnología, algunos científicos condenan el concepto.

Como resultado de muchos desarrollos, la lógica difusa se usa sobre cualquier área práctica de la informática o el control inteligente. Las cámaras de video y de fotografía usan lógica difusa para introducir en su control la pericia del fotógrafo. Mitsubishi lanzó el primer automóvil del mundo en el que cada sistema de control tiene como base la lógica difusa. En el campo de la automatización industrial, Omron Corporation logró más de trescientas cincuenta patentes en las que el control con lógica difusa perfeccionó muchos procesos químicos y biológicos.

EN CUALQUIER ESQUEMA ORDENADO  
 QUE LE DISPONGA UN PATRÓN  
 A LA VIDA DE LOS SERES HUMANOS,  
 HAY QUE INYECTAR CIERTA DOSIS  
 DE ANARQUISMO.

BERTRAND RUSSELL, SCEPTICAL ESSAYS.

En computación, la lógica difusa resulta una herramienta óptima para construir sistemas de apoyo de decisión, memoria *cache* y controladores de disco duro, así como algoritmos para compresión de datos y video. Tiene, también, aplicaciones en telecomunicaciones tales como cancelación de eco, enrutamiento de red y reconocimiento de protocolos.

Otro factor importante en el desarrollo de sistemas inteligentes son los sólidos antecedentes de investigación en tecnologías de redes neuronales. Todos los expertos en lógica difusa están de acuerdo en afirmar que la combinación inteligente de tecnologías y la lógica difusa será el próximo paso lógico en desarrollos adicionales de tecnología.

**Referencias:**

1. **Russell-Norvig:** *Artificial Intelligence: A Modern Approach* ed. Prentice Hall, Mexico, 1996.
2. **Altrok, C.:** *Fuzzy Logic and Neural Network Handbook*. New York: McGraw Hill, pp 1-3, 42-49, 1970.
3. **Brule, J. F.:** *Fuzzy Systems-a tutorial*.
4. **Macneill, F.M.:** *Fuzzy Logic a Practical approach*. Cambridge: AD Profesional, pp. 10-17, 62-76, 1994.
5. **Ogata, K.:** *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*. Mexico: Prentice Hall, 1996.
6. **Klir, G. J.:** *Fuzzy Sets Uncertainly*. New York, 1994.
7. **Delgado A.:** *Inteligencia Artificial y minirobots*. Ed. Ecoe ediciones, Santafé de Bogotá, 1998.
8. **Chen C-T.:** *Analog and Digital Control System Design: Transfer-function, State space, and Algebraic Methods* by Saunders College Publishing, 1993.
9. **Kosko B.:** *Pensamiento Borroso. La nueva ciencia de la lógica borrosa*. Ed. Crítica, Grijalbo Mondadori, Barcelona. 1994.

**Lecturas recomendadas:**

- **Caudill, M.:** *Neural networks primer, part I. AI expert*, 46-52. 1987.
- **Investigación y Ciencia.** *Función cerebral*. Barcelona Prensa Científica. 1991.
- **Kosko, B. and Isaka, S.:** *Fuzzy Logic*. *Scientific American*, 62-67, July. 1993.
- **Lee, C.C.:** *Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-part I. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 20, No. 2, 404-418. 1990.*

**Sitios en internet**

- <http://www.frc.ri.cmu.edu>
- <http://www.apollo.co.uk/a/>
- <http://www.fuzzgun.demon.co.uk>
- <http://www.golden.net>
- <http://www.solarbotics.com/>
- <http://www.webconn.com/mud/beam-india.html>
- <http://www.robotmag.com>
- <http://www.robotmag.com>
- <http://www.gal4.ge.uiuc.edu/illigal.bome.html>
- <http://www.fasco.Demon.co>
- <http://www.bronte.umcs.maine.edu>
- <http://www.nucleus.com>
- <http://www.nasa.gov>
- <http://www.bompro.com/tecbkids>. □

**Adpostal**



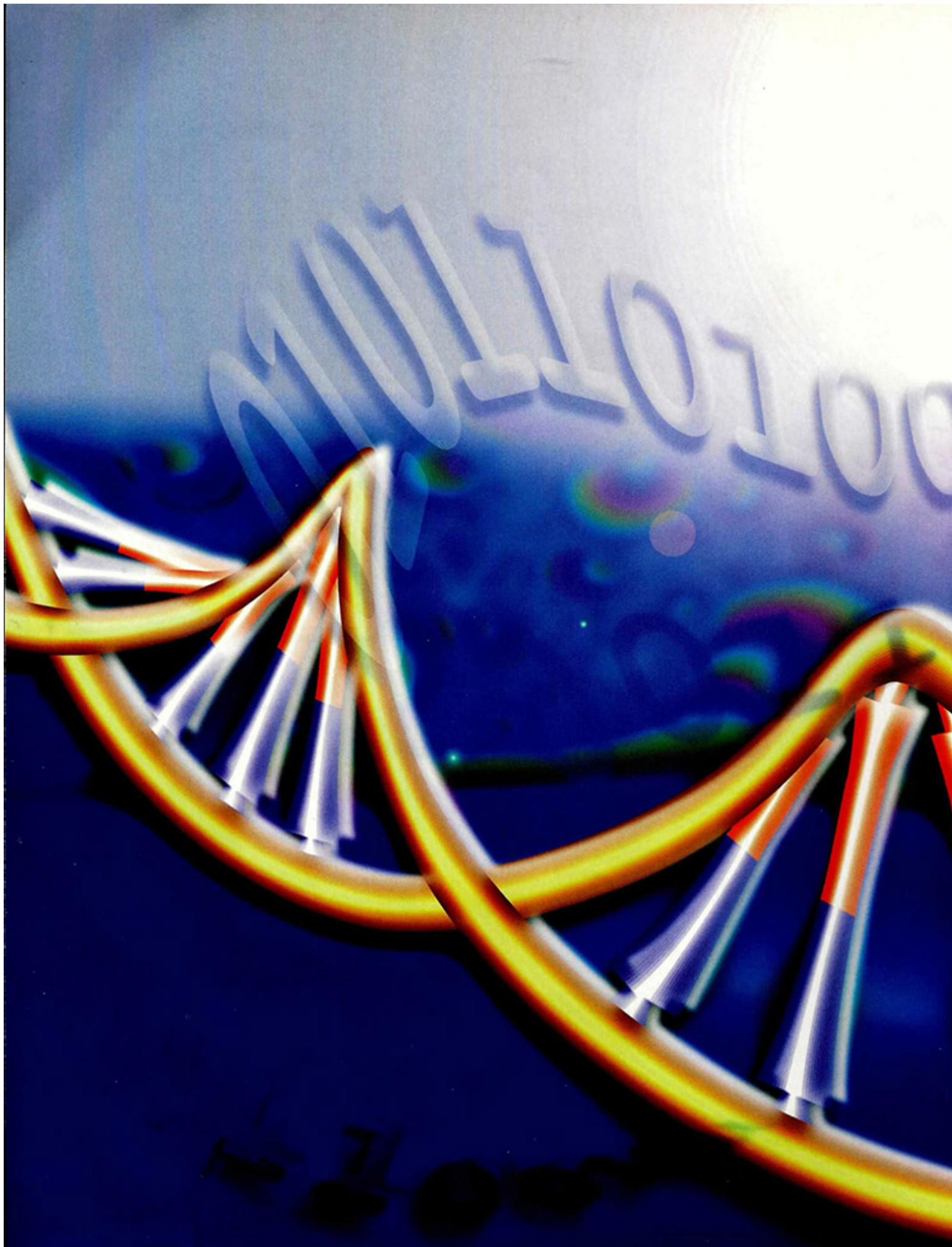
¡Llegamos a todo el mundo!

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



# DE MOLÉCULAS Y BITS

**Tobías Mojica Ph.D.**  
**Carlos E. Molano M.D.; M.Sc.**  
**Nelson D. López M.D.; Ph.D.**  
**Jefer I. Moreno M.D.; M.Sc.**

Instituto de Genética,  
 Universidad Nacional de Colombia.  
 Santa Fe de Bogotá.  
 e-mail: t\_mojica@hotmail.com

**L**a Genética, la ciencia de la variabilidad biológica, sufre un número extraordinario de cambios, que se reflejan en la masa enorme de datos que amplían nuestro conocimiento. Por ejemplo, sólo en Genética clínica, el área de la Genética que estudia la enfermedad genética humana, el número de marcadores humanos bien identificados pasa de los treinta mil. La complejidad del problema no está dada sólo por su dramático aumento, sino por la dinámica del mismo. Se observa que antes de iniciarse el proyecto del Genoma Humano (un proyecto de los países avanzados, que tiene como objetivo establecer la secuencia de nucleótidos de todo el genoma humano. Los países atrasados no tienen manera de hacer parte de tal proyecto), el número total de genes identificados era

de aproximadamente cinco mil. Para 1996 se habían descrito unos dieciséis mil, y en 1998, 30.261. Todo esto genera problemas y desarrollos con disciplinas nuevas para enfrentar los retos.

Un genoma es la serie completa de las instrucciones genéticas que cada célula de un organismo porta en su interior. Como resultado de los avances en Biología molecular, se ha generado la nueva ciencia de los genomas (*genomics*, como se dice en inglés), que acomoda los planes tanto conceptuales como tecnológicos que empiezan a producir mapas genéticos, físicos, y la secuencia completa tanto del genoma humano como de los genomas de los organismos modelo: la famosa bacteria *Escherichia coli*, una levadura (*Saccharomyces cerevistae*), una planta crucífera (*Arabidopsis*

*tbaliana*), un nemátodo (*Caenorhabditis elegans*), una mosca (*Drosophila melanogaster*) y un roedor (*Mus musculus*). Hoy se encuentran completamente secuenciados los genomas de 16 especies bacterianas, el de la levadura

## LA COMPLEJIDAD DEL PROBLEMA NO ESTÁ DADA

SÓLO POR SU DRAMÁTICO AUMENTO,

SINO POR LA DINÁMICA DEL MISMO.

mencionada y el de la planta modelo. Otros genomas, incluyendo el genoma humano, se encuentran en varios estadios avanzados de secuenciamiento. El conocimiento de la secuencia completa del genoma humano implicará tener un texto de tres mil millones de elementos en un alfabeto de cuatro letras: A, G, T, C.

Alrededor de la ciencia de los genomas contamos con una infraestructura sólida para estudios tanto moleculares como genéticos,<sup>1</sup> es decir, de asociación funcional y de ligamiento genético, que establece mapas lineales de marcadores. En las bases de datos de genes humanos, podemos encontrar más de treinta mil marcadores polimórficos de ADN con datos de posición en el mapa y más de cuarenta mil secuencias cortas rotuladas<sup>2,4</sup> llamadas STS (*short tagged sequences*), útiles para mapeo físico usando cromosomas artificiales de levaduras<sup>5</sup> o por híbridos irradiados.<sup>6</sup> En este método se irradian células humanas diploides y se fusionan con células de Hamster; se producen paneles grandes de híbridos que llevan a la localización de genes en un nivel de banda cromosómica. Se han mapeado miles de genes cuyas mutaciones causan enfermedad y también se han secuenciado miles de segmentos cortos expresados llamados EST (secuencias de ADN complementario de 300 a 500 pares de bases obtenidas en gran cantidad). Su importancia radica en que representan la población característica de ARN de un tejido en un estado definido, el cual puede ser en estado adulto o en cualquier etapa durante el desarro-

llo. Las secuencias EST representan, aproximadamente, setenta por ciento del total de secuencias en GenBank, el principal banco de datos, y es su división de más rápido crecimiento.

La ciencia de los genomas se encuentra bien establecida, con sus propias revistas, con muchas reuniones y congresos, con un instituto en Norteamérica (The National Human Genome Research Institute) y con compañías creadas, expresamente, para explotar comercialmente el potencial de la nueva ciencia. Los países avanzados tienen operaciones enormes de mapeo genético humano, como, por ejemplo, las siguientes: Whitehead/Massachusetts Institute of Technology; Centre d'Étude du Polymorphisme Humain (Paris); Cooperative Human Linkage Center; TIGR Human cDNA Database; Washington University/Merck; Stanford Human Genome Center; y Genome Data Base.

La riqueza de datos necesita desarrollos en computadoras y en algoritmos que lleven a la producción de *software* para el almacenamiento, organización y análisis de los datos. De esta proposición ha surgido la nueva disciplina llamada Bioinformática, que tiene dos aspectos grandes e importantes. Por una parte, el uso de computadores electrónicos para estudiar problemas de Biología, y, por otra parte, los modelos bioinspirados, desarrollos en computadora, originados en elementos biológicos tales como redes neuronales, algoritmos genéticos, computación con ADN e inteligencia artificial. En este ensayo nos referiremos exclusivamente al primer aspecto.

Parece razonable afirmar que esta nueva ciencia, la Bioinformática, ha tenido aun más éxito que la ciencia de los genomas. Frecuentemente se producen datos de Biología disponibles electrónicamente. Los mapas genéticos y físicos y las secuencias de ADN y de proteínas se encuentran sólo en forma electrónica, usualmente en bases de datos alcanzables por métodos electrónicos como, por ejemplo, a través del World Wide Web. Estos datos son tan masivos que ni siquiera se pueden imprimir. ¿Qué hacer, a mano, con una secuencia de 16 mil nucleótidos como, por ejemplo, la del

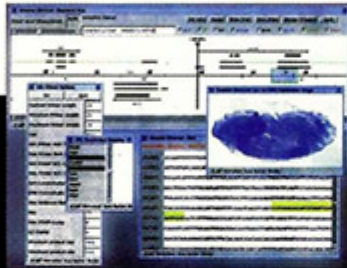
genoma mitocondrial humano? Sin duda se necesitan herramientas complejas, como computadoras con *software* especializado, para asimilar, apreciar, usar, refinar y transformar tales datos.

El resultado es que el ADN se puede manipular en forma virtual, de muchas maneras que no parecían posibles hace apenas unos diez años. Una parte importante de la inferencia filogenética, así como de muchas propiedades de los genes, en varios niveles de resolución, se hace por vía de la Bioinformática. Las tareas más apremiantes

de la Bioinformática incluyen el análisis de la información almacenada en las secuencias lineales de las macromoléculas por medio de un conjunto de procesos llamados Biología computacional.

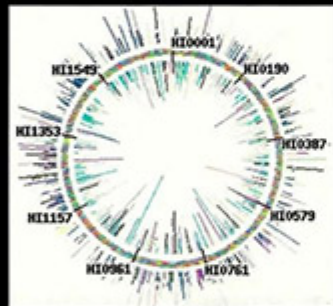
Con el aumento en la producción de datos, la necesidad de computadoras y *software* se extiende a otras líneas de conocimiento como por ejemplo las siguientes:

1. El descubrimiento de los genes en las secuencias de muchos organismos. Con las secuencias genómicas de muchos organismos sin datos de Genética clásica, es necesario establecer qué regiones de los genomas son genes (unida-



Entre las aplicaciones, tareas y logros de la Bioinformática al alcance de la comunidad científica y, notablemente, del público en general, se encuentran las siguientes:

1. Técnicas de recopilación, archivo, edición, identificación y conservación de secuencias en medios digitales.



2. Técnicas de acceso, lectura, envío y, en general, uso de información de secuencias en medio digital.

3. Centros de referencia para secuencias de ADN.

4. Algoritmos para medir la relación entre secuencias de ADN y de proteínas; por ejemplo: existen diversos programas para alinear secuencias y generar árboles filogenéticos.

5. Algoritmos y programas para descubrir regiones codificadoras en genomas completos.

6. Programas para la identificación de motivos funcionales y de secuencias codificadoras de tales motivos, lo cual es un hecho crítico para la taxonomía de secuencias.



7. Programas para la inferencia de estructuras secundarias y terciarias de una secuencia dada, ya sea de nucleótidos o de aminoácidos, y para la inferencia del *statu quo* por el establecimiento del patrón de uso de codones.



des de función genética) y qué funciones tienen, es decir, cuál es la identidad genética de tales regiones.

2. La clasificación, manejo y análisis de fenotipos mutantes.

3. El establecimiento de los patrones de expresión de genes, un asunto crucial en nuestro entendimiento del desarrollo.

secuenciados, asociados con diversas enfermedades genéticas. Estos genes, que son importantes desde el punto de vista de la Medicina, son además muy interesantes porque representan un conjunto de genes aislados con base en el efecto fenotípico de las mutaciones, es decir, en la generación de cuadros clínicos particulares e identificables por observación simple. Un aspecto aún más interesante del

---

LAS TAREAS MÁS APREMIANTES DE LA BIOINFORMÁTICA INCLUYEN EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ALMACENADA EN LAS SECUENCIAS LINEALES DE LAS MACROMOLÉCULAS POR MEDIO DE UN CONJUNTO DE PROCESOS LLAMADOS BIOLOGÍA COMPUTACIONAL.

---

4. Las interacciones génicas, que pueden ser en *cis* o en *trans*, y que indudablemente son extraordinariamente numerosas en las células.

5. La predicción de la estructura y la función de nuevas proteínas y del ARN.

6. La función de proteínas se establece por relación en secuencia con proteínas de función conocida en otros organismos. Esto, a su vez, establece taxonomías nuevas de proteínas.

Los resultados se resumirán en imprenta, pero los datos reales permanecerán como curiosidades binarias en medios electrónicos. Ya se han organizado bases de datos para muchos organismos. La Bioinformática y la ciencia del genoma están esperando su Mendeleev que prediga, con la poderosa herramienta que es la computación, la existencia de nuevos genes o de interrelaciones que hayan pasado inadvertidas en los experimentos de laboratorio. Todo esto nos dará un enfoque posible a la ecología génica, disciplina del futuro que consiste en el establecimiento de las interacciones funcionales y evolutivas entre los genes, lo que hasta el momento no ha tenido un enfoque plausible.

Como un pequeño homenaje a tal éxito, miremos algunos ejemplos que pueden ser considerados como espectaculares:

Un estudio con investigadores de cuatro laboratorios en dos países analiza 70 genes humanos, clonados posicionalmente y

análisis es la observación de que más de treinta y seis por ciento de estos genes humanos son ortólogos (una palabra nueva en Genética, que se refiere a genes de diferentes organismos, similares en secuencia y que especifican proteínas con función muy probablemente idéntica), con genes de *C. elegans* (un gusano nemátodo separado de nosotros por más de seiscientos millones de años de evolución), y del que más de sesenta por ciento de los genes humanos presentan secuencias parecidas en levaduras. Así pues, dichos genes tienen, para por lo menos uno de los dominios proteicos especificados, algún grado de similitud con los genes de las levaduras, separadas de nosotros por unos dos mil millones de años de evolución. Los autores<sup>7</sup> citan el hecho notable de que 29 de los 70 genes fueron clonados utilizando el ensayo de complementación funcional de genes en las levaduras. Dicho ensayo consiste en la introducción del gen humano a la levadura y la observación de su función, utilizando mutantes adecuados de las mismas. Nos parecemos a las levaduras y a los gusanos porque la tasa de evolución ha sido tan baja que permite el intercambio funcional, aun después que han pasado miles de millones de años de separación evolutiva. Este artículo no contiene experimentos; todos los resultados provienen del análisis de secuencias de moléculas que usan métodos de computación y algoritmos

y que utilizan nociones tales como "ortología" y "paralogía" (noción que se refiere a genes parecidos en el mismo organismo y muy probablemente con función diferente), que hace apenas 10 años no se usaban frecuentemente.

Otro ejemplo de la trascendencia de la Bioinformática en el estudio de la Biología es la caracterización de la telomerasa, presente en



células de mamífero, un complejo de ribonucleoproteína que añade telómeros a los extremos de los cromosomas. Esta investigación es difícil, entre otras cosas a causa del bajo nivel de expresión del gen correspondiente. Un grupo de investigadores describe un enfoque bioinformático para enriquecer y caracterizar el complejo de la telomerasa de células humanas. El enfoque consiste en la utilización de métodos para descubrir similitudes locales en secuencia.

La Bioinformática ha resultado ser una herramienta poderosa en la elucidación de las funciones celulares, problema central de la ciencia contemporánea, pues manipula la información genética y bioquímica y produce modelos, a veces completos, de tipos celulares individuales y también de procesos celulares, dadas la composición de las células y la estructura molecular de sus componentes. Éstos efectúan funciones celulares integradas que tienen que ser analizadas. Un caso particular es la necesidad de una definición funcional de las

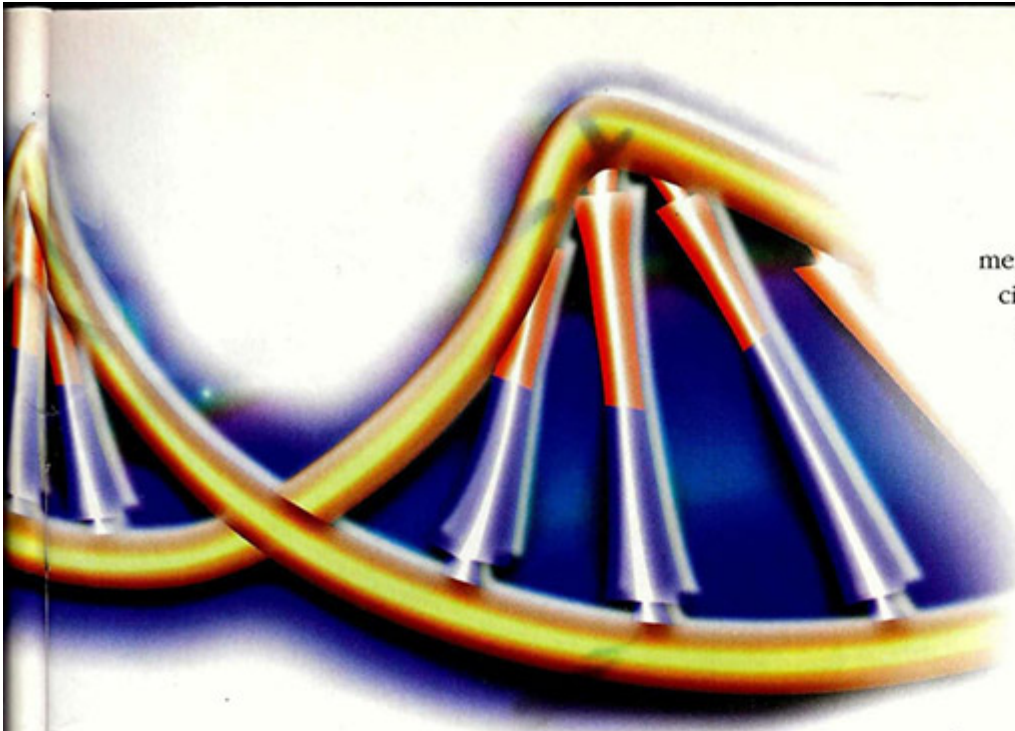
rutas metabólicas y de su papel en el contexto de la célula. Una investigación de Bioinformática<sup>9</sup> demuestra cómo las constricciones del balance de masas que rigen la función de las redes de reacciones bioquímicas trasladan el problema bioquímico al área del álgebra lineal. Se construyen algoritmos que sintetizan un conjunto de vectores que representan las rutas bioquímicas fundamentales subyacentes tras las redes bioquímicas correspondientes. Éste es un desarrollo importante desde un punto de vista conceptual y básico, pues resulta en una definición holística de las rutas metabólicas que contrasta con las definiciones que surgen del desarrollo histórico de nuestro conocimiento acerca de los procesos bioquímicos.

La ciencia genética descubre y asigna la función de los genes, primariamente por medio de la experimentación bioquímica. La ciencia de los genomas produce la secuencia de genomas completos. La determinación de las funciones de las proteínas, acerca de las cuales no se tiene mucho conocimiento bioquímico, pero cuya secuencia se infiere a partir de secuencias de los genomas, es un objetivo central de la Bioinformática. Un grupo de investigadores ha diseñado métodos bioinformáticos que pueden ser muy útiles para hacer tales predicciones y que se basan en la suposición general de que proteínas que funcionan juntas, o en una ruta metabólica, o en un complejo estructural, probablemente evolucionan de una manera correlacionada. Éste es el problema central de la coevolución, que ha recibido poca atención en la literatura de la teoría biológica.

Proteínas que participan en un complejo estructural o en una secuencia metabólica están funcionalmente ligadas y, por tanto, tienen moléculas similares en el mismo subconjunto de especies y evolucionan concertadamente, es decir, que se mantienen o cambian juntas en una nueva especie, o son eliminadas de ésta. Por ejemplo: uno puede encontrar proteínas flagelares en organismos flagelados pero no en organismos no flagelados. Si dos proteínas tienen moléculas homólogas en el mismo conjunto de especies, estas proteí-

Image not found or type unknown





nes de plegamiento de secuencias de ARN a través de algoritmos genéticos, los cuales permiten, además de involucrar el cálculo de la energía libre de las diferentes moléculas, incluir parámetros dependientes de la cinética de plegamiento de la secuencia en estudio. Estas estructuras secundarias se han correlacionado con el uso de codones y las posibles restricciones en la generación de diferentes secuencias, para lo cual también han sido calculadas sus distancias genéticas y se ha observado en datos preliminares la conservación de las estructuras secundarias en forma dependiente de la conservación simultánea del uso particular de los codones en especies estrechamente relacionadas.

Vemos que avances tecnológicos producen también avances importantes en las ciencias de la computación y en la ciencia genética. Vemos, así mismo, que la interacción entre las dos disciplinas mencionadas produce ciencias nuevas con poderes y resoluciones nuevos. Esto es coherente con la noción de que las interfases entre dos disciplinas, sin ninguna relación aparente en un momento dado, producen grandes avances. La Biología y la informática evolucionaron independientemente, con sus propios objetos y metodologías de estudio, con sus propios problemas y fenomenologías. A partir del momento en que empezó la interacción entre ellas, se dio un salto cualitativo en la comprensión y enfoque de los problemas viejos y la generación de nuevos, con soluciones previa-

mente impredecibles. Vemos venir la secuencia completa del genoma humano y también vemos la posibilidad de tener no sólo la secuencia de nucleótidos sino también la identificación de todos los genes y su caracterización funcional, una tarea imposible con los métodos clásicos de la Genética que la Bioinformática y otros avances tecnológicos han hecho posible.

#### Referencias:

1. *Cornelis F. et al: PNAS 95: 10746-10750, 1998.*
2. *Green, E. D. & Olson, M. V: Science 250, 94-98, 1990.*
3. *Hudson, T. J.; Stein, L. D.; Gerety, S. S.; Ma, J.; Castle, A. B et al Science 270, 1945-1954, 1995.*
4. *Dib, C.; Faure, S.; Fizames, C.; Samson, D.; Drouot, N.; Vignal, A.; Millasseau, P.; Marc, S.; Hazan, J.; Seboun, E.; Lathrop, M.; Gyapay, G.; Morissette, J. & Weissenbach, J.: Nature (London) 380, 152-154, 1996.*
5. *Bellanne-Chantelot, C.; Lacroix, B.; Ougen, P.; Billault, A.; Beaufils, S.; et al.: Cell 70, 1059-1068, 1992.*
6. *Gyapay, G.; Schmitt, K.; Fizames, C.; Jones, H.; Vega-Czarny, N.; Spillett, D.; Muselet, D.; Prud'Homme, J.F.; Dib, C., Auffray, C.; Morissette, J.; Weissenbach, J. y Goodfellow, P. N.: Hum. Mol. Genet. 5, 339-346, 1996.*
7. *Mushegian, A. R.; Basset, D. E. Jr.; Boguski, M. S.; Bork, P. y Koonin, E. V.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94, 5831- 5836, 1997.*
8. *Ramakrishnan, S.; Sharma, H. W.; Darise Farris A.; Kaufman, K.M.; Harley, J.B.; Collins, K.; Pruijn, G.J.; Van Venrooij, W. J.; Martin, M.L. y Narayanan, R.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 94: 10075-10079, 1997.*
9. *Schilling C. H. y O. Palsson, B.: Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95: 4193-4198, 1998.*
10. *Pellegrini, M.; Marcotte, E.M.; Thompson, M.J.; Eisenberg, D. y Yeates, T.O.: PNAS 96: 4285-4288, 1999. □*

A painting depicting a woman in a pink dress leaning over a table to feed a young child in a white dress. The woman is looking down at the child, who is looking towards the viewer. The scene is set in a room with a green wall and a dark background. The lighting is soft, highlighting the figures. The text 'NUEVAS PERSPECTIVAS' is written in red at the top, and 'EFFECTO PLACEBO' is written in white in the center and bottom.

**NUEVAS PERSPECTIVAS**

E  
F  
F  
E  
C  
T  
O  
P  
L  
A  
C  
E  
B  
O

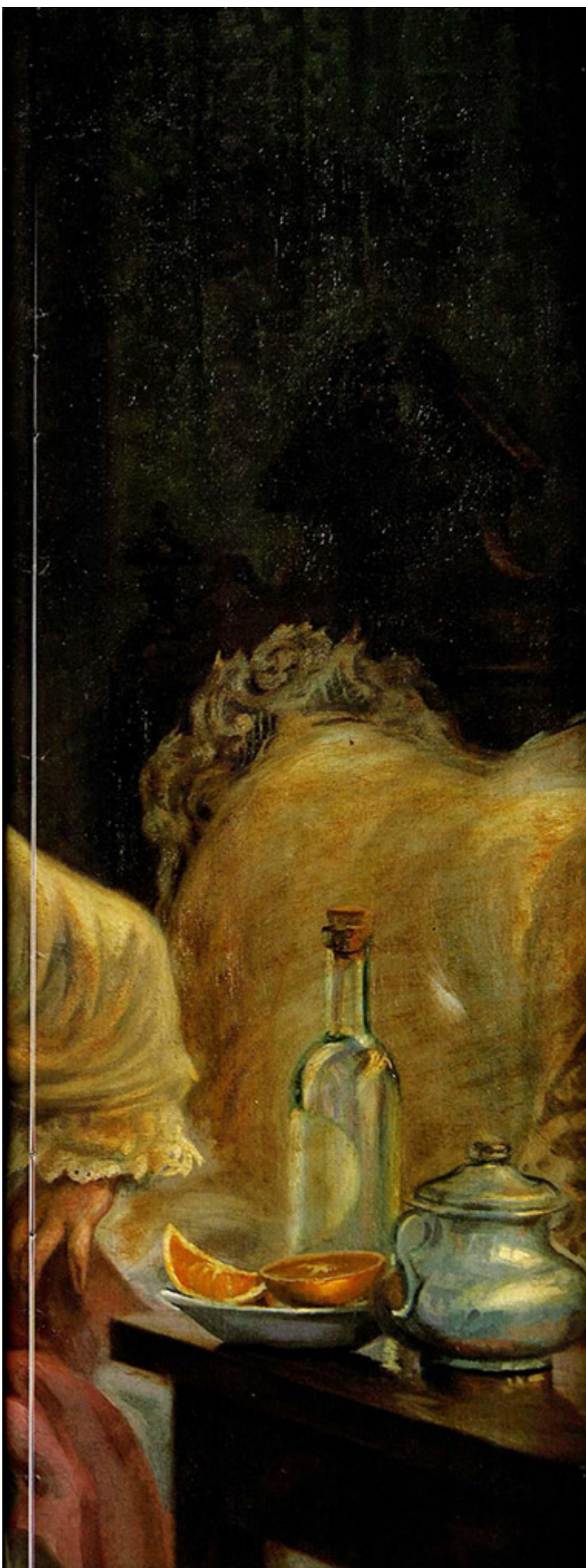
### **F. Xavier Borràs Hernández**

Doctor en Psicología Básica.  
Profesor Titular, Psicología  
Básica, Universidad Autónoma  
de Barcelona.

e-mail: xavier.borras@uab.es

### **Ramón Bayés**

Doctor en Filosofía y Letras  
(Sección de Psicología),  
Universidad de Barcelona.  
Catedrático de Psicología Básica,  
Universidad Autónoma de Barcelona.  
Barcelona, España



A lo largo de muchos siglos, el denominado efecto placebo ha estado inextricablemente asociado a la práctica de la Medicina. Al menos hasta el siglo XVII, puede considerarse que gran parte de las terapéuticas utilizadas estaban basadas en meras creencias sobre las propiedades curativas —de hecho inexistentes— de sustancias, objetos, instrumentos y procedimientos.

En la colección *Ars Medica* del Museo de Arte de Filadelfia se conserva un curioso cuadro del pintor holandés Jan van de Velde, de principios del siglo XVII, en el cual puede verse a un desastrado vendedor ambulante mostrando orgullosamente a un grupo de personas sus

"milagrosos" remedios medicinales. En la parte inferior del cuadro puede leerse, en latín y holandés, la inscripción "La gente quiere ser engañada". En 1811, el *Medical Dictionary*, de Hooper, define como placebo "toda medicación prescrita más para complacer al enfermo que para resultarle útil", y

favorecería que durante años muchos profesionales del campo de la salud vieses renovada y reafirmada, quizás a veces de forma meramente implícita, su visión peyorativa del placebo y de sus hipotéticas capacidades curativas. Con el uso sistemático y oficial de los ensayos clínicos aleatorios comparativos

"LA FE EN LOS DIOSES O EN LOS SANTOS CURA A UNO...

en doble ciego, el placebo parecía haberse convertido definitiva-

recoge, de hecho, la propia etimología del término placebo, que en latín significa "yo complaceré". Aun en 1892, Osler, en la obra considerada como el mejor texto médico de su tiempo, escribió: "La fe en los dioses o en los santos cura a uno; la fe en las pildoritas, a otro; la sugestión hipnótica, a un tercero; la fe en un afable doctor, a un cuarto... La fe en nosotros, la fe en nuestros métodos y medicamentos (es) el gran capital de la profesión... la piedra de toque del éxito en Medicina".

Posiblemente el primer intento metodológicamente riguroso para tratar de separar la acción terapéutica intrínseca de las medicaciones (o de cualquier otro tipo de

LA FE EN LAS PILDORITAS, A OTRO.

mente en el "engaño" que mencionábamos al principio, en un "falso efecto" o, como mínimo, en un "elemento extraño" perturbador.

Con esta actitud, sin embargo, se ignoraba el hecho de que, si la investigación farmacológica empleaba el procedimiento señalado para demostrar la eficacia de sus productos, esta práctica suponía el reconocimiento implícito de que los efectos producidos por el placebo podrían ser tan reales,

CUADRO 1

## ¿Cómo puede evaluarse la eficacia intrínseca...

procedimiento curativo) del denominado efecto placebo tuvo lugar a mediados del siglo XX. En aquellos años se estaban descubriendo numerosos agentes farmacológicos, y la utilización de un placebo en grupos de enfermos equivalentes a los de aquellos a los que se aplicaban los nuevos fármacos se convirtió en el procedimiento de elección para evaluar su eficacia. De esta forma, el efecto placebo adquirió un nuevo y decisivo papel en la aplicación del método experimental en la investigación biomédica (**cuadro 1**).



Sin embargo, fue justamente este mismo papel del placebo en el progreso farmacológico el que, de forma un tanto paradójica,

- ...de un agente farmacológico (por
- ejemplo, su eficacia para aliviar los
- síntomas de una determinada enfer-
- medad)? En primer lugar, es necesari-
- o seleccionar una muestra de
- sujetos afectados por la patología de
- que se trate. A partir de aquí, los
- sujetos que van a participar en el
- ensayo clínico son distribuidos, de
- forma aleatoria, en dos grupos: uno
- de ellos (el denominado *grupo experi-*
- *mental*) recibirá el agente farmacoló-
- gico, mientras que a los sujetos
- pertenecientes al segundo grupo (el
- *grupo placebo*) se les administrará un

cuantificables y potencialmente relevantes para la salud como los producidos por un fármaco. Veamos algunos datos al respecto:

a) En 1953, Beecher y sus colaboradores publicaron un artículo, hoy clásico, en el cual se demostraba que algunos pacientes intervenidos quirúrgicamente experimentaban, tras la operación, un efecto analgésico (de alivio del dolor) significativo tras serles administrada una tableta de lactosa (un inocuo

ga a la de los fármacos activos. Por ejemplo: es necesario un tiempo de espera antes que se obtenga un efecto máximo, y las dosis repetidas tienen efectos acumulativos.

c) Como ejemplo de los efectos reales — y a nuestro juicio sorprendentes— del placebo, podemos citar los datos oficiales que la empresa farmacéutica Pfizer presenta en los anuncios publicitarios en los que muestra la eficacia del sildenafil (Viagra®) para la curación de la impotencia: 87% de éxito en el grupo de pacientes impotentes que tomaron sildenafil con respecto a un 24% de pacientes que mejoraron únicamente con un place-

## LA SUGESTIÓN HIPNÓTICA, A UN TERCERO...Y...

placebo sin ningún tipo de actividad analgésica intrínseca), similar al que mostraban aquellos otros pacientes que recibían aspirina, codeína o morfina (todos ellos potentes agentes farmacológicos inductores de analgesia).

b) Es así mismo interesante señalar que, también en los años cincuenta, investigadores como Wolff o Lasagna mostraron que los placebos poseían una "farmacodinamia" (unos patrones característicos de respuesta) análo-

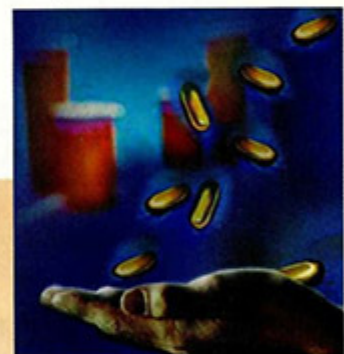
## LA FE EN UN AFABLE DOCTOR, A UN CUARTO...

bo. Estos resultados, que nos indican la bondad del fármaco, también tienen otra lectura: uno de cada cuatro pacientes que tomaron una pastilla azul, en la creencia de que podía ser Viagra® pero que no contenía ninguna sustancia activa, re-

- placebo de idéntico aspecto, pero
- farmacológicamente inactivo. Además, y con el importante objetivo de
- igualar las condiciones de administración en ambos grupos (por ejemplo,
- las expectativas de eficacia que los pacientes y los mismos terapeutas
- puedan tener en función de qué
- sustancia sea administrada), tanto los
- sujetos como los profesionales que
- participan en el ensayo desconocen,
- hasta que ha finalizado el mismo, si la
- sustancia concreta que está siendo
- administrada en cada caso particular
- es el fármaco activo o el placebo
- (esta estrategia se conoce como
- "doble ciego").

VOLUMEN IX No.1 - 2000

- La eficacia del agente farmacológico se demuestra en tanto en
- cuanto la evolución clínica de los
- sujetos del grupo experimental
- sea, de forma estadísticamente
- significativa, mejor que la de los
- sujetos del grupo control. Pese a
- que las ventajas que aporta un
- grupo placebo en la investigación
- clínica son notables (eficiencia
- estadística, claridad en la interpretación
- de los resultados), su empleo,
- particularmente al tratarse de
- sujetos humanos, no está exento de
- problemas éticos (de Abajo y
- Gracia, 1997).



solvieron realmente sus problemas de erección.

En otras palabras: en cualquier acto terapéutico se encuentran presentes elementos curativos inespecíficos que no dependen de la sustancia ingerida o de la manipulación médica, sino de las creencias en la eficacia de dicha sustancia o terapia, y dichos elementos pueden modificar —potenciar, pero también inhibir— la eficacia intrínseca de los elementos específicos activos que pueda contener dicha terapia (cuadro 2).

En general, se ha estimado que de 20 a 40% de la eficacia de la medicación activa que se

nado de las capacidades curativas del placebo como complemento de los efectos intrínsecos de las terapias que se administran, y poder así obtener una mayor eficacia terapéutica de los actos médicos.

Afortunadamente, este camino puede ya considerarse iniciado y, en este momento, quisiéramos destacar, entre los avances de conocimiento conseguidos, los derivados de los aportes de la Psicología del aprendizaje y de la Psiconeuroinmunología, campo interdisciplinario que, principalmente desde mediados de la década de los setenta, viene estudiando las relaciones entre la conducta, el cerebro y el sistema inmunitario.

Para los propósitos de este trabajo, el placebo puede entenderse como la capacidad curativa real atribuible a los elementos que forman parte de una medicación o terapia, pero que no poseen capacidad intrínseca para producir efectos sobre la biología de un organismo vivo.

Quizás algunos lectores encuentren contradictorio el intento previo de definición, ya que, ¿cómo es posible que elementos sin capacidad para producir efectos fisiológicos puedan adquirir y manifestar esa capacidad? Ante este dilema, la respuesta que proponemos no resulta en absoluto nueva, sino que surge de uno de los principios que mayor influencia ha tenido en la Psicología del aprendizaje: el condicionamiento clásico o pavloviano.

En el condicionamiento clásico, la asociación entre un *estímulo neutro* (sin capacidad inicial para provocar una determinada respuesta vegetativa, muscular o emocional) y un *estímulo incondicionado* (el cual sí provocaría de forma refleja, no aprendida, esa respuesta) convierte al primero en un *estímulo condicionado* (una señal para la aparición del estímulo incondicionado), capaz ahora de provocar una nueva respuesta



administra puede atribuirse al efecto placebo. Por tanto, los efectos del placebo no sólo no deberían evitarse, sino que los factores y mecanismos que los suscitan deberían investigarse con los mismos recursos, interés y esfuerzo con que se estudian los factores y mecanismos que explican la eficacia de los agentes activos de las terapias, con el objetivo de potenciar al máximo los efectos positivos de éstas. Esto debería permitirnos hacer un uso explícito e intencio-



# Adolf Grünbaum (1986)

similar, de forma aprendida o condicionada.

Ya en los años veinte, algunos investigadores de la hoy extinta Unión Soviética llevaron a cabo experimentos que mostraban la posibilidad de extender el paradigma de Pavlov, originalmente desarrollado por su descubridor con una respuesta de tipo glandular (la respuesta de salivación ante un estímulo asociado con la comida), al condicionamiento de las respuestas defensivas que desarrolla el sistema inmunitario. En uno de esos experimentos precursores, sus autores, Metalnikov y Chorine (1926), utilizando conejos, asociaron un estímulo externo neutro para el sistema inmunológico (el calentamiento de una oreja o el rascado del costado) con un antígeno (una sustancia con capacidad para provocar, de forma incondicionada, una respuesta inmunitaria defensiva) y obtuvieron una respuesta inmunitaria condicionada frente al estímulo externo (convertido ya en un estímulo condicionado). Años más tarde, ya en los años sesenta y los setenta, algunos investigadores norteamericanos, como Herrnstein, realizaron experimentos, generalmente con ratas, que mostraban, de forma similar, la posibilidad de condicionar clásicamente las respuestas fisiológicas del organismo a diferentes drogas, de forma que un estímulo que no poseyese esa capacidad inicial (una inyección de solución salina, por ejemplo, que para un observador ignorante del procedimiento empleado no constituiría más que un mero placebo) la adquiriese a través de su previa asociación pavloviana sistemática con el fármaco o la droga empleados. Mediante este procedimiento se obtuvieron, ante estímulos inicialmente neutros, respuestas condicionadas similares a las producidas por la escopolamina, la insulina, los barbitúricos, las anfetaminas o la morfina.

## CUADRO 2

- ...ha tratado de clarificar el complejo concepto
- del placebo. De acuerdo con este autor,
- cualquier tratamiento puede incluir:

### a) Un efecto no placebo o tratamiento activo:

- Causado por los factores característicos,
- específicos, que definen los efectos de un
- tratamiento sobre un determinado trastorno
- (por ejemplo, la inhibición de la síntesis de
- prostaglandinas que provoca el ácido
- acetilsalicílico, que proporciona un efecto
- analgésico sobre el dolor de cabeza);

### b) Efectos secundarios:

- Causados por factores característicos del
- tratamiento pero que afectan, de forma gene-
- ralmente indeseada, a otros aspectos de la
- salud del paciente (por ejemplo, los efectos
- retardantes que tiene el ácido acetilsalicílico
- sobre la velocidad de coagulación de la san-
- gre);

### c) Un efecto placebo clásico:

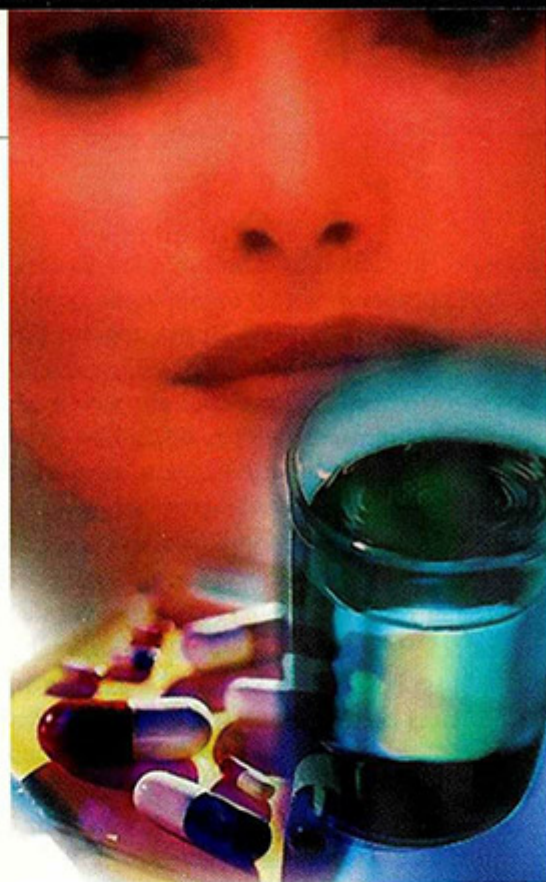
- Causado por factores incidentales, no específi-
- cos, de un tratamiento que produce efectos
- sobre el trastorno que está siendo tratado (por
- ejemplo, cómo el sabor anaranjado o neutro de
- las tabletas de ácido acetilsalicílico puede
- hacerles variar la capacidad analgésica sobre
- el dolor de cabeza);

### d) Factores incidentales de un tratamiento:

- Producen efectos generalmente indeseados,
- que no son relevantes para producir cambios
- directos en el trastorno tratado. Otros autores
- han denominado a estos factores *efecto*
- *nocebo* o "*toxicidad*" placebo (por ejemplo,
- visión borrosa producida por las tabletas de
- ácido acetilsalicílico con sabor a naranja, pero
- no por tabletas idénticas sin sabor).

Extrapolando un procedimiento similar a un contexto clínico, ¿no podría explicarnos adecuadamente, por ejemplo, por qué a veces sentimos la inmediata mejoría de un síntoma o una disminución del dolor tras ser simplemente atendidos por un médico o tras tomar un medicamento, mucho antes que éste haya podido ser metabolizado por nuestro organismo? O ¿por qué un sujeto asmático puede padecer de una broncoconstricción y dificultades respiratorias tras inhalar, mediante un nebulizador una solución salina, si ha sido falsamente informado de que en realidad se trata del alérgeno?

Quisiéramos en este punto hacer referencia a una interesante experiencia clínica (hecha pública por Karen Olness y Robert Ader en 1992) que, hasta el momento, y según nuestro conocimiento, sigue siendo todavía única en la literatura científica. La paciente del caso al que nos referimos, Marette Flies, fue diagnosticada de lupus eritematoso severo a los once años de edad. El lupus



crisis cardíacas frecuentes, aconsejó que se reemplazase de forma inmediata el tratamiento con esteroides por una terapia agre-

---

“HE VISTO LA EVOLUCIÓN POSITIVA DE LOS QUE TENÍAN ‘GANAS DE VIVIR’,  
AUNQUE SU PRONÓSTICO FUERA MALO,

---

eritematoso es una enfermedad calificada de autoinmunitaria porque el sistema inmunitario identifica erróneamente como ajenos, y consiguientemente ataca y destruye, tejidos y órganos que forman parte del propio organismo. Al principio, Marette Flies fue tratada con una dosis potente de esteroides (80 mg diarios), los cuales, al debilitar las defensas sobreactivadas del organismo, pueden indirectamente retardar el curso de la enfermedad. Sin embargo, el estado de salud de Marette Flies siguió empeorando rápidamente durante los dos años siguientes, en buena parte a causa del desarrollo de efectos secundarios debidos a la propia medicación, los cuales requerían a su vez el empleo de otros numerosos fármacos. Su grave estado, con hemorragias, problemas de hipertensión y

siva con ciclofosfamida, un fármaco inmunosupresor. No obstante, como último recurso, el nuevo tratamiento que se iba a iniciar incorporaba también un planteamiento innovador que podríamos enunciar como un intento de potenciación de los efectos intrínsecos del medicamento a través de un placebo, utilizado de forma complementaria y con plena intencionalidad.

En el momento de iniciar la primera sesión del nuevo tratamiento con ciclofosfamida, el médico la introdujo vía intravenosa en el brazo derecho de la paciente. Durante los 5 minutos que duró la infusión de ciclofosfamida, la madre de la niña le daba de beber, de forma paralela, 8 mililitros de aceite de hígado de bacalao. Una vez finalizada la infusión, se hacía oler a la niña

un intenso perfume de rosas, pidiéndole que lo vinculase en su imaginación con la inyección de ciclofosfamida. Es necesario aclarar que, tanto el aceite de hígado de bacalao como el perfume de rosas —los estímulos neutros que trataban de condicionar los terapeutas— no poseían, inicialmente, actividad propia alguna que pudiese afectar al desarrollo del lupus eritematoso.

La asociación entre el aceite de hígado de bacalao y el perfume de rosas con la ciclofosfamida se mantuvo durante las tres sesiones realizadas en los tres meses siguientes. A partir de entonces, sin embargo, y utilizando una pauta diferente de la del tratamiento habitual, las inyecciones de ciclofosfamida se redujeron a la mitad (sólo una cada dos meses), aunque se seguían presentando a la niña con periodicidad mensual el aceite de hígado de bacalao y el olor a rosas (los estímulos condicionados —un placebo inducido, en realidad— cuyo posible efecto inmunosupresor se habría generado hipotéticamente a través de su asociación con el fármaco). A lo largo del siguiente año, por tanto, la niña recibió seis, en lugar de las doce inyecciones de ciclofosfamida que le habrían sido administradas normalmente. Sin embargo, pese a la reducida dosis acumulada

primer año en la universidad. Desgraciadamente, en 1995, Murette murió de un ataque al corazón por una oclusión arterial, un efecto secundario de la medicación, que trataba de reducirse. La madre de la niña, la psicóloga Linda Flies-Carole, declaró entonces que creía que la experiencia con Murette constituía “un gran paso en la dirección adecuada” y que su hija “agradeció poder seguir con vida diez años más de lo que estaba previsto”.

Pese a tratarse de un informe de caso único, y que, por tanto, su alcance de generalización deba considerarse necesariamente limitado, creemos que el informe anterior ilustra, de forma adecuada, las posibilidades que puede ofrecer a la clínica la aplicación de una idea innovadora que, a nuestro entender, se encuentra fundada en sólidas investigaciones previas llevadas a cabo con animales de laboratorio dentro del campo de la Psiconeuroinmunología. ¿Será posible en un futuro más o menos próximo potenciar los efectos de los agentes farmacológicos mediante un uso intencionado y explícito del condicionamiento de sustancias, elementos o situaciones placebo, y por tanto mantener un mismo beneficio clínico empleando dosis acumuladas menores de los agentes farmaco-

## COMO TAMBIÉN HE VISTO LA EVOLUCIÓN NEGATIVA DE LOS QUE NO TENÍAN INTERÉS POR VIVIR, AUNQUE SU DIAGNÓSTICO FUERA MÁS FAVORABLE”.

de ciclofosfamida recibida, Murette Flies mejoró clínicamente por encima de lo esperado, disfrutó de períodos de alta domiciliaria cada vez más prolongados entre las sucesivas hospitalizaciones, mantuvo controladas sus hemorragias y su presión sanguínea y pudo abandonar muchos de los fármacos inicialmente prescritos para hacer frente a los efectos secundarios derivados de su medicación. A los cinco años de iniciado el tratamiento, Murette Flies continuaba mejorando clínicamente y llegó a superar con éxito su

lógicos activos? Olness y Ader finalizan su trabajo con un ruego al que nos sumaríamos y que, desgraciadamente, ocho años después todavía no se ha visto satisfecho: “Esperamos que se diseñe un estudio multicéntrico prospectivo y controlado para estudiar el uso del condicionamiento como complemento de la farmacoterapia”.

No quisiéramos finalizar sin señalar que, en nuestra opinión, el aprendizaje no es el único factor propuesto a la hora de explicar los posibles mecanismos a través de los

cuales tienen lugar las respuestas placebo. Así, otros elementos considerados relevantes son los factores cognitivos y afectivos, especialmente aquellos implicados en la relación médico-enfermo.

La experiencia previa y las expectativas parecen ser determinantes importantes de las respuestas placebo. La psicóloga chilena Middleton, por ejemplo, tras una experiencia profesional con más de mil pacientes de cáncer, escribió: "He visto la evolución positiva de los que tenían 'ganas de vivir', aunque su pronóstico fuera malo, como también he visto la evolución negativa de los que no tenían interés por vivir, aunque su diagnóstico fuera más favorable". El papel de las creencias de terapeuta y paciente, finalmente, es resaltado por la definición que propone Brody del efecto placebo: "Una forma de terapia médica, o una intervención diseñada para simular una terapia médica, que, en el momento en que se usa, se cree que no es una terapia específica para la condición para la que se utiliza, sino que se usa, o bien por su efecto psicológico o para eliminar el sesgo del observador en una situación experimental".

En ciertos casos, se considera que un optimismo moderado o una buena comunicación médico-paciente pueden poseer potencial terapéutico. Así, algunas investigaciones han mostrado que los pacientes que presentan una mejor adhesión al tratamiento obtienen mayores beneficios terapéuticos, aun cuando el tratamiento administrado sea en realidad un placebo.

Los profesionales sanitarios nunca deben olvidar que una buena comunicación con el paciente no sólo puede incrementar el cumplimiento de las prescripciones sino también aumentar el efecto placebo y reducir el efecto nocebo, efecto secundario indeseado que, ocasionalmente, puede ser inducido por un placebo.

Este trabajo ha sido realizado gracias a la ayuda PB97-0212 de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia (España).

## Referencias

- Ader, R.; Coben, N.:** CNS-immune System Interactions: Conditioning phenomena. *The Behavioral and Brain Sciences* 8: 379-426; 1985.
- Ader, R.; Felten, D. L.; Coben, N.:** (Eds.). *Psychoneuroimmunology* (2a. ed.). San Diego: Academic; 1991.
- Bayés, R.; Borràs, F. X.:** Aportaciones de la Psicología experimental al análisis del efecto placebo. *Revista Latinoamericana de Psicología* 25: 345-363; 1993.
- Bayés, R.; Borràs, F. X.:** *Psiconeuroinmunología y salud*. En M. A. Simón (ed.), *Manual de Psicología de la salud. Fundamentos, metodología y aplicaciones* (pp. 77-114). Madrid: Biblioteca Nueva; 1999.
- Borràs, F. X.:** Condicionamiento clásico de las respuestas inmunológicas. *Revista de Psicología General y Aplicada* 47: 429-439; 1994.
- De Abajo, F. J.; Gracia, D. M.:** Ética del uso de placebo en investigación clínica. *Investigación y Ciencia* noviembre: 90-99; 1997.
- Grünbaum, A.:** *The Placebo Concept in Medicine and Psychiatry*. *Psychological Medicine* 16: 19-38; 1986.
- Metalnikov, S.; Chorine, V.:** Role des réflexes conditionnels dans l'immunité. *Annales de l'Institut Pasteur* 40: 893-900; 1926.
- Olness, K.; Ader, R.:** Conditioning as an adjunct in the pharmacotherapy of lupus erythematosus. *Developmental and Behavioral Pediatrics* 13: 124-125; 1992.
- White, L.; Tursky, B.; Schwartz, G. E.:** (Eds.). *Placebo: Theory, research, and mechanisms*. Nueva York: Guilford; 1985. □



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

## Misión

**Fomentar  
una cultura  
basada en el  
conocimiento  
para el  
mejoramiento  
de la calidad  
de vida**

## Actividades

**Diseño de políticas científicas y tecnológicas**

**Programa Nacional de Actividades Científicas Juveniles:**

Encuentro con el Futuro - Conferencias

Expociencia juvenil - Feria Nacional de la Creatividad

Clubes de ciencia y tecnología

Ferias de ciencia

Teatro de la ciencia

Correo de la ciencia

Campamentos y excursiones científicas

Encuentros de formación - Talleres y seminarios

**Comunicación y publicaciones:**

Revista Innovación y Ciencia

Programa de televisión - UNIVERSOS

Boletín Informativo

Centro de documentación

**Eventos especiales:**

Expociencia-Expotecnología

Convención Científica Nacional

Premio Nacional al Mérito Científico

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

Cursos - seminarios - talleres

Programa Interciencia de Recursos Biológicos

Nuevos o Subutilizados - PIRB

Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología - MALOKA

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

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

**Informes:**

**Servicio de atención al socio**

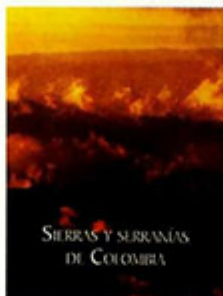
**Teléfono 221 99 53**

# NOVEDADES EDITORIALES

## Sierras y serranías de Colombia

**Carlos Castaño Uribe**

(Fotografías de Camilo Gómez Durán y Andrés Hurtado García). Banco de Occidente, Cali, 1999.



Este precioso libro sobre las características y estado actual de los sistemas periféricos de los Andes colombianos es la nueva contribución en la línea de documentos de investigación y testimonios gráficos del Banco de Occidente, programa que cumple ya 16 años. En *Sierras y Serranías de Colombia*, se explora la geología y la trama geológica de la periferia andina montañosa, desde el punto de vista de la dinámica de sus estructuras y de su funcionamiento ambiental; además, se hace una aproximación a la fauna, la flora y su población humana. Para Castaño Uribe, antropólogo de la Universidad de los Andes y doctor de la Universidad Complutense de Madrid, y los reconocidos fotógrafos Hurtado García y Gómez Durán, la riqueza que ofrecen estas serranías, desde los puntos de vista de las especies que allí se encuentran, de los grupos étnicos que las habitan y del material arqueológico que allí se guarda, es de vital importancia para un país cuyo pasado remoto es casi desconocido, en parte porque no nos hemos preocupado por recuperarlo. □

## Boletín ICP, tomo 3, año 12, número 1.

**Instituto Colombiano del Petróleo.** Bucaramanga, octubre de 1999.

Este número del boletín bimestral del Instituto Colombiano del Petróleo se dedica al tema de la exploración. Además de incluir un glosario de términos de exploración, contiene los siguientes artículos: "Definición de intervalos de calizas fracturadas y su impacto en la prosperidad del cretácico en el Valle Medio del Magdalena"; "Evaluación geoquímica de la Cuenca del Sinú - Urabá"; "Predicción de hidrocarburos con la aplicación de AVO (*Amplitude Variation with Offset*)"; y

"Herramienta computacional de diagnóstico de información sísmica". □



## Pedagogía Siglo XXI

**Eduardo Acosta Bendek.**

Ediciones Unimetro, Barranquilla, 1999.

El doctor Acosta Bendek, rector de la Universidad Metropolitana de Barranquilla, presenta una recolección de reflexiones sobre la educación superior, elaboradas a lo largo de tres lustros de rectorado. A través de varios ensayos aborda temas tan importantes en relación con la universidad como la investigación, la búsqueda de la calidad, la internacionalización, la violencia, la salud o el desarrollo social.

Todos estos aspectos han sido desarrollados por Acosta Bendek paralelamente a su actividad como médico especialista en Ginecología y Obstetricia, la cual le ha valido innumerables reconocimientos y distinciones en Colombia y en América. Este libro es su cuarta contribución pedagógica, al lado de 60 contribuciones científicas en el campo de la Medicina. □



**The experimental analysis of behavior. Basic concepts and perspectives.**

**Rubén Ardila.**

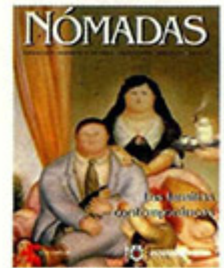
Bogotá: Fundación para el Avance de la Psicología, 1999.

Este trabajo, como lo explica su autor en el prefacio, es un texto básico sobre el análisis experimental del comportamiento, con énfasis en aspectos conceptuales e históricos. El doctor Ardila, fundador y director de la *Revista Latinoamericana de Psicología*, ofrece esta sintética obra especialmente a los futuros psicólogos que se orientarán hacia la disciplina fundada por el norteamericano B. F. Skinner (1904-1990). La obra de Skinner y sus discípulos (Keller, Schoenfeld, Sidman y otros), cuyo principal foro es la revista *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, ha constituido el cuerpo de conocimiento que quizás ha aportado más tanto a la Psicología básica como a la aplicada en la segunda mitad del siglo XX. Actualmente, el análisis experimental del comportamiento es una empresa internacional en la que también participan muy activamente psicólogos latinoamericanos y colombianos. □

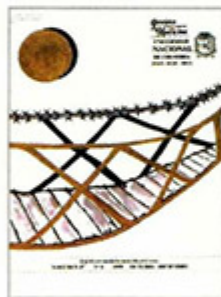
**Nómadas, número 11.**

**Revista del Departamento de Investigaciones de la Universidad Central.**

Santafé de Bogotá, octubre de 1999.



Con la acostumbrada edición de lujo, aparece una nueva versión de la revista *Nómadas*, dedicada en esta ocasión a las transformaciones de la familia contemporánea, desde la línea de la socialización y la violencia. En particular, se recogen 11 artículos sobre la temática, que profundizan en el poder patriarcal, la familia y la guerra, la adolescencia, la viudez, la familia en el cine, la economía familiar, las familias poligenéticas y otros aspectos desde la mirada de reconocidos investigadores sociales colombianos y extranjeros. La revista mantiene, además, sus secciones Editorial; Procesos de Creación; Ciencia, Universidad e Investigación; Reflexiones desde la Universidad; y Reseñas. □



**Revista de la facultad de Medicina, volumen 47, número 4.**

**Universidad Nacional de Colombia.**  
Santafé de Bogotá, octubre - diciembre 1999.

Contando ahora con la página en internet <http://www.medicina.unal.edu.co/revista/>, en este número de la revista el editorial se titula "Algunas reflexiones de fin de siglo", firmada por el doctor Jesús Álvaro Camacho, decano de la Facultad de Medicina del *Alma Máter*. También se publican tres investigaciones originales sobre anorexia nerviosa en adolescentes, enteropatía isquémica aguda y contaminación por arsénico en los habitantes de la ribera del embalse del Muña. Las actualizaciones, en esta ocasión, tratan del absceso cerebral en niños y del osteoclasto. Además, aparecen contribuciones individuales en las secciones: la informática y el conocimiento; ensayo académico; ensayo médico forense; sección de Epidemiología; e historia de la Medicina. Finaliza con la reseña de la vida académica de la Facultad y las actividades de AEXMUN (Asociación de Ex alumnos de Medicina de la Universidad Nacional). □

**Tablero, año 23, número 62.**  
**Revista del Convenio Andrés Bello.**

Santafé de Bogotá, diciembre de 1999.

El Convenio Andrés Bello decidió dedicar por completo el número 62 de *Tablero* a las relaciones entre Colombia y Venezuela, países signatarios y primigenios de la organización. A lo largo de tres partes dedicadas a los contextos, las percepciones e interpretaciones mutuas y los compendios temáticos y recomendaciones, destacados representantes académicos de la Universidad Nacional de Colombia y de la Universidad Central de Venezuela analizaron temas trascendentales para las dos naciones y propusieron caminos para un entendimiento pleno. Entre los temas analizados encontramos: la integración, la seguridad nacional, el narcotráfico, el desarrollo fronterizo, la migración, las relaciones ciudadanas, la educación y la cultura. □

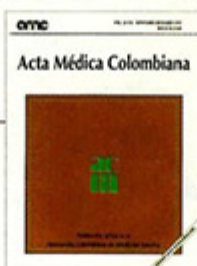


Acta médica colombiana, volumen 24, número 6.

Publicación oficial de la Asociación Colombiana de Medicina Interna.

Santafé de Bogotá,  
noviembre – diciembre de 1999.

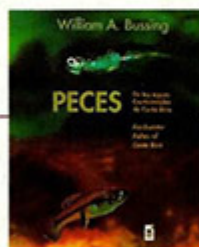
A propósito de la nueva dirección en internet [www.actamedica.com](http://www.actamedica.com), el editor asociado de *Acta Médica Colombiana*, doctor Óscar López, resalta el reto que ofrece el ciberespacio a las publicaciones tradicionales en papel. Entre tanto, los artículos del número se dedican a la Medicina tropical, bajo la edición del doctor Felipe Guhl. Los artículos son: "Dengue en Barranquilla. Aspectos clínicos y epidemiológicos"; "Citoquinas, moléculas de adhesión, endotelinas e índices de anormalidad capilar en fenómeno de Raynaud"; "Adhesión de plaquetas activadas a la membrana eritrocitaria y eritroblástica en procesos inmunes, observada en extendido de sangre periférica de 9218 pacientes"; "Frecuencia y factores asociados al incumplimiento de prescripciones en los pacientes atendidos en consulta externa de Medicina interna del Hospital San Juan de Dios"; y "En la búsqueda de una vacuna contra la leishmaniasis". □



Ciencia, tecnología y futuro, volumen 1, número 5

Instituto Colombiano del Petróleo.  
Bucaramanga, diciembre de 1999.

El objetivo de *Ciencia, Tecnología y Futuro* es difundir, con una periodicidad anual, los logros de las investigaciones científicas y los desarrollos tecnológicos de Ecopetrol, de la industria petrolera, del gas y de las fuentes alternas de energía en Colombia. Su director técnico es Álvaro Martínez Buendía, y el consejo editorial, además, está conformado por María Teresa García-Herreros Mantilla, Gustavo Navas Guzmán, Alfredo Tada Guarín y María Carolina Vargas Fúquene. En esta ocasión se publican nueve artículos especializados en torres de vacío, hornos de gas natural, mezclas de hidrocarburo pesado—carbón tensoactivo—agua, tratamiento de aguas residuales, aguas agrías de refinería, índices de contaminación, evaluación ecotoxicológica de vertimientos y materiales compuestos orgánicos utilizados como refuerzo de tuberías de conducción de fluidos. □



Peces de las aguas continentales de Costa Rica  
*Freshwater fishes of Costa Rica.*

William A. Bussing.

Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, 1998.

Esta compilación ictiológica corresponde al volumen 46 No. 2 (junio de 1998, suplemento 2) de la *Revista de Biología Tropical*, publicada por la Universidad de Costa Rica. Una primera edición sobre el tema había aparecido en 1987. Como bien sintetiza la doctora Eugenia Flores Vindas, presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, Bussing nos presenta descripciones detalladas e ilustraciones de las especies, fruto de 36 años de inventarios, recolección de organismos, observaciones de campo y cuidadosos estudios de gabinete, realizados con estricto apego al método científico, todo lo cual dio como resultado una magnífica monografía bilingüe. La primera edición ya había ganado el Premio Nacional "Aquileo J. Echeverría" en 1987, y se convirtió desde entonces en una obra clave para cualquier biólogo interesado en la ictiofauna tropical. □

# 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**

**Suscribase ya por sólo \$ 19.000 al año**

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





FUNDACION FES  
FUNDACION ANTONIO RESTREPO BARCO



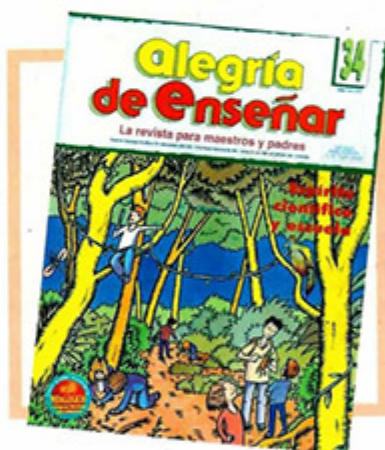
# Explorando el conocimiento y la formación social para el progreso

Libros y revistas con contenidos de alto nivel profesional en las áreas de:

- Educación
- Desarrollo social
- Medio ambiente
- Cultura
- Salud

## REVISTA ALEGRIA DE ENSEÑAR

*El material de consulta preferido por maestros e investigadores colombianos*



*El Largo y Sorprendente Viaje de las Pléyades*



*Manuales de Autoevaluación y Fortalecimiento de Instituciones de Protección*



*Evaluación de Proyectos Sociales*



*La Reforma Ambiental en Colombia*

Solicite hoy mismo nuestro Catálogo de Publicaciones en las oficinas de FES en todo el país

Informes y ventas: CENTRO DE PUBLICACIONES  
Calle 64 Nte. #5B-146, Telefax (92) 6652167, PBX. 6661700, FAX 6654300