

Innovación y Ciencia

VOLUMEN X, No. 2, 2002

Nanotecnología

**La química
combinatoria
revoluciona
la ciencia
de los materiales**

**PALEONTOLOGÍA:
¿Cerca de
nuestros ancestros?**

TARIFA POSTAL REJUCIDA 769. Precio: \$5.500.00



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



9 770121 514007



ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el
estudio de los problemas del país,

difundir el conocimiento científico,

promover y apoyar la

investigación Científica & Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social
de Ciencia y tecnología

WWW · ACAC · org · co
acac@acac.org.co

Carrera 50 #27-70 Edificio Camilo Torres, Bloque C, Módulo 3, Bogotá, DC. Colombia

TELÉFONOS: (571) 315 5898 · 221 3313 · 315 5900 FAX: (571) 221 6769 CORREO POSTAL: AA 92581

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
**INNOVACIÓN
Y CIENCIA**

Suscribase ya por sólo \$ 21.000 al año

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





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

Presidente
Eduardo Posada Flórez

Editor
Mauricio Pérez Gil

Coordinación editorial
Diana Patricia Mora
Lorena Ruiz Serna

Comité editorial
Moisés Wasserman
Horacio Torres
Nohora Elizabeth Hoyos
Alberto Ospina
Carmen H. Carvajal
Luis Carlos Arboleda
Edgar Alberto Póez
Carlos Corredor
Guillermo Hoyos

**Consejo editorial
internacional**
Leon Lederman
Isabel Llano
Rodolfo Ulinás

Corresponsal
Andrés M. Pérez-Acosta

Producción editorial y Diseño
Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

Asistente coord. editorial
Yuliett Arias

Corrección de estilo
Néstor Clavijo

Fotografía
PhotoDisc, ABC Stock, Slide
Depot

Preprensa electrónica
Marca Editores

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

Impresión
Grupo de Procesos Editoriales
de la Secretaría General del
Icfes



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 2002.
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: acac@acac.org.co
Bogotá - Colombia.
Precio de venta al público:
\$5.500.
Suscripción (4 números
al año): \$21.000.

Innovación y Ciencia



Portada. Nanotecnología: Manipulación directa y precisa de la materia a escala atómica (Microscopía electrónica de rastreo de un microengranaje).

7 EDITORIAL

Hacia una Colombia competitiva

NOTICIAS

8

ASTRONOMÍA - NOTICIAS DEL COSMOS

Sergio Torres

12

PALEONTOLOGÍA -

SAHELANTHROPUS: ¿CERCA DE NUESTROS ANCESTROS?

Fernando Fernández C.

16

NEUROBIOLOGÍA -

LOS ASTROCITOS: ¿ACASO CÉLULAS DEL CEREBRO MÁS ENIGMÁTICAS QUE LAS NEURONAS?

María Cecilia Angulo J.

20

NUTRICIÓN -

LA MICROPROTEÍNA: EL ALIMENTO DEL FUTURO

Alba Lucía Roa Parra y Angela María Wilches Flórez

WEB

24

SITIOS DE INTERÉS

VISTAZOS

28

Las drogas y los placebos se ven igual en el cerebro. Tomografía cerebral ofrece claves sobre desarrollo del lenguaje. Reconocimiento de carbohidratos indispensables en la espermatogénesis. Nueva forma de diagnosticar posibles ataques cardíacos. Humanos vs. crecimiento vegetal ¿Hay para todos? Nueva ciudad INCA hallada en el Perú. Siguen las huellas de los elefantes marinos. Advertencia de impacto con la tierra.

CONTENIDO

Volumen X, No. 2 - 2002

QUIMICA

34 LA QUÍMICA COMBINATORIA REVOLUCIONA LA CIENCIA DE LOS MATERIALES

Franklin Jaramillo I. y Carlos E. Arroyave P.

Los recientes avances en la química combinatoria han hecho posible su aplicación en áreas como la ciencia de los materiales, lo que ha permitido acelerar el descubrimiento de cientos de nuevos materiales, en los más diversos frentes de esta área del conocimiento, incluyendo los superconductores, los catalizadores, los polímeros y todos los demás materiales que cada día sorprenden a la humanidad, facilitándole la interacción con el entorno y, en consecuencia, elevando su nivel de vida. Vale la pena entonces conocer los conceptos básicos de esta nueva forma de experimentación, con la certeza de que su impacto se reflejará rápidamente en el aumento de la efectividad de la investigación que se adelanta en el país alrededor de los materiales que deben soportar nuestro desarrollo.



BOTANICA MÉDICA

40 ALCALOIDES ¿QUÉ SON Y PARA QUÉ SIRVEN?

Pedro J. Rocha S.

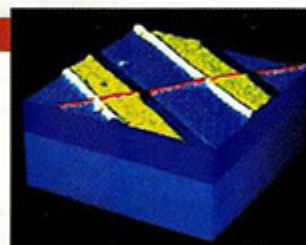
Los alcaloides son metabolitos secundarios producidos por las plantas, son compuestos que poseen una gran diversidad de funciones biológicas y por esto han sido empleados para múltiples propósitos. En el artículo se describen las propiedades y los usos, o abusos, de algunos alcaloides además de sus efectos fisiológicos.

NANOTECNOLOGÍA

46 NANOTECNOLOGÍA: MANIPULACIÓN DIRECTA Y PRECISA DE LA MATERIA A ESCALA ATÓMICA

Andrés Jaramillo Botero

El acercamiento a esta materia nos lleva un poco más allá de la realidad cotidiana y nos ubica ante la realidad de un futuro tecnológico, no muy lejano, que cambiaría por completo nuestra forma de vivir, e incluso nuestra forma de morir. La Nanotecnología, llamada: "la tecnología de manufactura del siglo XXI" será una de las tres más críticas para la humanidad en el próximo milenio conjuntamente con la Ingeniería Genética y la Robótica.



ELECTRICIDAD

60 LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, RETO TECNOLÓGICO.

Horacio Torres-Sánchez

El nuevo esquema de las empresas electrificadoras y la nueva regulación del mercado de la energía eléctrica en todo el mundo, implica un replanteamiento de la filosofía de prestación del servicio. El ambiente de competencia actual significa que la relación proveedor-usuario es mucho más exigente para las empresas prestadoras del servicio, obligándolas a incentivar en su ámbito institucional una nueva cultura de servicio.

PSICOLOGÍA

66 PSICOLOGÍA DE LA CIENCIA

Rubén Ardila, PhD

El estudio de los procesos psicológicos que inciden en la producción científica y el comportamiento de la persona que hace ciencia, ha sido un campo de interés durante varias décadas, dando origen a investigaciones, teorías y a muchas controversias, así como al desarrollo de disciplinas como la Sociología de la Ciencia.



LIBROS

72 NOVEDADES EDITORIALES



HORIZONTE INSTITUCIONAL DEL ICFES

POR DANIEL BOGOYA M.

DIRECTOR GENERAL DEL ICFES

Y PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Celebro la página de Innovación y Ciencia para compartir con sus lectores algunos elementos de nuestro horizonte institucional: evaluación e información. Se trata de dos ejes esenciales en el proyecto colombiano de educación superior, que apunta en los próximos años a un incremento significativo de la cobertura de la matrícula, siempre con el referente de mayores niveles de calidad y eficiencia.

La evaluación, entendida como un proceso de diálogo permanente, que transcurre incluso imbricada profundamente con las acciones mismas de cada mundo que se vive en el trabajo de un aula, constituye una metodología y una vía de cualificación, pues en su naturaleza tiene el propósito de revelar y hacer visible el estado de desarrollo de los procesos de aprendizaje de los estudiantes. La evaluación, apropiada como cultura en la vida de todos los actores de la educación y asimilada como el eslabón clave que permite verificar el logro propuesto y vincular acciones intencionadas, hace posible la construcción de un bucle para efectos de actuar calificada y oportunamente y en forma dirigida y específica, sobre las diferentes sensibilidades que cada sujeto despierta frente a una determinada propuesta curricular. En el horizonte del ICFES, el desafío consiste en evaluar a todos los estudiantes colombianos en el momento de concluir sus ciclos de educación básica primaria, básica secundaria, media y superior, a través de instrumentos que valoren efectivamente las competencias básicas que cada niño, joven o profesional deben desarrollar a su paso por el sistema.

La información, mirada como una organización robusta, precisa y confiable, segura y actualizada, pertinente y oportuna, da cuenta acerca de los distintos perfiles encontrados, de las fortalezas y debilidades y de los potenciales desarrollos de quienes participan de la evaluación. Es pues, un canal que abre todo un manantial de mundos posibles, de ajustes y pulimentos e incluso de nuevas direcciones para el trabajo académico, cuando se incorpora al proceso de toma de decisiones el análisis sobre los alcances manifiestos por los evaluados en las pruebas, teniendo desde luego presente la necesidad de modular cada lectura y su correspondiente fundamentación conceptual desde donde se mira. Al respecto, el desafío para el ICFES comprende entonces la consolidación de un sistema de información que incorpore valor importante a los datos simples que provienen de cada aplicación de instrumentos, que permita construir múltiples relaciones y proyectar nuevos estadios a partir de las tendencias que muestran las diferentes poblaciones y grupos evaluados.

Desde estas dos unidades conceptuales, plenamente visibles y colocadas al juicio y la razón de la comunidad académica del país –la que sigue expresándose con altos niveles de pertinencia y argumentación, en tanto motor calificado de cambios importantes– consideramos que es posible tejer sociedad, visualizar tendencias, superar debilidades, reconocer propuestas pedagógicas con estrategias nuevas de mayor trascendencia y resultados plausibles para aprender de ellos y, en suma, aportar a la Carta de Navegación Colombiana sobre el tema de la educación.

Hacia una Colombia competitiva

Uno de los factores esenciales para garantizar prosperidad y autonomía a un país o región es su capacidad de generar y aplicar conocimiento, elemento vital para el progreso económico y social. Esto es aún más cierto si se tiene en cuenta el vertiginoso avance de la tecnología actual y su siempre más estrecha relación con la ciencia.

Un país en desarrollo que quiera alcanzar niveles de productividad adecuados en el mundo moderno, debe tener como una de sus políticas prioritarias el establecimiento de una base fuerte de ciencia y tecnología, sobre la cual pueda apoyar la construcción de un sector productivo moderno y competitivo.

Las economías más avanzadas le deben en buena parte su bienestar actual a los grandes esfuerzos que han hecho para fortalecer su capacidad de producción de conocimiento, convirtiendo a la educación, la ciencia y la tecnología en ejes de su desarrollo.

A lo largo de la década de los noventa y, especialmente, a partir de la promulgación de la ley 29 de 1990, se ha visto un progreso notable en la institucionalización del sector de ciencia y tecnología en Colombia. Como resultado de ello se creó el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y, posteriormente, el Sistema Nacional de Innovación; se consolidó a Colciencias situándolo en el Departamento Nacional de Planeación y se establecieron incentivos fiscales para el desarrollo tecnológico. Al mismo tiempo, se produjo un notable incremento de la inversión en actividades de ciencia y tecnología que alcanzó cerca de 0,65 % del PIB en el año de 1997, contra menos del 0,2% a comienzos de esa década.

El aumento de la financiación favoreció la aparición de nuevos grupos de investigación en las universidades y la creación de centros de investigación y centros de desarrollo tecnológico (CDT) apoyados por el sector productivo. En la última convocatoria hecha por Colciencias

en el año 2000, se escalafonaron más de 700 grupos de investigación, 100 centros y cerca de 40 CDTs, lo cual representa un crecimiento del 300% con respecto a convocatorias anteriores. También se pudo observar un incremento notable en el número de publicaciones científicas en revistas indexadas.

A pesar de lo anterior, y dado el muy bajo nivel inicial, la situación de Colombia en ese campo sigue siendo muy desfavorable con respecto a las economías más avanzadas de América Latina tales como Brasil, Chile o México y, naturalmente, en relación con los países industrializados y los de reciente industrialización.

La inversión en ciencia y tecnología en Colombia es en más de un 80% gubernamental, contra tan sólo un 40% en los países industrializados, lo cual denota un interés muy reducido del sector empresarial por desarrollar un proceso ambicioso de modernización tecnológica o promover la creación de nuevas empresas.

Por otra parte, existe en la industria la creencia generalizada de que resulta más barato comprar la tecnología, que establecer una capacidad propia para producirla o, al menos, adaptarla. Sobre decir que, a mediano plazo, esa actitud conduce a crear una mayor dependencia con respecto a los vendedores de tecnología, a través del pago de regalías, contratos de mantenimiento, etc. Por otra parte, si no se cuenta con especialistas de muy alto nivel para participar en las negociaciones, la tecnología que se adquiere en la mayoría de las veces es obsoleta, o mal adaptada a las condiciones particulares de nuestro entorno.

En lo que a educación se refiere, es indiscutible que en las dos últimas décadas ésta ha mejorado de manera sensible en cobertura y acceso a los diferentes niveles. De hecho, Colombia es el país, después de Chile, que ha tenido el más fuerte crecimiento en ese campo, a pesar de lo cual los valores alcanzados siguen estando muy por debajo de los de los países más avanzados de América Latina o de los de reciente industrialización.

La calidad de la educación, en todos los niveles, especialmente en lo que se refiere a la enseñanza de las ciencias y la tecnología, deja aun mucho que desear y está lejos de poder satisfacer las necesidades de nuestro sector industrial que requiere con urgencia un proceso profundo de modernización.

La educación está centrada en la adquisición de información, mucho más que en la comprensión de los conceptos básicos y de los procesos que intervienen en la creación de conocimiento y desconoce, o aprovecha de manera muy inadecuada, las herramientas que hoy existen gracias al avance de las tecnologías de la información. Por su estructura, el sector educativo formal es poco adaptable a los cambios vertiginosos de la ciencia y la tecnología y, a menudo, lo que hoy se enseña como novedad en la escuela es lo que se descubrió hace más de cincuenta años.

Por todo lo anterior, en las encuestas que se realizan a nivel mundial para evaluar el nivel de competitividad de los países, Colombia sigue ocupando un lugar muy secundario, aun a nivel latinoamericano.

Cambiar esa situación requiere establecer programas de choque, con metas bien definidas que busquen alcanzar un 100% de cobertura de la educación básica primaria y secundaria y un mayor acceso a la educación superior, al igual que lograr un desarrollo real de la investigación básica y aplicada tanto en la universidad como en el sector productivo.

Las propuestas que planteó la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo hace un poco más de ocho años siguen teniendo total vigencia y podrían servir de base para que el gobierno del presidente Uribe lidere el proceso de transformación que el país tanto necesita. □

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

NOTICIAS DEL Cosmos

Sergio Torres

Centro Internacional de Física,
Bogotá, Colombia
e-mail: verada@earthlink.net

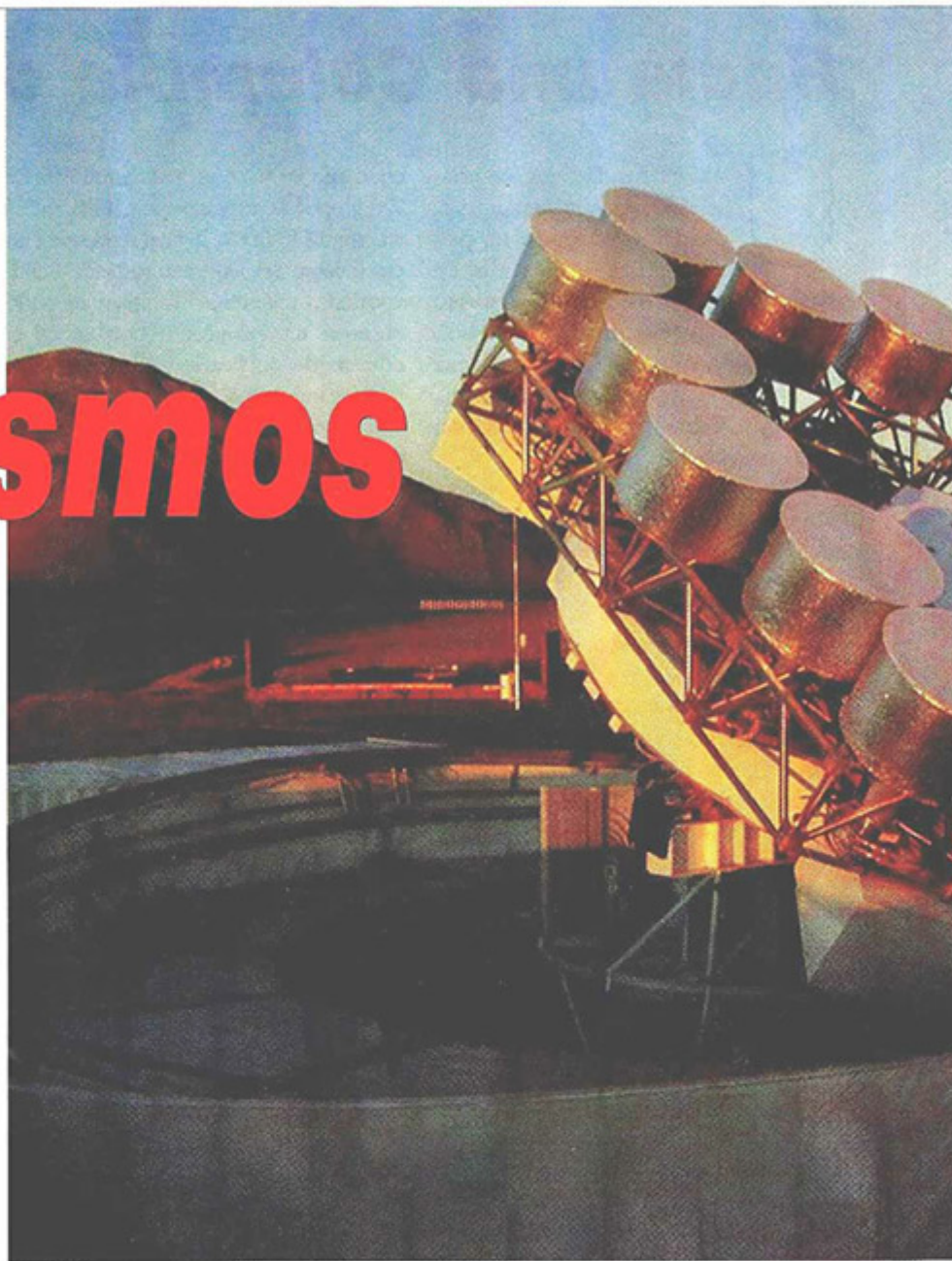
Do
s grupos experimentales, el VSA (*Very Small Array*) y el CBI (*Cosmic Background Imager*), reportaron recientemente (23 de mayo) la detección y medición de los rastros dejados por las ondas acústicas que acompañaron los primeros momentos del universo en formación. Estas observaciones le dan peso a la teoría cosmológica del Big Bang, según la cual, el universo se originó hace aproximadamente 15 mil millones de años en un estado súper denso y súper caliente donde se encontraba todo el universo concentrado en un punto más pequeño que un sólo átomo.

Durante los primeros 300 mil años de vida del universo, la radiación electromagnética y la materia

(que en ese entonces existía en forma de núcleos de hidrógeno y de helio primordialmente), interactuaban fuertemente. La radiación electromagnética generada durante los primeros instantes del universo (o radiación cósmica de fondo - RCF) se propaga libremente por todo el espacio y lleva consigo valiosa información sobre lo que ocurrió durante la formación del cosmos. Este fondo cósmico de radiación fue descubierto en 1964 por los

radioastrónomos norteamericanos Arno Penzias y Robert Wilson.

Un sistema de radiación y materia a altas energías forma un plasma donde se producen oscilaciones acústicas, similares a las ondas que se observan en la superficie del agua en una piscina. Debido al acoplamiento entre la radiación y la materia, estas oscilaciones dejan unas huellas características en la RCF que se traducen en fluctuaciones extremadamente pequeñas (del orden de



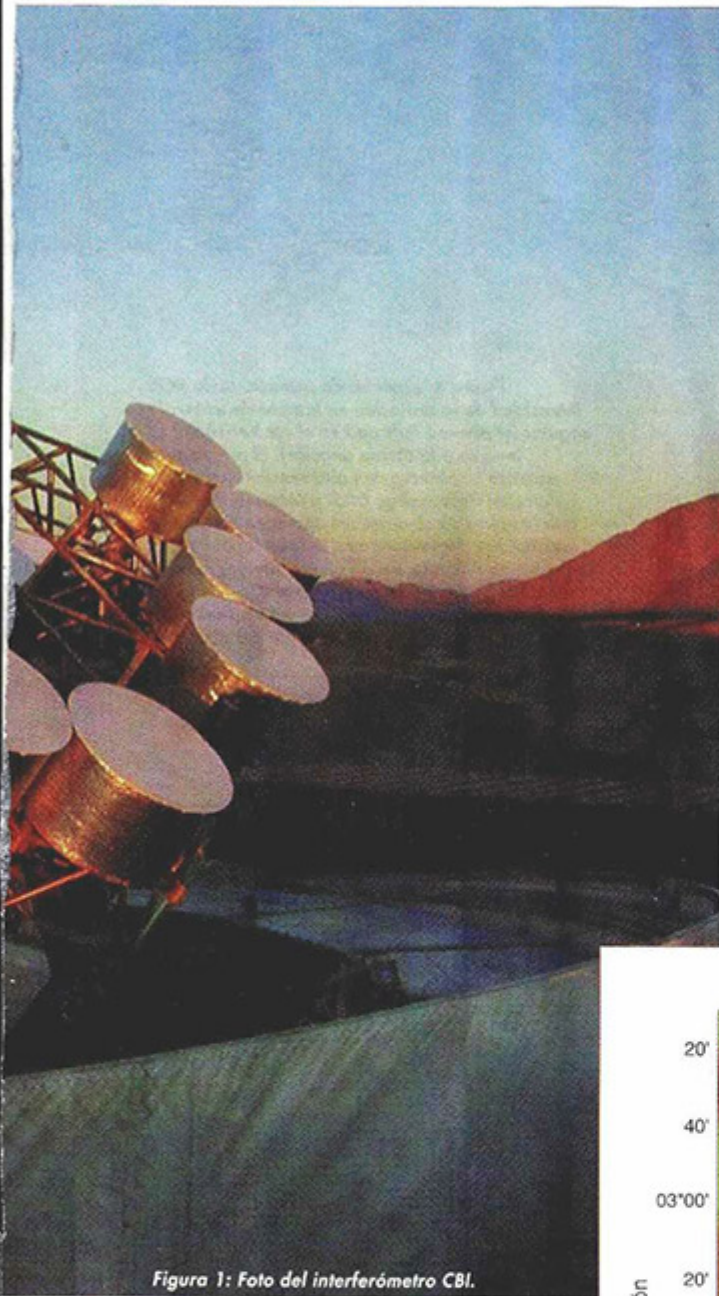


Figura 1: Foto del interferómetro CBI.

una diez millonésima de grado centígrado) en su intensidad. La presencia de estas fluctuaciones en la RCF, enunciada por los físicos rusos Sunyaev y Zel'dovich en 1970 y por Sakharov en 1965, constituye una de las predicciones principales de Big Bang. La detección de esta señal fue realizada por primera vez en el año 2000 por el grupo del experimento *Boomerang*. Más adelante los resultados de *Boomerang* fueron confirmados por los experi-

mentos DASI, MAXIMA y TOGO. Los nuevos resultados de VSA y CBI confirman los obtenidos por previos experimentos y extienden su validez a escalas angulares más pequeñas. El régimen de escalas sondeado por estos experimentos se concentra en una región no explorada previamente. El descubrimiento de las anisotropías en la RCF realizado por la misión satelital COBE de la NASA en 1992 cubre escalas angulares grandes donde actúan procesos físicos diferentes a los estudiados por experimentos como CBI y VSA.

El CBI es un radiotelescopio (figura 1) dedicado al estudio de la RCF que observa el universo primigenio desde el desierto de Atacama en Chile a una altura de 5.080 metros. El instrumento consiste en un interferómetro compuesto por 13 antenas sintonizadas en 10 bandas de frecuencia en el rango 26 – 36 GHz para la recepción de la RCF a pequeñas escalas angulares (de 4,5 a 10 minutos de grado). El instrumento VSA también es un interferómetro y está localizado en el Observatorio del Teide a 2.400 metros en las islas de Tenerife. VSA está formado por 15 antenas mini-parabólicas de 15 cm que funcionan a una frecuencia de 34 GHz y son sensibles a escalas angulares de 0,4 a 3,6 grados. Hasta la fecha de publicación de los resultados el instrumento VSA logró completar un área de observación total de 101 grados cuadrados.

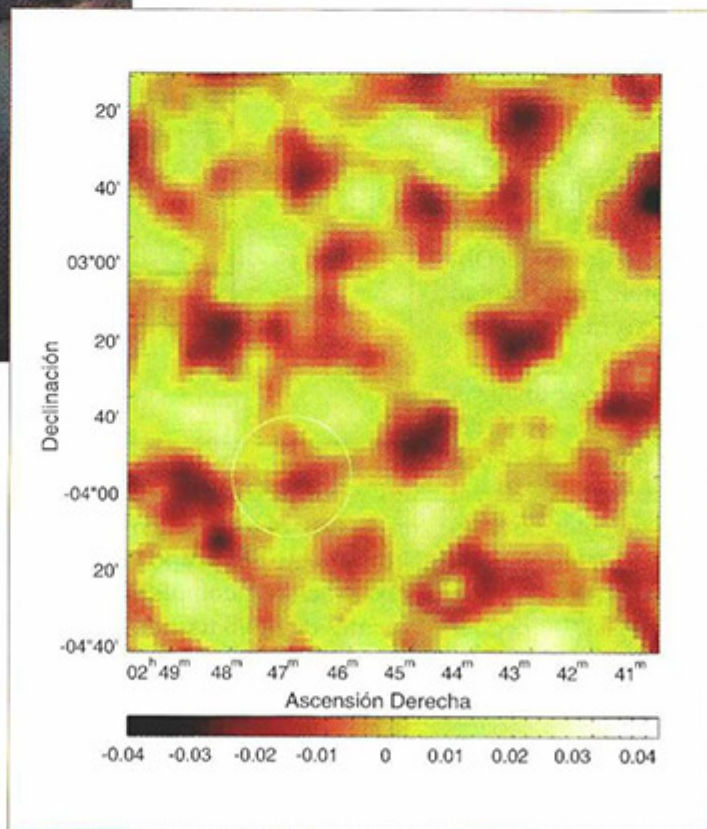


Figura 2: Mapa de la radiación cósmica de fondo obtenido por CBI. Los colores representan la temperatura de la radiación (rojo para frío, blanco caliente) relativo al valor medio de 2,73 grados Kelvin.

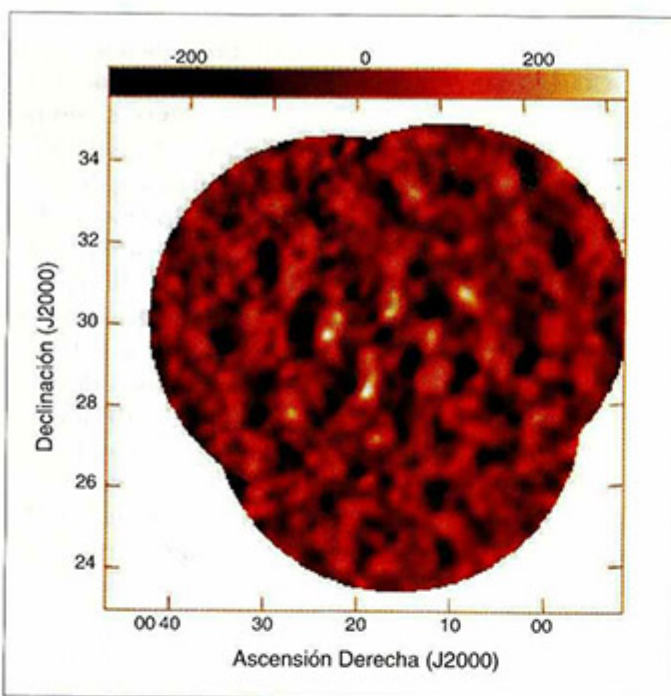


Figura 3: Mapa de la RCF obtenido por VSA.

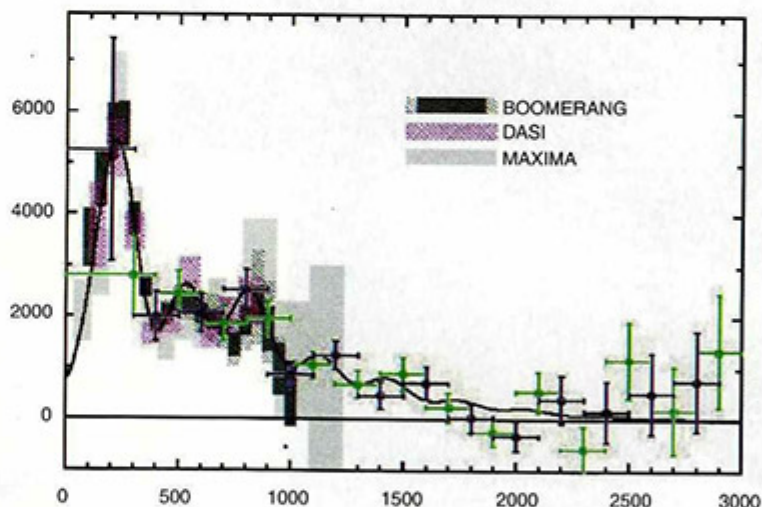
El CBI está conformado por investigadores del Instituto Tecnológico de California, el Instituto Canadiense de Astrofísica Teórica, el Observatorio Nacional de Radioastronomía (Estados Unidos), la Universidad de Alberta (Canada), el Instituto de Astrofísica de París, la Universidad de Chile y la Universidad de California. El grupo VSA reúne investigadores del Laboratorio Cavendish (Reino Unido), el Observatorio de Jodrell Bank (Reino Unido) y el Instituto de Astrofísica de Canarias.

Los investigadores que analizan los datos de un radiotelescopio del tipo usado por VSA y CBI deben tomar medidas extraordinarias para filtrar señales provenientes de fuentes no cosmológicas, tales como la radiación electromagnética de nuestra propia galaxia o las distorsiones de la RCF producidas por la dispersión de sus fotones por electrones en cúmulos de galaxias. La separación de estas señales no deseadas se logra mediante el uso de observaciones independientes a estas fuen-

tes y por medio de estudios de los espectros obtenidos por el propio instrumento. El grupo VSA realizó observaciones complementarias de fuentes de radio usando el Telescopio Ryle (RT) de Cambridge las cuales se abstraen de los mapas de RCF.

Los mapas de la RCF obtenidos por CBI (figura 2) y VSA (figura 3) revelan las semillas a partir de las

Figura 4: espectro de potencia de la RCF: intensidad de la radiación en función de la escala angular (el número indicado en el eje horizontal es inverso a la escala angular). El primer pico acústico se observa con alta sensibilidad en los datos de Boomerang, DASI y Máxima, mientras que los otros picos acústicos aparecen con menor sensibilidad (los rectángulos indican intervalos de confianza del 68%). Los círculos (azul) y cuadrados (verde) muestran los datos de CBI. La curva continua (línea negra) representa las predicciones de la teoría del Big Bang.



cuales se formaron las galaxias y los cúmulos de galaxias que constituyen la estructura a gran escala que hoy observamos con potentes telescopios. Las implicaciones teóricas son de gran alcance ya que permiten refinar la teoría del Big Bang y avanzar en la precisión con la que se miden los parámetros de la teoría. Las características de las perturbaciones en el plasma primordial

dependen de los detalles de la geometría del universo y de la cantidad total de materia y radiación. A partir de los mapas de la RCF los astrofísicos infieren los parámetros del universo midiendo el espectro de potencias de la radiación, es decir, la intensidad relativa de la señal para cada frecuencia. Por ejemplo, la teoría predice la presencia de un pico principal en el espectro de potencias de la RCF a pequeña escala angular, el cual fue claramente detectado por *Boomerang* (figura 4). La escala angular en la cual aparece el pico en el espectro depende de

amortiguación de estas fluctuaciones. Las escalas angulares sondaadas por CBI corresponden físicamente a cúmulos de galaxias en el rango de masas 10^{14} a 10^{16} (en unidades de masas solares). La detección de potencia en la RCF en la región explorada provee una conexión entre fluctuaciones de la temperatura de la RCF en el universo temprano y la distribución de materia en el universo tal como lo observamos hoy. Esta conexión provee un fuerte apoyo al modelo de formación de estructura basado en inestabilidad gravitacional. Los

hallazgos del CBI y del VSA no están de acuerdo con los modelos de formación de estructura basados en defectos topológicos.

Todos los resultados experimentales sobre RCF son compatibles entre sí y a su vez lo son con las predicciones del Big Bang. Los datos del CBI son complementarios a los de VSA, Boomerang, MAXIMA y DASI, en cuanto a su cubrimiento angular a escalas más pequeñas. Además de las escalas angulares, las regiones observadas son distintas

de observaciones con el Telescopio Espacial Hubble y las mediciones de las edades de los cúmulos globulares más viejos. La disponibilidad de un buen número de mediciones independientes y consistentes de la RCF dan gran solidez al Big Bang y en particular a una extensión de la teoría (llamada modelo inflacionario), según la cual, los primeros instantes del universo fueron marcados por una expansión acelerada del espacio en pocas fracciones de segundo.

Las conclusiones que se desprenden de las mediciones conjuntas de RCF, la estructura a gran escala, la edad del universo y la velocidad de expansión que resulta de estudios de supernovas tipo IIa, indican que vivimos en un universo de geometría plana, donde la componente dominante de energía proviene del vacío según lo contemplaba el mismo Einstein cuando introdujo en sus ecuaciones un término constante que actuaba como una presión pero en sentido contrario a la gravedad. La componente de materia bariónica es mínima y coincide con la predicción de nucleosíntesis primordial del Big Bang. Con respecto a la formación de estructuras en el universo (ejemplo galaxias, cúmulos de galaxias, etc.) las observaciones están de acuerdo con el mecanismo de formación de estructura basado en la evolución de fluctuaciones primordiales en la densidad de la materia con un espectro invariante a escalas (tal como lo predice el modelo inflacionario). □

**LAS IMPLICACIONES
TEÓRICAS SON DE GRAN
ALCANCE YA QUE
PERMITEN REFINAR LA
TEORÍA DEL BIG BANG
Y AVANZAR EN LA
PRECISIÓN CON LA QUE SE
MIDEN LOS PARÁMETROS
DE LA TEORÍA.**

rectamente de la masa total del universo. La característica dominante de los resultados de CBI es la disminución en potencia en el espectro para las escalas angulares más pequeñas. La amortiguación observada en el espectro es una predicción importante de la teoría básica de fluctuaciones en el plasma primordial. CBI logra determinar por primera vez la escala de

y las tecnologías usadas son completamente distintas (mientras que CBI y VSA se basan en interferometría, los experimentos anteriores usan radiometría). Las mediciones de la RCF también son consistentes (dentro de la teoría del Big Bang) con las observaciones de la estructura a gran escala del universo y con las mediciones de la edad del universo provenien-

PALEONTOLOGÍA

Sahelanthropus

¿Cerca de nuestros ancestros?



Fernando Fernández C.

Instituto Humboldt,
Villa de Leyva,
Boyacá, Colombia

e-mail:

ffernandez@humboldt.org.co

La última década ha sido una de las más excitantes y promisorias en cuanto a hallazgos fósiles de nuestros ancestros y su significado sobre la evolución de los homínidos (familia de Primates en la cual estamos los humanos y otros linajes). El hallazgo más reciente ha creado interesantes problemas en el cuadro de la evolución de los homínidos, llegando incluso a replantear fuertemente ideas y esquemas propuestos en la filogenia de nuestros linajes. Se trata de un fósil bastante antiguo descubierto por el equipo de Michel Brunet (Universidad de Poitiers, Francia) en el desierto Djurab, Chad, África Central.

YA DESDE EL SIGLO XIX

EL PROPIO DARWIN

SUGERÍA A ÁFRICA COMO

LA CUNA DE LA HUMANIDAD.

Una rama evolutiva muy complicada

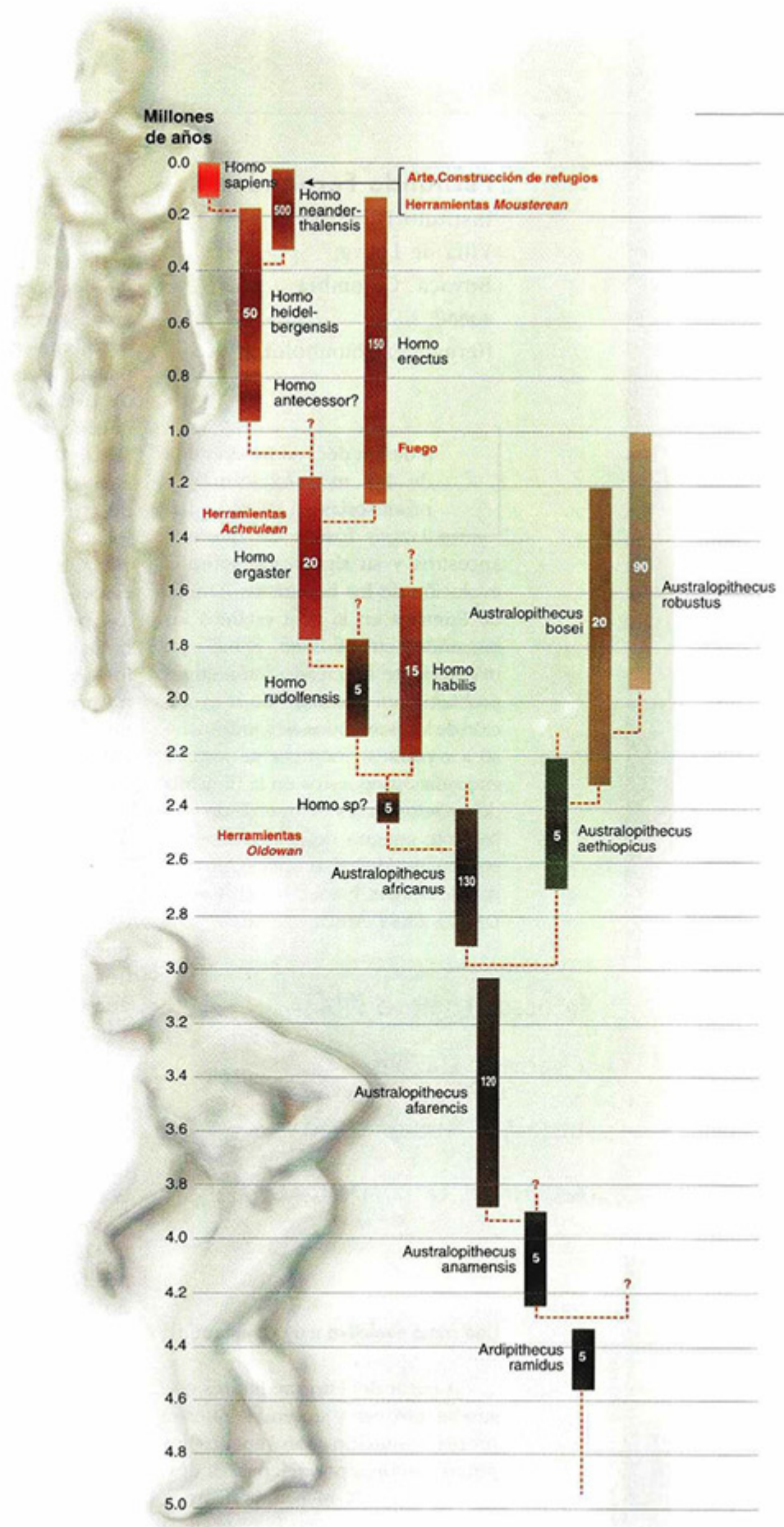
A pesar del enorme interés que suscita rastrear y entender nuestra propia evolución, son muchos los puntos oscuros por aclarar. Ya desde el siglo XIX el propio Darwin sugería a África como la cuna de la humanidad, y una serie de hallazgos

ha ido mostrando que en este continente probablemente surgió el ancestro de los humanos. Desde que Raymond Dart describiera un cráneo de un infante de homínido, hace 75 años, han habido allí una serie de descubrimientos, especialmente en el oriente, hacia el Valle del Rift (apodada "La Cuna de la Humanidad" por los muchos fósiles encontrados en esa área). Uno de los encuentros más famosos es el de una hembra ("Lucy") de *Australopithecus afarensis* por Johanson en los setentas.

¿Qué es lo que sabemos? Las evidencias moleculares sugieren que los primates más cercanos a los humanos son los chimpancés (no los gorilas, ni los orangutanes). Entre nosotros y los chimpancés hay un abrumador 98% de genes compartidos. Por otra parte, estos mismos estudios muestran que hace unos 7 a 8 millones de años existía un primate del cual se originaron dos ramas, la de los chimpancés y la de los humanos. En otras palabras, en África, hacia el Mioceno Superior, en alguna parte rondaban nuestros ancestros, recién separados del grupo que conduciría a chimpancés y monos bonobo.

Los fósiles que normalmente se han descubierto no pasan de los 4 millones de años de antigüedad, y forman ramificaciones complejas, debido a los diferentes puntos de vista de los paleoantropólogos dedicados a su estudio. En una de las tantas interpretaciones, los humanos (*Homo sapiens*) podrían tener no más de 300.000 años sobre el planeta. Antes de ellos (y junto a ellos), vivieron otras formas como el *Homo neanderthalensis* y el *Homo erectus*. Si retrocedemos de uno a dos millones de años nos encontramos con más miembros de la familia, el *Homo ergaster*, *Homo habilis* y el *Homo rudolfensis*, todos ellos en el mismo género de nuestra especie.

CERCA DE NUESTROS ANCESTROS



Pero también estaban vecinos cercanos de sangre (algo así como primos), los llamados *Australopithecus*, como *A. boisei* y *A. robustus*. Si retrocedemos aún más, entre hace dos y tres millones de años, podríamos encontrar con los primeros *Homo* y un par de australopithecinos más, *A. aethiopicus* y *A. africanus*. Pero si pasamos la lejana raya de los tres millones de años, vamos a encontrar pocos nombres citados, siendo uno de ellos "Lucy", el *Australopithecus afarensis*, fósil que por un tiempo disfrutó de ser el más antiguo, acercándose a los cuatro millones de años. *A. anamensis* desbancó a Lucy, calculándose que vivió hace unos 4.3 millones de años. El reinado de *anamensis* fue más bien efímero, cuando se anunció el hallazgo de *Ardipithecus ramidus*, que rozaba en los 4.5 m. de a. Este último fósil no sólo era el más antiguo, sino también, aparen-

**¿ES UN NUEVO
HOMÍNIDO, OTRO YA
DESCRITO O INCLUSO
UN MONO?**

**¿ESTÁ MUY CERCA DE
NUESTRO ANCESTRO?**

temente, distinto, pues se le ubicaba en un género diferente, como se postuló con *Orrorin tugenensis*.

El *Sahelanthropus*

Entre toda esta gama de huesos y edades, era claro que entre los fósiles más viejos (*Ardipithecus*) y el ancestro postulado por estudios moleculares, había un vacío grande y preocupante

de unos 4 millones de años. Es decir, África se había empecinado en no mostrar los preciados fósiles de un largo período de tiempo que vio el surgimiento y evolución de los primeros homínidos.

Bajo esta perspectiva, el encuentro de un fósil de homínido como el aquí reseñado tiene una enorme importancia. Se trata de *Sahelanthropus tchadensis*, fósil que puede llegar a la sorprendente edad de 6 millones de años. El cráneo presenta, aparentemente, una mezcla de caracteres primitivos y derivados. La parte posterior puede ser como de chimpancé pero la cara y dientes recuerdan a humanos (algo que se vería hasta la aparición de los *Homo*, mucho después).

Cuando *Sahelanthropus* (apodado "Tuomo" que en dialecto local significa "Esperanza de Vida") rondaba, vivía en un sitio con lago, bosques y sabanas, con muchos de los animales que ahora siguen rondando el paisaje africano (jirafas, hienas, elefantes, etc.). Brunet piensa que Tuomo y sus familias eran bípedos, al menos parcialmente.

¿Mono o humano?

A pesar del detalle en las descripciones (e interpretaciones) permanece la duda sobre el estatus de este nuevo fósil. ¿Es un nuevo homínido, otro ya descrito o incluso un mono? ¿Está muy cerca de nuestro ancestro?

En la sistemática de homínidos se han descrito muchos nombres de géneros y especies. Esta es una práctica común en taxonomía; sin embargo, es diferente describir nuevos nombres en organismos poco publicitados como moluscos o arañas, a describir nuevos nombres en homínidos, tan cerca a nosotros. La clasificación de nuestra familia está plagada de muchos nombres, algunos de los cuales terminan

desapareciendo cuando se descubre (o prueba) que corresponde a otro ya descrito. De hecho, es inevitable que los antropólogos buscadores de huesos quieran dar nombres nuevos a sus hallazgos, puesto que esto trae emparejada fama y más opciones de fondos para financiar sus investigaciones.

Si se aplicara con rigurosidad los fundamentos de escuelas de clasificación como la cladística (que sólo reconoce grupos monofiléticos, es decir, aquellos derivados de un ancestro y que comparten por lo menos una característica en común), y si hubiese material suficiente para comparar todos estos nombres, probablemente el número de géneros y especies sería menor. Cabe la posibilidad de que muchas de las "especies" de homínidos no sean más que variantes o razas de unas pocas especies. Es como si ahora describiéramos nuevas especies de humanos basándonos en los mongoles, pigmeos o quechuas, quienes poseen diferencias físicas y comportamentales.

Naturalmente sin importar si *Sahelanthropus* sea un género o especie aparte, o simplemente un *Australopithecus* más, o incluso un mono, su descubrimiento es muy interesante, pues está "llenando" un espacio hasta hace poco exasperantemente vacío en la evolución humana. Quizás estudios comparados de todo este material, y la suerte de más hallazgos pueda aclarar la posición de este fósil en la filogenia de los homínidos, y pueda acercarnos al "enigma de enigmas" del origen y temprana evolución de nuestros remotos abuelos. □

Referencias

1. Brunet, M. et al.: A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa. *Nature*, 418, 145 - 151, 2002.
2. Vignaud, P. et al.: Geology and palaeontology of the Upper Miocene Toros-Menalla hominid locality, Chad. *Nature*, 418, 152 - 155, 2002.

Los astrocitos

María Cecilia Angulo J.

Centro Internacional de Física,
Edificio Manuel Ancizar,
Ciudad Universitaria
Bogotá, D.C., Colombia
e-mail: angulo@physio.espci.fr

Gracias a grandes neurobiólogos como Virchow, Golgi o Ramón y Cajal, sabemos hace más de cien años, que nuestro cerebro está constituido al menos por dos grandes tipos de células: las famosas neuronas y las menos célebres células gliales.

Una de las particularidades más relevantes de las neuronas es su capacidad de comunicarse entre sí; codifican mensajes eléctricos y químicos que envían hacia otras

neuronas formando así verdaderos circuitos o redes neuronales. La transmisión de información de una neurona a otra ocurre en regiones especializadas llamadas 'sinapsis', donde las membranas de las dos células están separadas por un espacio extracelular muy reducido. En estas regiones, una señal eléctrica generada en una primera neurona (o neurona presináptica) provoca un aumento masivo de calcio interno, el cual permite la fusión de pequeñas vesículas con la membrana celular. Durante la fusión, una molécula contenida dentro de estas vesículas es liberada por la célula activada en el espacio extracelular de la sinapsis. La molécula liberada o 'neurotransmisor' se difunde hasta ligarse a los receptores de membrana de la neurona adyacente (o neurona postsináptica). Existen muchos tipos de neurotransmisores, entre

ellos el glutamato, uno de los principales neurotransmisores del cerebro. Al ligarse a los receptores de membrana, el glutamato facilita el paso de iones al interior de la célula postsináptica y genera, en esta segunda célula, una nueva señal eléctrica que será transferida hacia otras neuronas.

La popularidad de las neuronas viene justamente de su capacidad de transmitir y procesar información. Cumplen con el noble papel de procesar nuestros pensamientos y por esto, se puede decir que son las células "inteligentes" del cerebro. Por el contrario, las células gliales, cuyo nombre proviene de la palabra griega 'glia' que significa pegante, han sido consideradas por décadas como elementos que le confieren únicamente estructura y rigidez al cerebro. Aunque las células gliales constituyen alrededor del setenta

¿Acaso células del cerebro más enigmáticas que las neuronas?

por ciento del número total de células del cerebro (incluyendo las neuronas), se cree que son células pasivas que juegan sólo un rol estructural y nutricional. No por esto su función deja de ser muy importante. Son, por ejemplo, las células encargadas de guiar la migración de las neuronas durante el desarrollo o de asegurar la supervivencia de éstas aportándoles los nutrientes y la energía necesaria para su funcionamiento.

Pero ésta no es la razón por la cual existe hoy un creciente interés por estas células. La idea que las células gliales sean sólo elementos pasivos del cerebro ha venido cambiando desde los años noventa. Observaciones recientes han demostrado que los astrocitos, las células gliales más numerosas e importantes del sistema nervioso central, influyen de manera dinámica la actividad neuronal.

Los astrocitos poseen formas variables y procesos relativamente largos que envuelven las sinapsis neuronales. Esta relación morfológica entre los astrocitos y las neuronas, enigmática por mucho tiempo, tuvo una primera explicación cuando se demostró que estas células gliales «recapturan» el glutamato liberado por las neuronas en el espacio extracelular de la sinapsis, después de la transmisión neuronal. La «recaptura» de glutamato por los astrocitos es un fenómeno crucial que permite restablecer las condiciones basales necesarias para una nueva transmisión entre dos neuronas.

Otra de las primeras evidencias significativas a favor de un papel importante de las células gliales en la regulación de la transmisión nerviosa, fue el descubrimiento de un gran número de receptores de membrana en los astrocitos que ligaban los neurotransmisores liberados por las neuronas. Aunque la función de estos receptores era desconocida, su existencia dejaba prever que los astrocitos podían responder de manera activa a los neurotransmisores, es decir, a las señales químicas neuronales. Muy rápido esta novedosa hipótesis motivó a diferentes grupos de investigación a estudiar posibles vías de comunicación entre los astrocitos y las neuronas.

Los grandes avances tecnológicos en microscopía y análisis de imágenes de la última década permitieron obtener un pronto resultado. Gracias a la

microscopía confocal y usando como modelo experimental rodajas de cerebro de rata, se pudo demostrar que los astrocitos responden a una actividad neuronal con un aumento de calcio intracelular. La ventaja de la microscopía confocal resulta de la posibilidad de medir, con una buena resolución espacio-temporal, los cambios de la concentración de calcio de las células que yacen en rodajas de tejido nervioso (de 300 μm de espesor), donde las condiciones morfológicas y fisiológicas de las células son mejor conservadas que en cultivos celulares. Con esta técnica se pudo visualizar el aumento de calcio intracelular de los astrocitos cuando una población de neuronas era activada con un estímulo eléctrico. Las neuronas, al ser activadas, liberan moléculas de glutamato que se ligan a los receptores de membrana de los astrocitos;

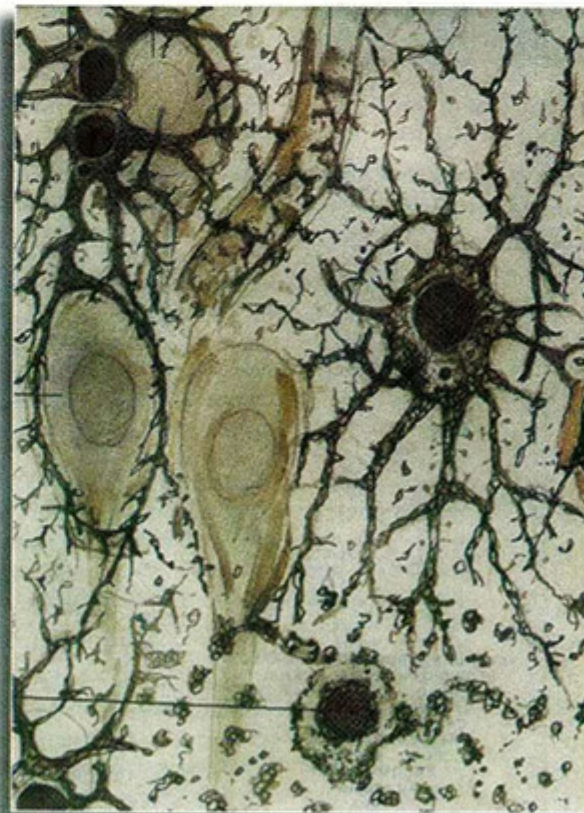


Figura. Neuroglia de la capa de las pirámides y estratorradiador. (Santiago Ramón y Cajal).

la activación de estos receptores genera una cascada de eventos intracelulares que inducen el aumento de calcio en el citoplasma (parte líquida del interior de la célula). Este aumento de calcio viene acompañado a menudo por oscilaciones de la concentración intracelular de calcio, que aumentan en frecuencia cuando la actividad neuronal es elevada.

Estos experimentos permitieron comprobar por primera vez que las neuronas envían mensajes químicos a los astrocitos, los cuales son capaces de interpretarlos y traducirlos en forma de aumentos u oscilaciones de calcio. Pero, ¿cuál es la función fisiológica de estos cambios en el calcio intracelular de los astrocitos?

Quizás uno de los descubrimientos más sorprendentes en neurobiología en los últimos años ha sido que los astrocitos pueden liberar neurotransmisores, las moléculas centrales de la comunicación neuronal. Trabajos recientes han demostrado que, al igual que en las

neuronas, un aumento de calcio intracelular en los astrocitos provoca una liberación de glutamato por parte de estas células. Este glutamato actúa, a su vez, sobre las neuronas induciendo en ellas aumentos de calcio interno. Más aún, los mecanismos de liberación de glutamato por parte de los astrocitos se asemejan a los de la liberación sináptica

neuronal. Esta liberación no sólo depende de un aumento de calcio intracelular sino que es bloqueada por toxinas comúnmente utilizadas para inhibir la fusión de las vesículas sinápticas durante la transmisión nerviosa. Sin embargo, la presencia de vesículas que contienen glutamato en estas células gliales no ha sido

establecida hasta el momento.

Otras observaciones no menos sorprendentes han demostrado que el citoplasma de los astrocitos y la de las neuronas pueden estar en comunicación directa por medio de grandes poros proteicos llamados 'gap-junctions'. Estos poros se incluyen a lado y lado de las membranas de dos células contiguas, poniendo en continuidad el interior de dichas células y permitiendo así el intercambio de iones y de pequeñas moléculas. En una región del cerebro llamada *locus coeruleus*, la presencia de "gap-junctions" entre astrocitos y neuronas (visualizados por medio de la microscopía electrónica) hace que un cambio espontáneo en el potencial de membrana de un astrocito sea acompañado por una actividad eléctrica sincronizada en una neurona vecina.

Todas estas observaciones han demostrado que los astrocitos están lejos de ser las células pasivas que se

creía. No sólo son capaces de responder a una actividad neuronal con aumentos de calcio intracelular, sino que sus variaciones de calcio interno inducen la liberación de glutamato hacia las mismas neuronas. Esta comunicación recíproca que existe entre las neuronas y los astrocitos podría jugar un papel importante en el procesamiento de la información del cerebro. En particular, las oscilaciones de calcio de los astrocitos podrían ser utilizadas para recibir y transmitir información hacia neuronas y para regular activamente la manera en que se codifica y transfiere la información nerviosa. De hecho, se sabe que los astrocitos, al ser activados, modulan la actividad neuronal provocando un aumento de la actividad eléctrica en las neuronas. Sin embargo, nuestro conocimiento en este campo es todavía insuficiente para predecir cuáles son las consecuencias funcionales de la actividad de los astrocitos durante una función específica como caminar o hablar.

Estos nuevos descubrimientos en neurobiología podrían cambiar radicalmente nuestra visión sobre el funcionamiento de las neuronas y, aún más, sobre nuestra manera de entender cómo opera el cerebro humano. Basta ver el número de publicaciones recientes sobre el papel de los astrocitos durante la comunicación neuronal para darse cuenta que la investigación en este campo ha adquirido una importancia gigantesca en los últimos cinco años y sin duda capturará la atención de muchos neurobiólogos en las próximas décadas. El cerebro es tal vez la estructura más compleja del cuerpo y aún con los enormes esfuerzos científicos por entender como funciona, nos reserva muchas sorpresas. □

**ESTOS NUEVOS
DESCUBRIMIENTOS
PODRÍAN CAMBIAR
RADICALMENTE
NUESTRA VISIÓN
SOBRE CÓMO
OPERA EL CEREBRO
HUMANO.**

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
FILATELIA
CORRA
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS
2438851 - 3410304 - 3415534
980015503
FAX 2833345

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

Suscripción anual \$21.000

Precio ejemplar \$5.500

Asociado ACAC: Gratuita

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

Fecha de suscripción

D | M | A

Forma de pago:

SUSCRIPCIÓN NATURAL O INSTITUCIONAL

Nombre _____
C.C. o NIT _____
Dirección _____
Tel. _____ Fax _____
Correo Electrónico _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____
Especialidad _____

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Banco Agrario 0230-002930-5

Banco de Occidente 26880746-8

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. _____

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax: 221 6959, o por correo a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. Carrera 50 # 27-70 Bloque C, Módulo 3 - A.A. 92581 Bogotá Tel. 315 0734

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

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

Suscripción anual \$21.000

Precio ejemplar \$5.500

Asociado ACAC: Gratuita

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

Fecha de suscripción

D | M | A

Forma de pago:

SUSCRIPCIÓN NATURAL O INSTITUCIONAL

Nombre _____
C.C. o NIT _____
Dirección _____
Tel. _____ Fax _____
Correo Electrónico _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____
Especialidad _____

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Banco Agrario 0230-002930-5

Banco de Occidente 26880746-8

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

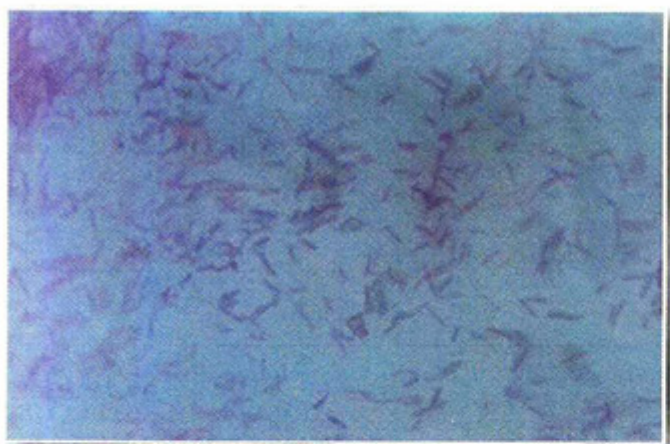
FIRMA _____

C.C. _____

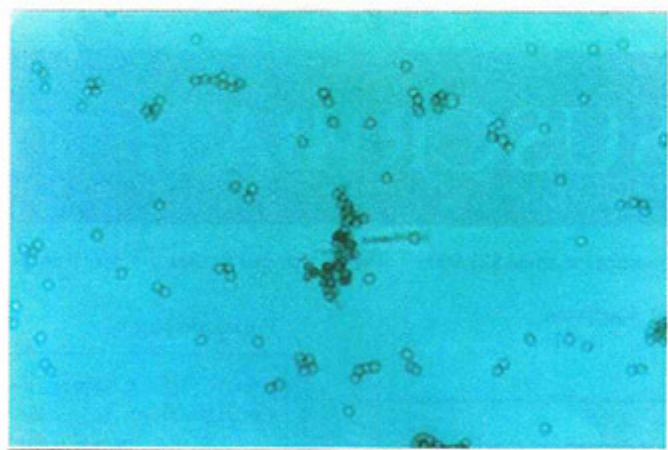
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax: 221 6959, o por correo a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. Carrera 50 # 27-70 Bloque C, Módulo 3 - A.A. 92581 Bogotá Tel. 315 0734

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

La microproteína

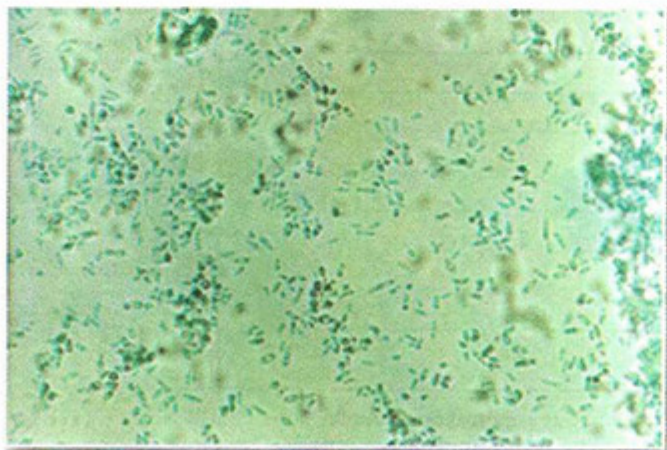


**El alimento
del futuro**



Alba Lucía Roa Parra
Docente, Microbiología,
Universidad de Pamplona,
Santander, Colombia
e-mail: albalrp@hotmail.com

Angela María Wilches Flórez
Docente, Microbiología,
Santander, Colombia
Universidad de Pamplona,
e-mail: angelamaw@usa.net



GRUPO	GENERO- ESPECIE
BACTERIAS	<i>Methylomonas methanica</i> <i>Methylococcus capsulatus</i> <i>Pseudomonas methylotropha</i> <i>Cellulomonas sp</i>
MOHOS	<i>Trichoderma viride</i> <i>Chaetomium cellulolyticum</i> <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Paecilomyces variotii</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Fusarium graminearum</i>
LEVADURAS	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Candida utilis</i> <i>Candida tropicalis</i> <i>Candida pseudotropicalis</i> <i>Candida lipolytica</i> <i>Candida oleophila</i> <i>Kluyveromyces fragilis</i>
CYANOBACTERIAS	<i>Spirulina maxima</i> <i>Anabaena sp</i>
ALGAS	<i>Chlorella sp</i>

Tabla 1.

a microproteína, un alimento de origen microbiano, que representa una alternativa para las necesidades nutricionales de la población actual y la demanda progresiva de alimentos de las generaciones futuras.

El hombre necesita satisfacer sus requerimientos nutricionales diarios con el consumo de alimentos (proteínas, grasas y carbohidratos). Tradicionalmente los alimentos que han suplido esta necesidad son proteínas de origen animal y vegetal, pero ante la imperiosa necesidad de consumir dietas sanas y económicas, estas fuentes están siendo desplazadas debido a que la mayoría de ellas, por su composición y/o en la manufactura de productos derivados, contienen sustancias grasas o químicas que constituyen la causa de enfermedades frecuentes del presente siglo, como las enfermedades

crónicas degenerativas por depósito de sustancias químicas contaminantes.

Llama la atención que paradójicamente a pesar de existir grandes extensiones de tierra cultivables, se observa una disyunción entre la producción de alimentos con contenido proteico y su distribución equitativa entre la población mundial; adicionalmente se presentan factores incidentes como algunos modelos económicos y culturales y un desequilibrio ambiental, traducido en un significativo número de personas que mueren diariamente por desnutrición.

Ante este panorama se presenta una alternativa retomada de escenarios prehispánicos que, a la par con el desarrollo científico y tecnológico, toma forma como el alimento del futuro: la microproteína.

**NUESTRO PAÍS,
POSEEDOR DE UNA
DE LAS MAYORES
BIODIVERSIDADES DEL
PLANETA, CUENTA
CON LOS ELEMENTOS
FUNDAMENTALES
PARA HACER REALIDAD
EL DESARROLLO
DE ESTA TECNOLOGÍA.**

¿Qué es la microproteína?

Son células microbianas como bacterias, cianobacterias, hongos y algas, las cuales pueden servir como una fuente rica en proteínas y se utilizan como suplemento en la dieta de humanos y animales domésticos (tabla 1).

Existen antecedentes históricos que han marcado el desarrollo de esta opción alimentaria (tabla 2).

¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de la microproteína?

Dentro de las ventajas que ofrece la utilización de la microproteína se mencionan:

- El incremento de biomasa no depende de las condiciones agrícolas o del clima, se realiza en fermentadores industriales.
- Tiempos de duplicación cortos (ganado: 4-6 semanas; plantas: 1-2 semanas; bacterias y levaduras: 10-20 minutos).

AÑO	ACONTECIMIENTO-SUCESO
1521	Los españoles comentan el consumo de pastelillos de légamo extraído de los lagos por parte de los aztecas.
1914-1919	En Alemania se cultiva levadura en grandes cantidades para añadirla a salsas y sopas.
1939-1945	- Gran Bretaña utiliza excedentes de la industria cervecera como alimento animal. - En Alemania se cultiva <i>Candida</i> sp.
1960	British Petroleum Company produce tropina (levaduras alimentadas con derivados del petróleo).
1966	C.L Wilson del Instituto Tecnológico de Massachusetts acuña el término <i>Single Cellular Protein</i> (S.C.P)
1981	En Billingham la Imperial Chemical Industries produce Pruteen (<i>Methylophilus methylotrophus</i> , cultivada en metano).
-	La compañía Rank Hovis McDougall produce proteína unicelular utilizando <i>Fusarium</i> sp.
-	Finlandia utiliza aguas sulfatadas como sustrato para producir Pekilo (<i>Paecilomyces</i> sp).

Tabla 2.

- La producción no está limitada a la superficie o por la luz solar, puesto que se puede realizar en espacios cerrados.
- Versatilidad de sustratos utilizados para su producción (aguas sulfatadas, celulosa, hidrocarburos, etc).
- La posibilidad de experimentación genética para mejorar el contenido proteico, puede efectuarse en corto tiempo debido a sus ciclos de vida.
- Eficiencia de la conversión de azúcar a otros alimentos en cuanto al contenido proteico (carne de cerdo: 8-12 g/100g de azúcar; leche: 15-20g/100g de azúcar; levadura: 45-55 g/100g de azúcar). Y como desventajas se plantean:
- Deficiente en metionina (aminoácido esencial).
- Alto contenido en ácidos nucleicos, lo que conlleva al aumento de ácido úrico y, por ende, a la aparición de patologías.
- Producción de sustancias tóxicas como las aflatoxinas.
- Digestión lenta en el tracto digestivo, puede causar indigestión y reacciones alérgicas.

Nuestro país, poseedor de una de las mayores biodiversidades del planeta, cuenta con los elementos fundamentales para hacer realidad el desarrollo de esta tecnología. Así, podemos encontrar un gran potencial de microorganismos autóctonos como diversas materias primas que constituyen el sustrato para la producción de la microproteína.

En Colombia se han adelantado estudios al respecto, pero no se ha desarrollado una verdadera industria no sólo por la falta de financiación de un proyecto de esta envergadura que compita internacionalmente en la generación de una alimentación alternativa, sino por la falta de información y/o educación de los clientes potenciales.

¿Estaremos preparados los colombianos para cambiar nuestra costumbre tradicional de degustar una opípara bandeja paisa por un *souffle* de algas? □

Referencias

1. Wiseman, A.: *Principios de Biotecnología*. Zaragoza-España. Editorial Acribia. 1986.
2. Machado, K.M.; Linardi, V.R.: *Production of Amylase and Beta-Galactosidase by yeast*. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 32:177-180. 1990.
3. Oteng-Gyang, K.; Moulin, G.; Galzy, P.: *Influence of Amylase Excretion on Biomass Production by Amyolytic Yeast*. *Acta Microbiologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 27: 155-159. 1980.
4. Pedraza, G.X.: *Cultivo de Spirulina maxima para suplementación proteica*. *Livestock Research for Rural Development*. 1:1. 1989.
5. Crueger, W.; Crueger A.: *Biotecnología Manual de Microbiología Industrial*. Zaragoza-España. Editorial Acribia. 1993.
6. De Torres, M.; Flórez Colera, L.: *Biotecnología Alimentaria*. México. Editorial Limusa. 1993.

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología y política científica.

■ LENGUAJE

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

No deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas sólo si son estrictamente necesarias.

■ EXTENSION

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

■ FORMATO

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

■ MATERIAL GRAFICO

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

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

■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

1. Artículo de revista científica:

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

2. Artículo de libro:

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

■ RESUMEN

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

■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

■ RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

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

WEB

SITIOS DE INTERÉS

Vida extraterrestre

La curiosidad y la ciencia se unen en varios esfuerzos para investigar la posibilidad de vida extraterrestre. Uno de los esfuerzos más importantes es el liderado por el Instituto SETI, para explorar, entender y explicar el origen, naturaleza, continuidad y distribución de vida en el universo.

<http://www.seti-inst.edu/>



La mansión del Inglés



La Mansión del Inglés es un sitio destinado a aquellas personas que desean aprender inglés o mantener el idioma ya adquirido. Se puede encontrar una serie muy interesante de recursos que permiten el aprendizaje y el perfeccionamiento de la lengua inglesa. Tanto alumnos como profesores pueden encontrar abundante material complementario en sus variadas secciones que permiten entre otras opciones, bajar software educativo, realizar lecturas on line, escuchar grabaciones para comparar lo escrito con lo oral y realizar cursos que se pueden iniciar desde un nivel mínimo.

<http://www.mansioningles.com>

A través del ADN (Atlas)

Este lugar permite encontrar un atlas detallado de la morfología de los cromosomas, células eucariotas, secuencias específicas de ADN en el hombre, ratones, levaduras y bacterias, entre otros.

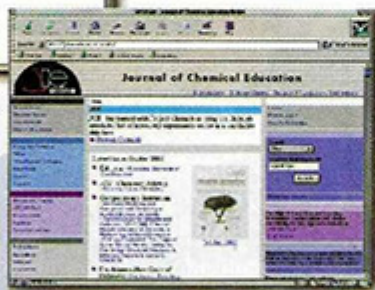
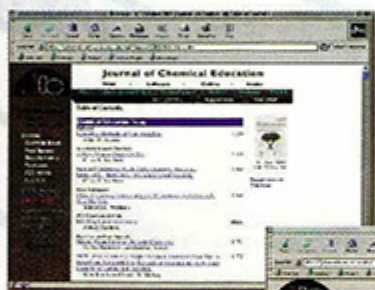
<http://compbio.ornl.gov/channel>



Educación en química

Esta página es útil para consultar todos los artículos publicados en el *Journal of Chem Education* clasificados por área y por nivel de educación.

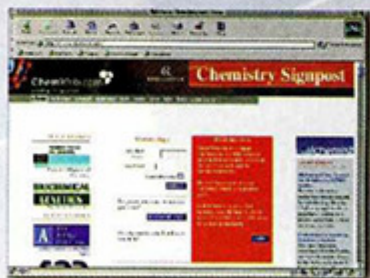
<http://jchemed.chem.wisc.edu/>



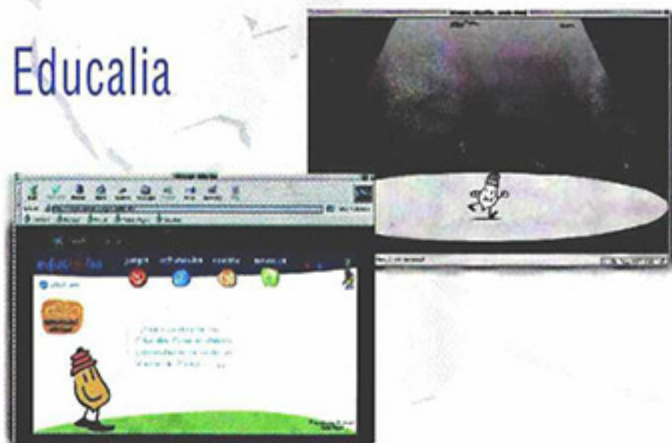
Química

En este sitio se encuentra todo lo relacionado con la investigación en química y su industria. Las revistas, bases de datos, herramientas, libros, foros, conferencias, noticias, etc.,

<http://www.chemweb.com>



Educalia



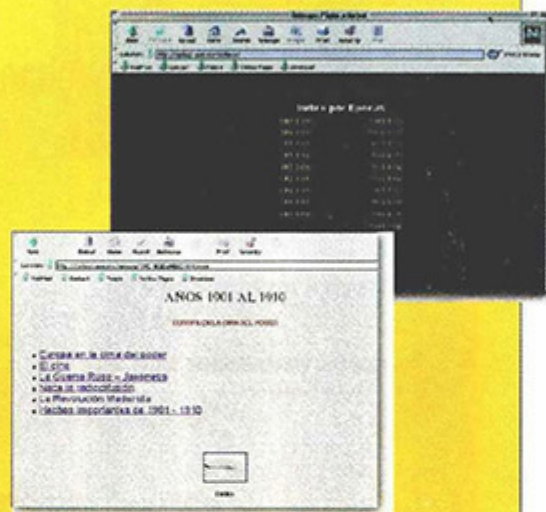
Educalia es un espacio de relación, de formación y de entretenimiento para niños, padres y maestros, es una web lúdico-educativa abierta, interactiva y dinámica: abierta a la participación y a la iniciativa de todos; interactiva, porque potencia el intercambio de experiencias y dinámica, porque sus contenidos aumentan, progresan y mejoran con la colaboración de todos.

<http://www.educalia.org>

Historia del milenio

Aquí se encuentran los hechos y acontecimientos más importantes del milenio clasificados por décadas y por temáticas.

<http://netcall.com.mx/milenio>



Matemáticas



Se puede encontrar todo lo relacionado con las matemáticas incluyendo novedades, posibilidad de consultas por nivel educativo o por área, olimpiadas, congresos, publicaciones, etc..

<http://www.redmat.com/redemat.html>

Biografías de matemáticos famosos en español

<http://www.ort.edu.uy/REDOC/mathis.htm>

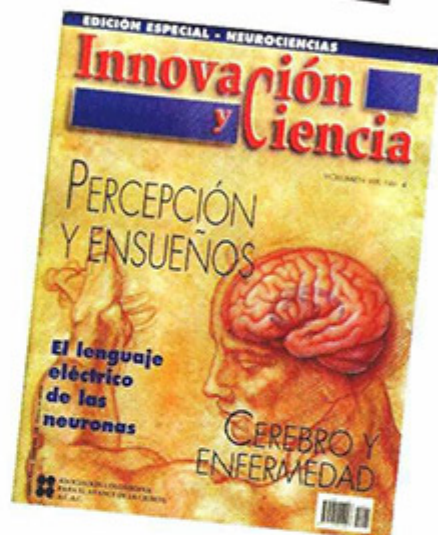
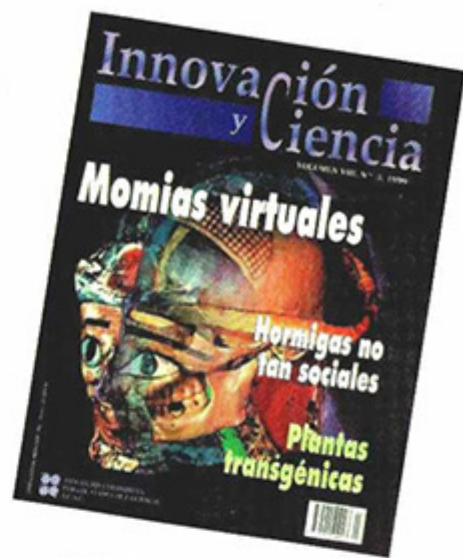
Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea
**INNOVACIÓN
Y CIENCIA**

Suscribase ya por sólo \$ 21.000 al año

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



VISTAZOS

MEDICINA

Las drogas y los placebos se ven igual en el cerebro

Investigadores en Suecia y Finlandia tienen pruebas sobre lo que ya sospechaban los científicos y es que los placebos activan los mismos circuitos cerebrales que los analgésicos.

El primer estudio de imágenes cerebrales de la analgesia con placebos, ilustra gráficamente el principio de que una de las grandes funciones cerebrales es la ayuda en el control de la percepción del dolor, dicen los investigadores dirigidos por el neurólogo Predrag Petrovic del Instituto Karolinska en Estocolmo.

El psiconeurólogo Pierre Rainville de la Universidad de Montreal describe el hallazgo como "buenas noticias". Ya hay considerable evidencia de que los placebos activan los mismos circuitos endógenos calmantes que las drogas opiáceas. Pero la evidencia es indirecta, obtenida principalmente de estudios que muestran que los componentes que bloquean la acción de los opiáceos también bloquean el efecto analgésico del placebo: "Por más de cinco años hemos estado esperando por un estudio bueno y funcional de imágenes sobre el efecto placebo", dice Rainville.

Para conseguir estas imágenes, Petrovic y sus colegas usaron la tomografía para escanear el cerebro de nueve hombres a

una temperatura de 48°C mientras presionaban el revés de sus manos contra una superficie metálica. El equipo comparó la respuesta del cerebro después de que los sujetos fueron inyectados por un doctor "con bata blanca" con un analgésico opiáceo o un placebo.



Ambos, el analgésico verdadero y el placebo condujeron a incrementar el flujo sanguíneo en áreas ricas en receptores opioides: el tallo y la corteza cerebral, que intercambia información con una red de regiones en el cerebro, incluyendo corteza orbitofrontal, una parte del cerebro relativamente sofisticada conocida por procesar las emociones. Además, aquellas personas que respondieron mejor al placebo —de acuerdo con su clasificación de qué tanto se redujo el

dolor, en una escala de 0 a 100— también presentaron más activación de la corteza por la droga. Esto, escriben los autores, provee nuevas posibilidades para la hipótesis en la cual quienes tienen una alta respuesta al placebo, tienen un sistema opioide más eficiente.

Jon-Kar Zubieta de la Universidad de Michigan, Ann Harbor, quien ha trabajado sobre la función del sistema de recepción opioide implicada en el nuevo estudio, cree que la gente que responde altamente al placebo tiene concentraciones altas de receptores opioides. Sin embargo, él dice que el pequeño número de sujetos tratados impide que los resultados del estudio sean definitivos.

No obstante, para presentar la íntima relación entre el placebo y el efecto de las drogas en el cerebro, el trabajo conviene en que la teoría de la respuesta al placebo está altamente involucrada en todos los tratamientos analgésicos, dice el neurólogo Fabrizio Benedetti de la Universidad de Turín en Italia. Por ejemplo, un estudio reciente demuestra que una inyección de analgésico es más efectiva mientras el paciente está viendo como se le administra la droga. □

Fuente: *Science* Vol. 295, No. 5557 pag. 947-949, 2002.

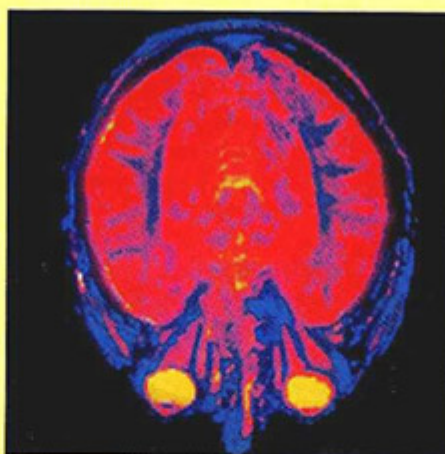
NEUROLOGIA

Tomografía cerebral ofrece claves sobre desarrollo del lenguaje

La comprensión exacta de cómo se desarrolla el cerebro desde el nacimiento ha confundido a muchos científicos por décadas, en gran medida por la falta de herramientas para determinar con precisión la actividad cerebral. En relación con el lenguaje, las primeras investigaciones sobre el tema han hecho que algunos científicos creen que los centros del lenguaje en el cerebro se desarrollan en el momento en que nace una persona.

En una edición reciente de la revista *Science*, investigadores informaron que los centros del lenguaje en el cerebro se desarrollan durante la niñez y podrían no llegar a formarse por completo hasta la edad de 10 años. La investigación reveló que adultos y niños de hasta 10 años están usando regiones del cerebro ligeramente diferentes cuando realizan tareas lingüísticas de primer grado.

Según el investigador principal, Brad L. Schlaggar, de la Universidad de Washington en St. Louis, Missouri, el conocimiento exacto de cómo desempeña el cerebro las capacidades lingüísticas puede ayudar a los investigadores a comprender mejor los trastornos del aprendizaje como la dislexia. Schlaggar y su equipo evaluaron las tomografías cerebrales que se obtuvieron de adultos de 18 a 35 años y niños de 7 a 10 años mientras realizaban tareas de uso del lenguaje. La técnica



tomográfica cerebral, conocida como IRMf, determina la actividad en diferentes partes del cerebro. Se pidió a niños y adultos que pensarán en verbos, palabras con rima y palabras opuestas cuando se les presentaba una palabra, dijo en una entrevista Schlaggar a Reuters Health. Palabras típicas en la tarea de generación de verbos, por ejemplo son galletas, nariz y agua, explicó Schlaggar. Se pidió a los participantes que mencionaran un verbo que fuera acorde con el sustantivo, «como lo que se podría hacer con ello o lo que hace». Las respuestas adecuadas, entonces, incluirían hornear, oler y beber, respectivamente, agregó.

Tras revisar la información, los investigadores hallaron que "cuando niños y adultos desempeñan tareas idénticas de lectura y las realizan igualmente bien, utilizan partes similares, pero no idénticas del cerebro", dijo

Schlaggar a Reuters Health. "Específicamente, hay sitios en el cerebro que los adultos usan y los niños no, una región en el lóbulo frontal izquierdo por ejemplo", dijo. Hay también sitios en el cerebro que los niños usan más que los adultos, «una región en la corteza extraestriada, en la región posterior del cerebro donde ocurre el procesamiento de la información visual», agregó.

El conocimiento de que esta actividad cerebral corresponde a una función mental determinada, como leer palabras, en un punto particular en el desarrollo ayudará a los científicos a comprender lo que no funciona bien en diferentes trastornos del desarrollo, como dislexia y otras discapacidades del aprendizaje, indicó Schlaggar. "Esta idea es interesante desde una perspectiva clínica de las neurociencias para efectuar intervenciones racionales, debemos tener una idea clara de lo que está funcionando mal en el desarrollo", dijo. "Para estudiar el efecto de una intervención, debemos poder determinar lo que sucede en el cerebro como consecuencia de la misma". □

Fuente: Science No. 296:1476-1479 pp, 2002..

FERTILIDAD

Reconocimiento de carbohidratos indispensables en la espermatogénesis

Los carbohidratos incorporados a las proteínas o a los lípidos en la membrana están comprometidos en procesos celulares tan diversos como el desarrollo embrionario y la presencia de glóbulos blancos en la sangre. En las últimas investigaciones desarrolladas por AKAMA y otros, identificaron un carbohidrato requerido para la espermatogénesis en el ratón, que permite que las células germinales masculinas se adhieran a las células de Sertoli en los testículos y se pueda llevar a cabo la producción de los espermatozoides. Este descubrimiento abre nuevos caminos que pueden beneficiar la investigación sobre las posibles causas de la esterilidad masculina.

Con este estudio se demuestra la importancia de la maquinaria de glicosilación celular específica o la proteína específica para el reconocimiento celular. Para el proceso de formación del carbohidrato

es importante contar con la presencia de la enzima α manosidasa II. Se ha descubierto que en los ratones que carecen del gen codificador de la α manosidasa II, sus glóbulos rojos pierden la habilidad para formar este carbohidrato, lo cual causa una anemia diseritroproyética, que se asemeja a la anemia diseritroproyética humana tipo II. Las demás células y tejidos del ratón mutante conservan su capacidad para producir el carbohidrato debido a que ellos producen una enzima alternativa, la α manosidasa II4. Pero los ratones carentes del gen que codifica para la α manosidasa II4, muestran una casi total supresión de la fertilidad. Este resultado complementa el hallazgo de que la swainsonina química, que inhibe tanto a la α manosidasa II y II4, causa la esterilidad masculina. Adicionalmente, los investigadores examinaron en pruebas *in-vitro*, el efecto de cada oligosacárido en la adhesión de las cé-

lulas germinales del macho a las células de sertoli. Ellos descubrieron que un único oligosacárido con residuo GlcNAc al término, bloquea la adhesión de las células germinales a las células de sertoli. Tratar de identificar la célula germinal glicoproteica a la que se encuentra adherido el oligosacárido serán temas interesantes para futuras investigaciones. Igualmente importante es conocer la naturaleza de la molécula que en las células de sertoli reconoce la célula germinal oligosacárida; esta adhesión celular se reconoce usualmente por las lecitinas. El próximo paso consistirá en descubrir si una molécula de lecitina de la célula de sertoli es la única molécula responsable de esta unión. □

Fuente: *Science* Vol 295 Pag 53-54. Enero 2002.



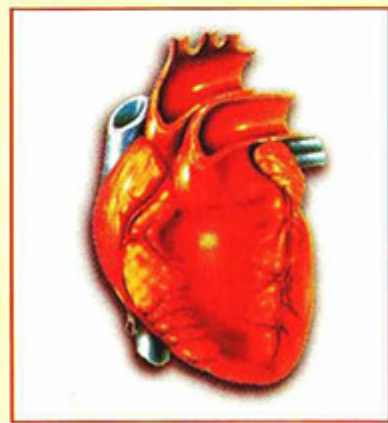
CARDIOLOGÍA

Nueva forma de diagnosticar posibles ataques cardíacos

Las técnicas actuales de diagnóstico no permiten a los médicos identificar arterias que podrían causar afecciones cardíacas, lo que disminuye la oportunidad de prevenir infartos. Durante años, la comunidad médica se ha preocupado por los depósitos de grasa en las arterias que llevan sangre al corazón ya que son la causa principal de ataques cardíacos. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los médicos considera que la grasa que se introduce en las paredes de los vasos sanguíneos puede provocar formaciones de coágulos que dificultan el flujo de sangre al corazón.

Un grupo de médicos del Hospital General de Massachusetts, en Boston, evaluó a 63 pacientes a través de una técnica conocida como tomografía de coherencia óptica (TCO), la cual proporciona un mapa transversal de un vaso sanguíneo con una resolución 10 veces mayor que la de los ultrasonidos tradicionales.

Según Ik-Kyung Jang, médico y profesor asociado de la Escuela de Medicina de Harvard, y quien dirigió el estudio: «esta es la primera herramienta que ha probado ser segura para los pacientes y que es capaz de visualizar la información necesaria». Jang, que realizó las



63 tomografías, presentará estos resultados en la conferencia sobre Terapéutica Cardiovascular Transcatéter, que tendrá lugar en Washington, Estados Unidos. Con esta técnica se prevee disminuir la mortalidad por ataques cardíacos en el mundo. □

Fuente: *CNN en español*, 23 de septiembre, 2002.

MEDIO AMBIENTE

Humanos vs. crecimiento vegetal ¿Hay para todos?

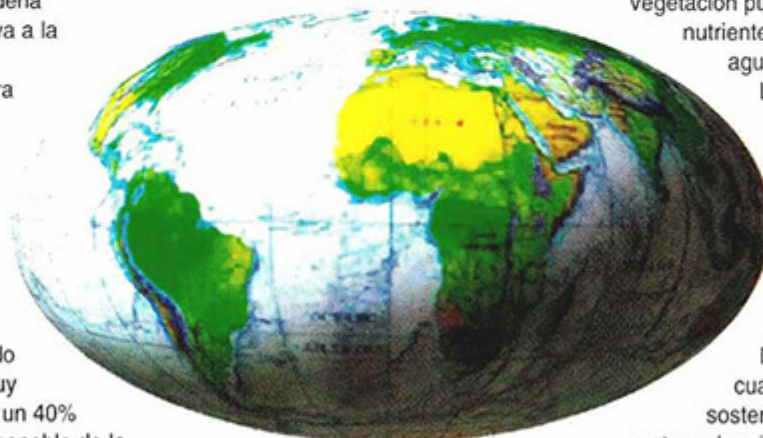
Las actividades humanas tienen profundos impactos en nuestro planeta, desde la extinción de especies, los cambios en la composición atmosférica y hasta los efectos sobre el clima. No hay duda de que estos impactos humanos son enormes, pero determinar de manera precisa su efecto puede ser difícil. Entre las medidas más útiles propuestas hasta la fecha, está la fracción del total del crecimiento vegetal de la tierra de la que se apropian los humanos, o producción primaria neta (PPN). La PPN es la energía transmitida de las plantas a otros niveles en la cadena alimentaria. Esta apoya a la casi totalidad de los heterótrofos de la tierra incluidos los humanos. En 1986 Vitousek y otros consideraban que la apropiación por parte de los humanos del PPN, era de un 32% del total de la tierra, siendo esta una definición muy conservadora, y la de un 40% una definición más razonable de la apropiación humana. Si nosotros controlamos las dos quintas partes de la capacidad productiva de la tierra entonces las perspectivas para el futuro crecimiento se ven limitadas especialmente si se considera dejar algo para otras especies. Estudios recientes muestran que las nuevas cifras se basan en una

cantidad enorme de información, pero el estimativo sobre la cantidad de la apropiación humana de tierra de PPN, es aún incierta. La magnitud de la incertidumbre depende de la manera cómo se analicen los datos.

Este enfoque simplificado aumenta la incertidumbre pero a la vez realza las oportunidades para profundas mejoras en el futuro. La clave estará en el progreso que se logre en los siguientes temas:

- Definir la apropiación humana de PPN para poder captar el cuadro completo de impactos humanos.
- Análisis detallado como factor crítico para obtener la máxima información de los datos.
- Enfoque sistemático a los análisis globales para un mayor control de calidad cuando se extraen resultados de las publicaciones.

La apropiación de PPN es uno de los muchos impactos que los humanos le causan a la tierra, así como la contaminación, el deterioro de la capa de ozono, el manejo de desechos. Si no se consideran las interacciones entre estos factores, será difícil evaluar el impacto ocasionado. Por



ejemplo, los cambios de clima y la composición de la atmósfera pueden causar grandes variaciones en la PPN. Ellos alterarán la apropiación humana de la PPN directamente, cambiándola en las áreas dominadas por el hombre, e indirectamente, por medio de las decisiones relacionadas con la agricultura, el pastoreo y la

forestación. Más aún, la apropiación humana de la PPN podría modular otros servicios ecosistémicos, desde la disponibilidad de agua fresca hasta la biodiversidad. El aspecto crítico de la apropiación humana de la PPN no consiste en su nivel absoluto, sino en el punto en el cual altera los ecosistemas terrestres y sus perspectivas de sostenibilidad.

La humanidad siempre ha confiado en la PPN para extraer recursos, combustibles y fibras entre otros. A medida que se ha expandido la población y la tecnología, en igual forma se ha extendido nuestra capacidad para apropiarnos de los frutos de los procesos naturales, inclusive la PPN.

A pesar de manejar ecosistemas en forma extensiva, generalmente no son manejados de manera tal que aumente su potencial natural. En la mayoría de los lugares del mundo, las actividades humanas, y la agricultura en particular, han dado como resultado la disminución de la PPN en niveles que probablemente existían antes de darse el manejo humano. En regiones modificadas por el hombre donde la PPN excede la cantidad de vegetación pura, los subsidios de nutrientes y con frecuencia de agua son igualmente altos.

Los humanos se apropian de una gran porción de la tierra para PPN, probablemente superior a cualquier otra especie en la historia de la tierra. No sabemos todavía cual será el límite máximo sostenible en el futuro, ni si este ya ha sido alcanzado. Lo que si sabemos, es que el asegurar un futuro sostenible supone el compartir la PPN con una gran variedad de especies. □

Fuente: Science Vol 294 del 21 de diciembre de 2001.

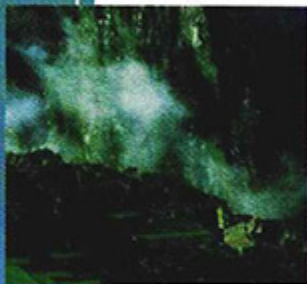
ARQUEOLOGÍA

Nueva ciudad INCA hallada en el Perú

Peter Frost, escritor británico y guía de caminatas turísticas por los Andes, encontró las nuevas ruinas incas en 1999 y regresó con una expedición gracias a la *National Geographic Society*, en el 2001. Estas ruinas están situadas a 466 kilómetros de Lima y a cuarenta kilómetros de Machu Picchu (las más visitadas y conocidas del Perú), a una altura de 3.352 metros sobre el nivel del mar y con una extensión de cerca de 6 kilómetros cuadrados. Entre los vestigios recientemente hallados se encuentran una pirámide incrustada en una colina, plataformas ceremoniales, un canal de irrigación y centenares de estructuras de lo que se considera una ciudad Inca incrustada en lo más escarpado de los Andes peruanos.

Frost opina que por la situación geográfica del hallazgo, lo más posible es que se encuentre información más completa sobre la civilización Inca pues al parecer no ha tenido ninguna influencia extranjera. □

Fuente: Periodismo.com. 23 de agosto de 2002.



ASTRONOMÍA

Advertencia de impacto con la tierra

La noticia sobre la posibilidad de colisión de un asteroide contra la tierra ocupó espacios en muchos medios de comunicación en días pasados, debido a que los astrónomos del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) descubrieron a 2002 NT7, una roca espacial de 2 km de ancho en una órbita poco usual. Este asteroide, a diferencia de la mayoría que orbitan alrededor del Sol en el plano de los planetas, tiene una trayectoria inclinada en 42 grados y cada 2,29 años pasa no lejos de la órbita de la tierra. Durante 17 días los investigadores le hicieron un seguimiento, y concluyeron que el asteroide podría chocar con nuestro planeta en una probabilidad de 1 en 250.000. Según Don Yeomans, Director del Programa de Objetos cercanos a la Tierra de la NASA (*Near Earth Object Program*), las predicciones basadas en las observaciones de una fracción tan pequeña de su órbita y los cálculos generados, son poco confiables haciendo esta probabilidad mínima y muy incierta. No vale la pena preocuparse por un objeto del cual sólo se han tenido datos durante dos semanas, y que seguramente mediciones adicionales disminuirán considerablemente las probabilidades de que exista este riesgo. □

Fuente: Ciencia NASA. 23 de septiembre de 2002.

BIOLOGÍA

Siguen las huellas de los elefantes marinos

Un destacado grupo de investigadores Argentinos ha logrado descifrar el comportamiento y la interrelación que tienen los elefantes marinos con su hábitat gracias a la inserción de un dispositivo que acompaña al animal por largos períodos de tiempo y que permite registrar sus movimientos. Este dispositivo que funciona como la caja negra en los aviones, es un módulo electrónico que contiene una serie de

sensores y una minicomputadora capaz de soportar las altas presiones de las profundidades del mar. Después de ser retirado del animal, la información del módulo se recolecta y lleva al Centro Nacional Patagónico, donde se analiza y sirve de base para estas investigaciones. □

Fuente: Actualidad Conexión Discovery. 23 septiembre de 2002



ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el
estudio de los problemas del país,

difundir el conocimiento científico,

promover y apoyar la

investigación Científica & Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social
de Ciencia y tecnología

WWW · ACAC · org · co
acac@acac.org.co

Carrera 50 #27-70 Edificio Camilo Torres, Bloque C, Módulo 3, Bogotá, DC. Colombia

TELÉFONOS: (571) 315 5898 · 221 3313 · 315 5900 FAX: (571) 221 6769 CORREO POSTAL: AA 92581



QUÍMICA

LA QUÍMICA COMBINATORIA revolucionaria la ciencia de los materiales





Franklin Jaramillo I.

Grupo de Corrosión
y Protección,
Universidad de Antioquia,
Medellín-Colombia.
e-mail: efrji622@udea.edu.co

Carlos E. Arroyave P.

Coordinador,
Grupo de Corrosión
y Protección,
Universidad de Antioquia,
Medellín-Colombia
e-mail: carroyave@udea.edu.co

Los procedimientos convencionales de síntesis química, donde se parte de moléculas que reaccionan bajo determinadas condiciones para dar como resultado un producto, están siendo revaluados y en lugar de buscar una sola estructura molecular, se está recurriendo a otro método: partiendo de un número determinado de moléculas se logran obtener todas las combinaciones posibles de éstas, generándose simultáneamente un sinnúmero de productos.

Esta nueva estrategia que está revolucionando la química tradicional recibe el nombre de química combinatoria y el conjunto de productos que se logra obtener con la aplicación de sus conceptos y metodologías, se denomina colección combinatoria.

Hagamos uso del ejemplo del tiro al blanco,¹ e imaginemos una competencia donde tengamos que lanzar flechas y acertar al blanco manteniendo constantes las variables involucradas en el proceso, exceptuando las características de las flechas. Tradicionalmente se es-

Ilustración: Olga Lucio Doza M.

tudiarían los componentes de las flechas y se seleccionaría la que supone las mejores características para lograr el objetivo, aunque no necesariamente éste sea alcanzado en la práctica; si se emplearan los métodos combinatorios se dispondrían de los constituyentes de la flecha, la punta, el cuerpo y el empenachado de todas las posibles características, se ensamblarían todas las combinaciones de estos elementos y se lanzarían «simultáneamente» al blanco. De esta forma se podría seleccionar la flecha que dé en el blanco (líder de la colección, la de mejor resultado), y estudiar la combinación de la que fue producto para crear flechas de esas características. Obviamente, los componentes para obtener la colección deberán seleccionarse con sumo cuidado, de tal forma que se obtenga la mayor diversidad posible.

En la actualidad, la química combinatoria se presenta incluso en la

vida cotidiana; es posible encontrar libros combinatorios² en forma de páginas individuales que se pueden barajar, como un juego de cartas, generándose cada vez una nueva novela. De forma similar se encuentran ya en el mercado partituras combinatorias con las que se pueden obtener melodías diferentes en cada combinación.

Al parecer la química combinatoria pertenece al terreno de lo aleatorio, pues podría pensarse que al combinar varios componentes moleculares básicos y esperar obtener algo útil de ellos, supone la soberanía del azar sobre el conocimiento. Sin embargo, una colección combinatoria es el resultado de un desarrollo y planeación cuidadosos; se debe decidir qué componentes

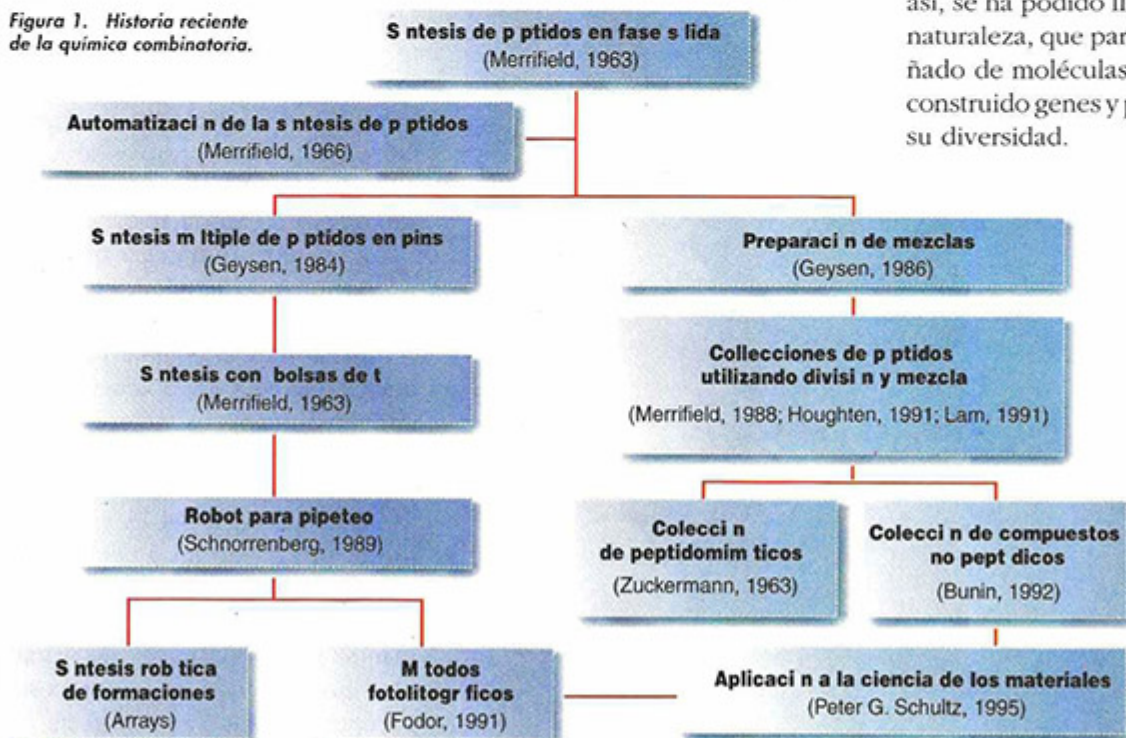
moleculares combinar y cómo obtener información de forma rápida y eficiente de los compuestos resultantes (HTS, del inglés *High Throughput Screening*, medición de alto rendimiento de la actividad de la colección). La química combinatoria está permitiendo reunir y organizar simultáneamente gran número de variables en un experimento.

En la práctica, mediante las formas convencionales de trabajo en química, se pueden desarrollar una o dos formulaciones por semana; ahora con las nuevas metodologías de experimentación de alto rendimiento, no es un sueño obtener cientos de moléculas por semana, por combinación de un juego básico de ellas. Al operar

así, se ha podido llegar a imitar a la naturaleza, que partiendo de un puñado de moléculas elementales, ha construido genes y proteínas en toda su diversidad.

**SE DEBE
DECIDIR QUÉ
COMPONENTES
MOLECULARES
COMBINAR Y
CÓMO OBTENER
INFORMACIÓN DE
FORMA RÁPIDA
Y EFICIENTE DE
LOS COMPUESTOS
RESULTANTES.**

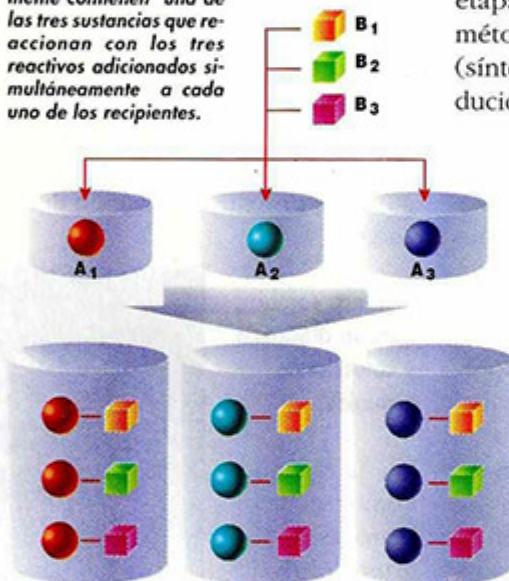
Figura 1. Historia reciente de la química combinatoria.



Historia de la química combinatoria

La química combinatoria se empezó a desarrollar con la industria farmacéutica, pues los farmacólogos en su búsqueda incesante de nuevos medicamentos han ido evolucionando en su estrategia de investigación adaptando métodos que usualmente son complementarios: investigación sistematizada de actividad biológica entre las moléculas

Figura 2. Un ejemplo de síntesis combinatoria en conjunto. Se muestran tres recipientes que inicialmente contienen una de las tres sustancias que reaccionan con los tres reactivos adicionados simultáneamente a cada uno de los recipientes.



sintetizadas en un laboratorio, selección de sustancias naturales o diseño molecular asistido por computador. A lo largo de los años setenta, los progresos registrados en el campo de la ingeniería genética posibilitaron que los biólogos prepararan cantidades notables de proteínas puras. Los bioquímicos pusieron a punto ensayos colorimétricos que les permitían evaluar la afinidad de una molécula por una proteína y seleccionar sólo moléculas que presentaban interés farmacológico en potencia.

En el decenio siguiente, los inmunoquímicos se esforzaron por establecer la estructura de los fragmentos de las proteínas virales, y, a mediados de la década de los ochenta, Geysen inventó la síntesis en paralelo como un camino rápido para identificar cuál era el pequeño fragmento de una macroproteína que se unía a un anticuerpo. El método combinatorio, aunque procede de la síntesis de péptidos en paralelo, se revela más potente, pues se pueden producir un número de moléculas que crece exponencialmente en cada etapa de la síntesis; se trata del método de separación y mezcla (síntesis en conjunto), que fue introducido por Furka.¹

En 1995, Schultz y colaboradores² fueron los primeros en explorar la química combinatoria aplicada a la ciencia de los materiales creando superconductores y materiales magnetoresistivos mediante colecciones de varios cientos de compuestos por deposición en fase sólida, empleando la técnica del enmascaramiento. Sus trabajos motivaron otra serie de estudios relacionados con el descubrimiento y optimización de materiales

luminiscentes y catalizadores. En todo ello, la miniaturización ha jugado un papel importante. Se dió así entrada a la ciencia de los materiales en la historia de la química combinatoria, tal como se aprecia en la sinopsis de su desarrollo, en la figura 1.

Características básicas

El uso de la química combinatoria aumenta el número de compuestos que pueden probarse simultáneamente y reduce, tanto el tiempo de búsqueda de com-

puestos de interés, como el requerido para la optimización de los mismos. Obviamente, también puede tener una gran incidencia en la disminución de los costos de la experimentación; su aplicación puede realizarse mediante dos estrategias diferentes, la síntesis en conjunto y la síntesis paralela.

La síntesis en conjunto es el tipo de estrategia donde las colecciones o bibliotecas de sustancias se obtienen colocando en cada recipiente de reacción muchos compuestos –hasta cientos o miles–, los que, al reaccionar, dan numerosos productos. La figura 2 esquematiza este tipo de síntesis, mostrando que cuando tres compuestos distintos (A₁, A₂ y A₃) reaccionan con otros tres (B₁, B₂ y B₃), por pares, se originan (3x3) nueve compuestos nuevos.

La síntesis en paralelo o síntesis múltiple es otro procedimiento para obtener numerosos compuestos con alto rendimiento y en corto tiempo. Consiste en la síntesis individual, pero simultánea, de muchos compuestos –cada uno de ellos en un recipiente distinto–, que forma parte de un conjunto adecuadamente ordenado para conocer unívocamente en qué recipiente está cada producto (figura 3).

La química combinatoria en la obtención de nuevos materiales

Aunque la química combinatoria se inició con el desarrollo de nuevos fármacos, sus estrategias han empezado a ser parte común de otros campos; este el caso de los nuevos materiales. El grupo de investigadores dirigido por Peter Schultz, de la Universidad de California en Berkeley y Xiao-Dong Xiang del Lawrence Berkeley

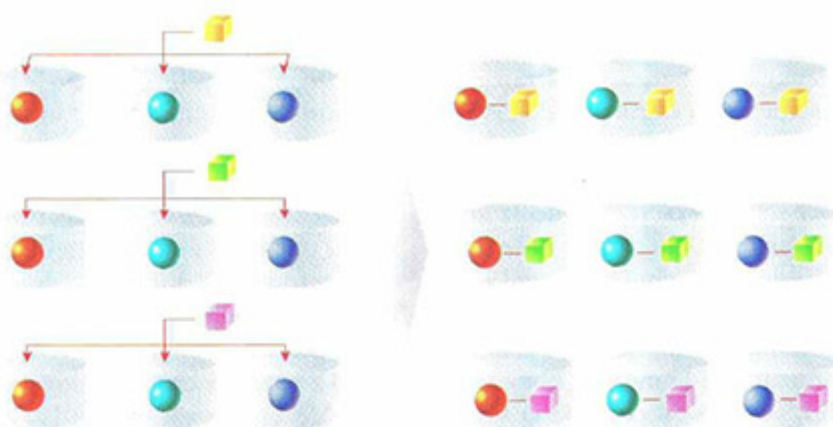


Figura 3. Síntesis combinatoria en paralelo: se muestra la síntesis de los mismos nueve compuestos obtenidos en la síntesis en conjunto, pero a diferencia de aquella, aquí se mezclan en cada recipiente un sólo par de los nueve posibles y se obtiene sólo un compuesto por recipiente.

National Laboratory,⁵ crearon una colección de 128 superconductores. La colección fue creada depositando capas de distintos elementos, uno tras otro sobre una pulgada cuadrada (2,54 cm) de óxido de magnesio (MgO) o de aluminato de lantano (LaAlO₃), ocultando parcialmente con máscaras la capa inmediatamente depositada, empleando plantillas; esta técnica se denomina enmascaramiento. Aunque ninguno de los superconductores creados era nuevo, se logró encontrar en un sólo experimento todos los superconductores de alta temperatura que ya habían sido descubiertos en varios años, demostrando que el método permitía el desarrollo de materiales en tiempos muy cortos. Estas técnicas también se han aplicado en la búsqueda de nuevos materiales magnetoresistivos⁴ (ma-

teriales cuya resistencia eléctrica se modifica en un campo magnético), empleados especialmente en dispositivos de computadores para lectura y escritura de datos. En este trabajo se usó el óxido de cobalto en lugar del óxido de magnesio, convencionalmente utilizado, y deposiciones por enmascaramiento de itrio, lantano, plomo, calcio, estroncio y bario, esperando encontrar materiales que mostraran cambios de resistencia más importantes para la construcción de discos de mayor capacidad.

En la *figura 4*, se observan los pasos que usualmente se emplean en la obtención de materiales en estado sólido mediante química combinatoria. Estos son:

a. Diseño y creación de la colección o biblioteca combinatoria a partir de una necesidad específica y selección de los elementos de partida.

b. Obtención, a partir de la miniaturización, de una multitud de materiales sólidos en diferentes relaciones que constituyen el arreglo combinatorio.

c. Si es del caso, procesamiento adicional de la colección, para formar otros compuestos.

d. Análisis de la propiedad de interés en cada componente de la biblioteca, que permita identificar los mejores compuestos.

e. De ser necesario, repetición del proceso de diseño, síntesis y análisis de nuevas colecciones, a partir de las composiciones de los mejores compuestos hallados previamente.

f. Finalmente, síntesis convencional de los compuestos cuya composición se ha optimizado en los ciclos de síntesis combinatoria, seguida de una caracterización detallada.

Química combinatoria dinámica y colecciones virtuales

La química combinatoria dinámica se refiere al uso de mezclas de constituyentes que interactúan en equilibrio dinámico, a través de reacciones o

HACE ALGUNOS
AÑOS PARA UN
QUÍMICO ERA UN
SUEÑO OBTENER
CIENTOS DE
COMPUESTOS EN
UNA SEMANA

Imaginar
definir

Seleccionar
elementos

Crear
biblioteca

Proceso
en paralelo

Miniaturización

Procesamiento

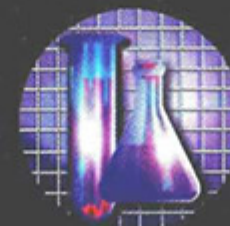
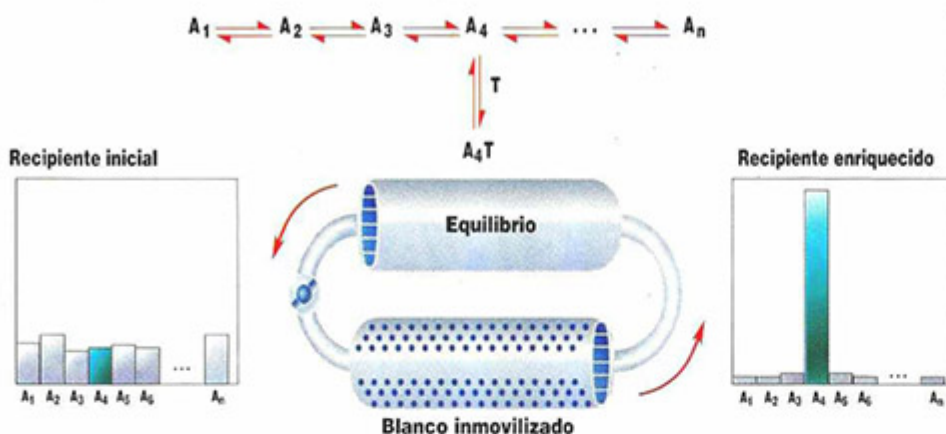


Figura 4. Etapas de la química combinatoria para la obtención de nuevos materiales.

Figura 5. En las bibliotecas dinámicas diseñadas por Eliseev y colaboradores,⁵ los componentes ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, \dots, A_n$) están en equilibrio. Cuando un componente como A_4 se une a un blanco inmovilizado (T) y es removido de la solución, el equilibrio se desplaza para producir más A_4 , enriqueciendo la mezcla inicial en este componente.



interacciones reversibles, formando un conjunto de posibles compuestos llamados colección virtual.^{5,6}

Como se muestra en la figura 5, cuando se tiene una mezcla de componentes en equilibrio dinámico, es posible obligar la colección en la formación de un componente con la selección de un blanco que sólo retenga el compuesto con las características deseadas. De esta forma, cuando uno de los componentes en equilibrio ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$) se une a un blanco selectivo, es removido de la solución desplazando el equilibrio para producir más de este componente.

Esta técnica ha sido empleada con éxito en los polímeros supramoleculares,⁷ uniendo diferentes polímeros compatibles me-

dante enlaces de hidrógeno, de Van der Waals, donador-aceptor o interacciones electrostáticas.

Perspectivas

Hace algunos años para un químico era un sueño obtener cientos de compuestos en una semana; hoy es una realidad la producción simultánea de cientos de miles de compuestos en ese tiempo gracias a la química combinatoria. La industria farmacéutica ha logrado reducir los tiempos en el desarrollo de los medicamentos, permitiendo el acceso a nuevos productos y aumentando las posibilidades de encontrar curas a diferentes enfermedades.

Estas metodologías han hecho posible la concepción de materiales combinatorios dinámicos que pueden incorporar reversiblemente componentes y responder a factores ambientales, modificando sus propiedades. Se ha acrecentado así la posibilidad de obtención de los denominados "materiales inteligentes".

Las metodologías actualmente empleadas para la experimentación en muchos campos científicos podrían evolucionar radicalmente, pues las tendencias innovadoras que la química combinatoria ha marcado en este aspecto pueden modificar el número de experimentos, las variables involucradas, el tiempo requerido y el costo, incrementando las posibilidades de desarrollo tecnológico. □

Referencias

1. Plunkett, M.J. y Ellman, J.A.: *Química Combinatoria y Nuevos Fármacos*. Investigación y Ciencia. Junio. 46-51: 1997.
2. Lehn, J.M.: *Dynamic Combinatorial Chemistry and Virtual Combinatorial Libraries*. Chem. Eur. J. 5: 9: 2455-2463: 1999.
3. Xian, X.-D. et al.: *A Combinatorial Approach to Materials Discovery*. Science 268: 1738-1740: 1995.
4. Briceño, G. et al.: *A Class of Cobalt Oxide Magnetoresistance Materials Discovered with Combinatorial Synthesis*. Science 270: 273-275: 1995.
5. Lehn, J.M. y Eliseev, A.V.: *Dynamic Combinatorial Chemistry*. Science 291: 2331-2332: 2001.
6. http://www.wings.buffalo.edu/academic/departments/pharmacy/mch/public_html/combichem.html.
7. Lehn, J.M.: *Supramolecular Polymers*. New York: Marcel Dekker, Inc: 2000.
8. Sun, T.X.: *Combinatorial Search for Advanced Luminescence Materials*. Biotechnology and Bioengineering. Combinatorial chemistry section. 61 (4): 193-203: 1998/1999.
9. Danielson, E., et al.: *Combinatorial Approach to the Discovery and Optimization of Luminescent Materials*. Nature 389: 944-948: 1997.
10. <http://www.cienciahoy.org/hoy40/quim1.htm>
11. Jaramillo, F.: *Aplicación de la Química Combinatoria en la Obtención de Magnetita por Vía Hidrotermal en Presencia de Cobre y Cromo*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. 2001.
12. Jaramillo, F y Arroyave, C.A.: *Aplicación de la Química Combinatoria en la Obtención de Magnetita Dopada con Cobre y Cromo*. Memorias XII Congreso Colombiano de Química. Bogotá, septiembre de 2001.

Análisis de alto rendimiento

Síntesis convencional y descubrimiento



BOTÁNICA MÉDICA

ALCALOIDES

¿qué son y para qué sirven?

Pedro J. Rocha S., PhD

Centro Internacional de Física (CIF),
Bogotá, Colombia

Sainsbury Laboratory, Norwich, Reino Unido

Dirección actual: Censpalma, Bogotá.

e-mail: pedro.rocha@censpalma.org

Las plantas producen una cantidad enorme de compuestos químicos considerados como secundarios (metabolitos secundarios).

Una clase importante dentro de estos metabolitos es la de los alcaloides, los cuales han sido extraídos y usados como ingredientes de remedios y venenos durante gran parte de la historia de la humanidad. Los alcaloides son bases orgánicas que poseen como parte de sus estructuras un átomo de nitrógeno usualmente unido a un sistema cíclico de cinco o seis átomos de carbono y, aunque en menos del 5% de todas las especies de plantas conocidas se ha estudiado su contenido,¹ más de 12.000 alcaloides han sido reportados.²

El interés que los alcaloides han despertado en la humanidad desde tiempos prehistóricos es el resultado de la variedad de efectos fisiológicos (deseados y no deseados) que tales sustancias producen en animales y humanos.^{3,4,5} El uso inteligente y controlado de los alcaloides ha sido celebrado por la ciencia médica y por la industria. Sin embargo, su uso indebido, aparte de llegar a ser mortal, se ha constituido en un factor capaz de desestabilizar civilizaciones completas. Efectos del impacto de los alcaloides en la política incluyen la guerra del opio entre China y Gran Bretaña (1839-1859) y los actuales esfuerzos mundiales por erradicar la producción y el consumo de heroína y cocaína.

En manos de los hombres, los alcaloides tienen una historia de más de 3.500 años. Por ejemplo, en el Mediterráneo, el uso del látex de la amapola (*Papaver somniferum*) data del año 1.400 AC. La rauwolfia (*Rauwolfia serpentina*) ha sido usada en India desde los albores del año 1.000 AC. En las culturas

aborígenes Suramericanas el uso del tabaco (*Nicotiana tabacum*) y de la coca (*Erythroxylum coca* y *E. novogranatense*) se confunde con el origen de las civilizaciones mismas.

En términos generales, el uso de extractos de plantas productoras de alcaloides como fuente de purgantes, sedantes y en el tratamiento de un amplio rango de enfermedades, incluyendo mordedura de serpientes, intoxicaciones y fiebres, ha sido costumbre no sólo de culturas antiguas sino de varias en la actualidad. Sin embargo, en humanos la frontera entre el efecto fisiológico benéfico y el nocivo no es muy clara cuando de alcaloides se trata. Es tan amplia la gama de efectos que pueden producir, que cualquier alcaloide usado en dosis mínimas puede ser convertido en valiosa medicina, pero el mismo en dosis más altas, puede llevar a la muerte instantánea.⁵ Por ejemplo, los alcaloides empleados como narcóticos (morfinina y codeína, entre otros) en pequeñas dosis tienen enorme utilidad médica, alivian el dolor severo y la ansiedad e inducen el sueño. Sin embargo, todos son adictivos y sus efectos colaterales incluyen constipación, náuseas y reacciones alérgicas. En dosis mayores los narcóticos son extremadamente peligrosos y pueden causar pérdida de la conciencia, convulsiones, coma o la muerte.

Belleza, brujas y biología molecular

Los extractos de henbano (*Hyoscyamus niger*), belladonna (*Atropa belladonna*), madrágora (*Mandragora officinarum*) y datura (*Datura stramonium*), todas especies de la familia Solanaceae, contienen tropano alcaloides tales como

EN LAS CULTURAS

ABORÍGENES

SURAMERICANAS

EL USO DEL TABACO

(*NICOTIANA TABACUM*)

Y DE LA COCA

(*ERYTHROXYLUM COCA*

Y *E. NOVOGRANATENSE*)

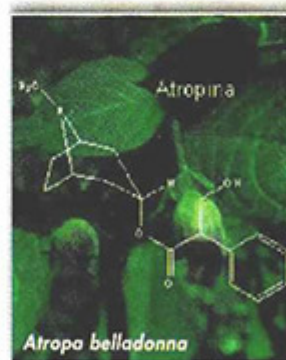
SE CONFUNDE

CON EL ORIGEN

DE LAS

CIVILIZACIONES

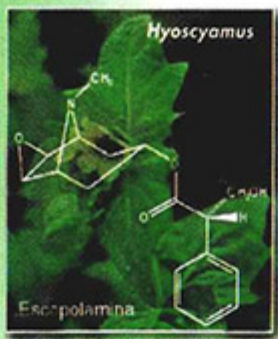
MISMAS.



la atropina (o hiosciamina) y la escopolamina (o hioscina). Fue la presencia de estos alcaloides la que hizo tan populares a estas plantas desde tiempos antiguos, como fuente de venenos y sedativos.³ En Gre-

cia, por ejemplo, los sacerdotes del Oráculo de Delfos quemaban semillas de henbano, inhalaban su humo y comentaban sus visiones como profecías. En el siglo I a. C., la reina Cleopatra usaba extractos de henbano para dilatar sus pupilas, mientras que en la Europa medieval eran extractos de hojas de belladonna

**EL USO DE PLANTAS
PRODUCTORAS
DE ALCALOIDES
NO SE HA LIMITADO
A LA EXTRACCIÓN DE SUS
COMPUESTOS QUÍMICOS,
Y RECIENTEMENTE,
ALGUNAS DE ELLAS
HAN SIDO INCORPORADAS
EN EXPERIMENTOS
DE INGENIERÍA**



los utilizados con el mismo fin. El efecto de dilatar la pupila era causado por la presencia de atropina, un tropano alcaloide actualmente empleado en exámenes e intervenciones quirúrgicas de los ojos. Debido a que relaja el músculo liso e inhibe secreciones glandulares y mucosas, la atropina se usa para tratar úlceras pépticas porque reduce la producción de ácidos en el estómago. También se utiliza como principio activo en tratamientos de gripa y asma y sirve como antídoto contra el envenenamiento con hongos, morfina, ácido prúsico y gas nervioso. Sin embargo, la atropina no sólo genera encantos adicionales, también incrementa la frecuencia cardiaca, insensibiliza las terminaciones nerviosas y deshidrata la piel; además, la sobredosis causa delirio, convulsiones y coma.⁵ El emperador Augusto sucumbió al efecto de la atropina y demás tropano alcaloides cuando comió un higo que había sido inyectado con extracto de belladona por su querida esposa Livia. Cesar Borgia, en cambio, prefería la madrágora fermentada para cometer sus mortíferos actos.

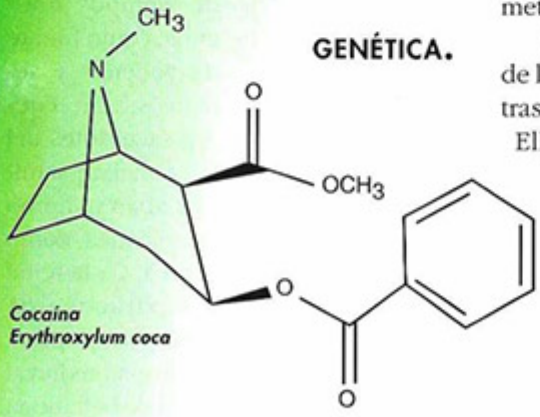
Sin embargo, fueron brujas de la Europa medieval las maestras en el uso de estas plantas. Ellas descubrieron que los alcaloides se podían absorber a través de la piel, evitando así los peligrosos efectos de la ingestión por vía oral. La cocción de hojas de mandrágora, henbano y belladona con grasas de origen animal

generaba un ungüento que dichas brujitas esparcían bajo sus axilas y otras partes pilosas. La atropina, la escopolamina y demás alcaloides presentes en la mezcla, penetraban fácilmente a través de la piel y su potente efecto alucinógeno era el responsable de la aparición de visiones y sensaciones como la de volar. El efecto alucinógeno de estos alcaloides está relacionado con su efecto depresivo sobre el sistema nervioso parasimpático (SNP), el cual hace parte del sistema nervioso autónomo y controla la función de pulmones, corazón, vejiga, intestinos, ojos y algunas glándulas.⁶

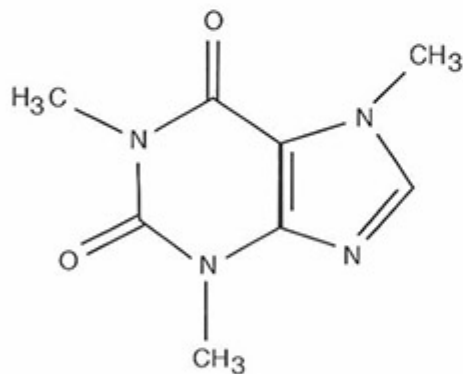
Pero el uso de plantas productoras de tropano de alcaloides no se ha limitado a la extracción de sus compuestos químicos, y, recientemente, algunas de ellas han sido incorporadas en experimentos de ingeniería genética. Veamos un ejemplo: la atropina es el precursor de la escopolamina. *A. belladonna* contiene altos niveles de atropina pero cantidades nulas de escopolamina. En contraste, *H. niger* produce los dos alcaloides. El gen que codifica para la enzima que cataliza la conversión de atropina a escopolamina, fue aislado de *H. niger* y, utilizando técnicas de biología molecular, dicho gen fue introducido en *A. belladonna*. El resultado de este experimento fue la generación de plantas transgénicas de *A. belladonna* con altos niveles de escopolamina, convirtiéndose así en el primer ejemplo de la extensión de una ruta metabólica secundaria por manipulación genética en plantas.⁷

Entre bebidas, humos y flechas

La cafeína es un alcaloide que funciona como estimulante y es obtenido de un número considerable de especies vegetales, incluyendo



miembros de las familias Rubiaceae y Sterculiaceae. Desde una óptica puramente farmacológica, la cafeína es la droga más usada en el mundo para incrementar la actividad del sistema nervioso. Los efectos de la cafeína varían de persona a persona. Usada con moderación genera estados de bienestar y de alerta, también incrementa la frecuencia cardíaca y la micción, y estimula la secreción de ácidos estomacales; mientras que el consumo excesivo de cafeína puede resultar en insomnio, agitación, dolor de cabeza, fatiga, depresión e irregularidades cardíacas. La cafeína era conocida desde hace 3.000 años en Etiopía, sin embargo, evidencia arqueológica sugiere su uso por parte de los primeros nómadas humanos. Las principales fuentes vegetales de cafeína son las bayas de café (*Coffea arabica*), aunque cantidades menores se encuentran en los frutos del cacao (*Theobroma cacao*), que además es fuente de cocoa y chocolate, y



Cafeína-*Coffea arabica*.

en la cola (*Colasp*), cuyas nueces ricas en cafeína, aparte de ser utilizadas por aborígenes africanos, son exportadas para uso comercial en la fabricación de bebidas "colas" y medicinas.

La nicotina, ese alcaloide legal pero no por eso inofensivo, predomina en las plantas de tabaco; es empleado como potente insecticida

y se usa en la producción de cigarrillos. Como insecticida se utiliza en soluciones diluidas (para proteger el ambiente), mientras que en la fabricación de cigarrillos se encuentra mezclado con varios cientos de compuestos químicos. En humanos, las dosis de nicotina mayores a 50 mg pueden causar falla respiratoria y parálisis general. Dosis tóxicas más pequeñas pueden causar palpitaciones, disminución en la presión sanguínea, náuseas y vértigo. Una persona que fuma, inhala aproximadamente 3 mg de nicotina, cantidad suficiente para producir sentimientos de bienestar, alerta y adicción.^{5,6}

Bajo el nombre de "curare" se agrupa una variedad de sustancias originalmente usadas por indígenas de América del Sur como venenos de flechas para la caza y la guerra.³ El principal componente del curare es la tubocurarina, un alcaloide extraído de *Chondodendron tomentosum*, *Strychnos toxifera* y otras especies vegetales. El veneno produce parálisis muscular debido a la interferencia en la transmisión de los impulsos nerviosos a nivel de los sitios receptores presentes en el músculo esquelético. Recientemente, el curare ha sido incorporado en medicina mediante su aplicación en pequeñas dosis junto con anestesia general, lo que asegura la relajación del tejido muscular especialmente en cirugías abdominales. También es usado para tratar algunos desórdenes mentales e inducir relajación muscular para el cuidado de fracturas.⁵



Nicotiana glauca.

Alcaloides ilegales

A continuación se describen algunas de las sustancias consideradas 'azote de la humanidad', pues aunque la mayoría de ellas exhiben propiedades médicas, su utilización indebida las ha convertido en sustancias prohibidas e ilegales. Evitar escribir de ellas no aliviaría los problemas que su mal

uso genera. El autor se abstiene de atacar o defender políticas de control de drogas y aclara que en ningún momento pretende hacer pública su opinión y sólo se limita a presentar información divulgativa.

Hasta comienzos del siglo XVI, la aristocracia Inca era la única con el privilegio de mascar hoja de coca por placer. Otros grupos indígenas enclavados en los Andes mascaban la inofensiva hoja para disminuir el

hambre e incrementar su resistencia en el desarrollo de trabajos extenuantes. Con la llegada de los españoles, el uso de la hoja de coca se extendió y fue utilizada de manera indiscriminada en los campos de



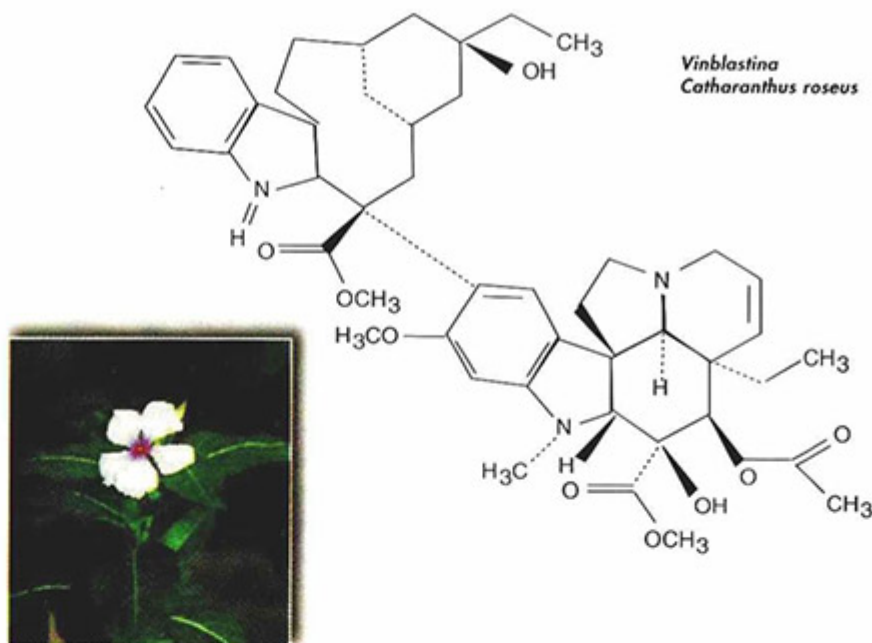
trabajo para alargar las pesadas jornadas laborales. Con el tiempo, la hoja de coca ha llegado a ser incorporada en procesos de producción industrial, la gran mayoría de ellos ilegales. Sin embargo, dentro de los usos legales que la cocaína tiene en la actualidad se resalta su aplicación en medicina, siendo utilizada frecuentemente a nivel quirúrgico ya

que, aparte de su efecto anestésico, la cocaína contrae pequeñas arterias y disminuye la hemorragia. En el cerebro, la cocaína bloquea la reabsorción sináptica de ciertos neurotransmisores (en particular la dopamina). La acumulación de neurotransmisores causa sensaciones de placer que pasan a través de las rutas neurales una y otra vez, creando así un sentido de profundo bienestar, autoconfianza, alerta y falta de apetito.⁵ Dicho efecto dura de 10 a 30 minutos, tiempo después del cual, la fuente de neurotransmisores se agota, siendo necesario incorporar más alcaloide para continuar con las sensaciones. Por lo tanto, el comportamiento adictivo está limitado por la disponibilidad de la droga.

El opio, otro alcaloide considerado ilegal, es una mezcla de compuestos derivada del látex de las cabezuelas inmaduras de amapolas (*Papaver somniferum*). El principal constituyente del opio es la morfina (base de síntesis de la heroína), aunque se encuentra mezclado con codeína, papaverina y noscapina (narcotina). La papaverina y la noscapina no son adictivas y la primera actúa como un relajante muscular y vasodilatador y es usada en el tratamiento de angina de pecho, en la disolución de algunos tipos de coágulos sanguíneos y en el tratamiento de la impotencia causado por falta de fluido sanguíneo.⁶ Una tintura derivada del opio es el laudanum, mezcla adictiva de opio, alcohol y alcanfor originalmente desarrollada por Paracelso en el siglo XVI y ampliamente usada hasta el siglo XIX para tratar variedad de desórdenes.

Alcaloides y su uso en el tratamiento del cáncer

La planta *Catharanthus roseus* es originaria de Madagascar y pro-



duce más de 120 alcaloides, setenta de los cuales tienen propiedades farmacológicas. Los alcaloides más importantes obtenidos de esta planta son la ajmalicina, el sedante serpentina y los altamente efectivos agentes quimioterapéuticos vinblastina y vincristina.⁸ Estos dos últimos son alcaloides tóxicos, incluso para la misma planta, debido a que se unen específicamente a la tubulina, la proteína precursora de los microtúbulos (los cuales son responsables de la mitosis y otras funciones vitales como el transporte de sustratos, la movilidad celular y la integridad estructural de la célula). Posiblemente sea debido a su peligrosa actividad biológica que la vinblastina y la vincristina son producidas en muy bajas concentraciones en la planta (0,0005% del peso seco). Debido a su acción fisiológica, la vinblastina es efectiva en el tratamiento de tumores testiculares, carcinoma de seno y sarcoma de Kaposi, entre otros; mientras que la vincristina es usada principalmente contra leucemia linfocítica aguda y en el tratamiento de linfomas, incluyendo la enfermedad de Hodgkin.⁶ Como resultado de su baja concen-

tración en la planta y de su alta efectividad en el tratamiento de cáncer, el precio del kilogramo de vinblastina y vincristina extraídos de la planta se estima en 1 millón y 3,5 millones de dólares, respectivamente.⁸ Múltiples estudios han tratado de incrementar la producción de estas valiosas sustancias, sin embargo, debido a la biología de la misma planta los esfuerzos han sido poco fructíferos.

Funciones ecológicas de los alcaloides

La influencia de los alcaloides en las complejas relaciones de las plantas con el medio ambiente son tanto o más interesantes que sus efectos sobre las actividades humanas. El principal papel de los alcaloides en las plantas está relacionado con la defensa de las mismas al ataque de patógenos.⁹ Por ejemplo, la nicotina, que por su actividad fue uno de los primeros insecticidas usados por humanos, sigue siendo uno de los más efectivos. Otro alcaloide efectivo es la cafeína que, a una concentración mucho más baja que la encontrada en las bayas de café o en las hojas de té, extermina

en menos de 24 horas casi todas las larvas de *Manduca sexta* que atacan a las plantas de tabaco, esencialmente por inhibición de la enzima fosfodiesterasa.

Pero no siempre los efectos de alcaloides altamente tóxicos son nocivos para todos los organismos. Algunas especies particulares de sapos, hormigas, arañas, mariposas, escarabajos, bacterias, hongos, esponjas marinas y mamíferos, entre otros, han adaptado su modo de vida a dietas de plantas que contienen altos contenidos de alcaloides. Los complejos procesos evolutivos han permitido a tales organismos utilizar alcaloides vegetales como fuente de señales sexuales (feromonas) o como protección contra los predadores.¹⁰

Consideraciones finales

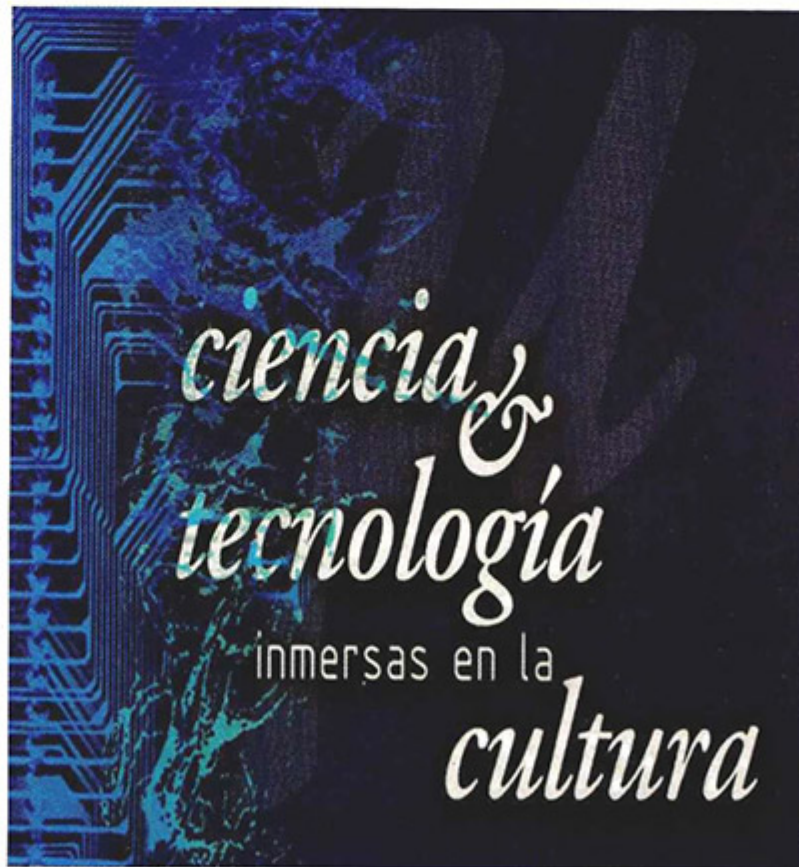
En los párrafos anteriores se presentó una introducción al tema de los alcaloides y sus usos pero por limitaciones de espacio muchos alcaloides y sus historias quedaron fuera de este escrito. De todas maneras, los ejemplos aquí mencionados muestran que los alcaloides son productos naturales valiosos empleados desde que la humanidad tiene memoria y que su explotación racional se puede constituir en una alternativa viable para nuestro desarrollo.

Agradecimientos

El autor desea expresar sus agradecimientos a COLCIENCIAS por el apoyo financiero para la culminación de su doctorado y a la Dra. Esperanza Torres por su valiosa colaboración en la crítica de este manuscrito. □

Referencias

1. Mann, J.: *Secondary metabolism*. Oxford Science Publications, Oxford. 1987.
2. Verpoorte, R.: *Secondary metabolism*. En: Verpoorte, R.; Alfermann, W. (eds). *Metabolic engineering of plant secondary metabolism*. Kluwer Academy Publishers, Dordrecht. 1-30; 2000.
3. Mann, J.: *Murder, magic, and medicine*. Oxford University Press, Nueva York. 1992.
4. Roberts, M.F.; Strack, D.: *Biochemistry and physiology of alkaloids and betalains*. En: Wink, M. (ed). *Biochemistry of plant secondary metabolism*. CRC Press, Nueva York. 17-78; 1999.
5. Wink, M.: *Mode of action of alkaloids*. En: Roberts, M.F.; Wink, M.F. (eds). *Alkaloids. Biochemistry, ecology and medicinal applications*. Plenum Press, Nueva York. 239-264; 1998.
6. Loo, T.J.; Freireich, E.J.: *Cancer chemotherapeutic drugs*. En: Munson, P.L. (ed). *Principles of pharmacology*. Chapman & Hall, Londres. 1475-1516; 1995.
7. Yun, D.J.; Hashimoto, T.; Yamada, Y.: *Metabolic engineering of medicinal plants: transgenic *Atropa belladonna* with an improved alkaloid composition*. P. Natl. Acad. Sci. USA. 89:11799-11803; 1992.
8. Romero, P.R.H.; van der Heijden, R.; Verpoorte, R.: *Cell and tissue cultures of *Catharanthus roseus*: A literature survey II. Updating from 1988 to 1993*. Plant Cell Tiss. Org. 42:1-25; 1996.
9. Waterman, P.G.: *Roles of secondary metabolites in plants*. En: Chadwick (ed). *Secondary metabolites: their function and evolution*. John Wiley & Sons, Londres. 171:255-275; 1992.
10. Croteau, R.; Kutchan, T.M.; Lewis N.G.: *Natural products (secondary metabolites)*. En: Buchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. (eds). *Biochemistry and molecular biology of plants*. American Society of Plant Physiologists, Rockville. 1250-1318; 2000.





NANOTECNOLOGÍA

Nanotecnología

Andrés Jaramillo Botero, Dr. Ing.

Investigador / Decano Académico,

Facultad de Ingeniería,

Pontificia Universidad Javeriana,

Cali, Colombia.

e-mail: ajaramil@puj.edu.co



La intención es llevar a soñar e ir un poco más allá de la realidad cotidiana de hoy y despertar ante la realidad de un futuro tecnológico, no muy lejano. Realidad en marcha que cambiaría por completo nuestra forma de vivir, e incluso nuestra forma de morir. Se le ha denominado "la tecnología de manufactura del siglo XXI" y una de las tres más críticas para la humanidad* en el próximo milenio conjuntamente con la Ingeniería Genética y la Robótica.

Introducción

Lejos de tener un nombre semánticamente seductor, resulta difícil comprender con exactitud los propósitos que la definen como tecnología. Para comprender el campo como disciplina del conocimiento, debemos complementar el significado etimológico de la palabra (nanos: enano; techne: arte o manualidad; logos: discurso o simplemente 'el arte de lo pequeño' en un sentido más técnico. La Nanotecnología se conoce técnicamente como la manipulación, precisa e intencionada, de la materia a escala atómica y dimensionada, ordinariamente, en nanómetros (nm), lo que equivale a

* Ralph Merkle, en "Qué tanto se demore en desarrollarse (la Nanotecnología), depende muchísimo de nuestro trabajo".

**Manipulación directa y precisa
de la materia a
escala**

atómica

PARA LOS ESCÉPTICOS,
UNA PREVENCIÓN: LA
HISTORIA DE LA TECNOLO-
GÍA NOS DEMUESTRA QUE
SI UNA DISCIPLINA TEC-
NOLÓGICAMENTE NUEVA
SE DEFINE VIABLE Y SE
FUNDAMENTA A PARTIR
DEL CUERPO TEÓRICO
EXISTENTE DE LA CIENCIA,
ESTA SE HARÁ REALIDAD Y
USUALMENTE ANTES DE LO
IMAGINADO. EL SIMPLE
HECHO DE NO TENER HOY
HERRAMIENTAS TECNOLÓ-
GICAS CON QUE LLEVAR A
CABO UNA TAREA, O UN
CONJUNTO DE TAREAS,
NO IMPIDE SU DESARRO-
LLO FUTURO. NUESTRA
HABILIDAD PARA SOÑAR
CON NUEVOS PROCESOS
O DISPOSITIVOS SOBREPASA
A NUESTRA HABILIDAD
PARA CONTEXTUALIZARLOS
EN LA PRÁCTICA DEL
MOMENTO.

una billonésima de metro. Consideremos las siguientes medidas de diámetro como referencia: el de un grano de arena es de aproximadamente 1.000.000 nm; el de un pelo humano se aproxima a los 50.000 nm; el de un glóbulo rojo a 8.000 nm; y el de un átomo está en el orden de 0,1 nm.

En 1959, el físico Richard Feynman* planteó la posibilidad de construir moléculas por posicionamiento selectivo y directo de la base atómica, de acuerdo con las propiedades físicas y químicas que rigen el comportamiento de una molécula. La ruta más directa para lograr esta capacidad involucra posicionar y ensamblar átomos y moléculas individuales de una forma análoga a la construcción con bloques de LEGO. En otras palabras, el armado intencional de estructuras moleculares a partir de la materia prima atómica utilizando un proceso de mecanosíntesis (contrastado con el método convencional estrictamente dependiente de reacciones químicas-térmicas.) Las repercusiones de disponer de esta habilidad serían extraordinarias.

De una manera complementaria, a la Nanotecnología le concierne el estudio de las estructuras, las propiedades y los procesos involucrados en el desarrollo de dispositivos con rangos en la escala espacial del orden entre 1-300 nm. Ésta es una escala mayor que la de moléculas sencillas pero menor que la longitud de onda de la luz visible. En estas escalas existen fenómenos que



Figura 1. Richard Feynman.

proporcionan oportunidades increíbles para lograr nuevos niveles de sentido, manipulación y control. Los *nanodispositivos* podrían ser dramáticamente más sensibles, más eficientes, más confiables y de un rendimiento superior a los que conocemos y manejamos actualmente a escala macroscópica. Mejor aún, podrían lograr todas las ventajas anteriores a una fracción del costo, eficiencia, tamaño y peso.

Motivadores económicos al desarrollo de la Nanotecnología

Ingentes esfuerzos, públicos y privados, vienen resaltando la importancia de desarrollar la Nanotecnología en toda su extensión. Una muestra clara se deriva del aumento significativo en los niveles de inversión de los gobiernos de Estados Unidos, Japón y de los países euro-

* Richard Feynman (Premio Nobel 1965), «There is Plenty of Room at the Bottom», Conferencia anual a la Sociedad de Física Americana, en Caltech, Diciembre 29 de 1959, Pasadena, California, Estados Unidos.

peos para el desarrollo y la investigación de la Nanotecnología.

Otra evidencia importante, surge del aumento relativo del número de patentes relacionadas con la Nanotecnología y la transferencia de tecnología derivada que ha permitido el desarrollo de nuevos productos en una gran variedad de campos.

¿Qué problemas actuales resuelve la Nanotecnología?

La Nanotecnología propone una solución concreta a los problemas que se originan a partir del pobre control sobre la estructura molecular de la materia (uno de los principales es el de los desechos orgánicos e inorgánicos).

Nanodispositivos en la Naturaleza

Los mejores ejemplos de nanodispositivos pueden encontrarse actualmente en la naturaleza. Por ejemplo, los árboles, en su proceso de fotosíntesis (diurno), producen moléculas de oxígeno y madera a partir de luz solar, dióxido de carbono y agua. Lo interesante es que logran todo esto sin ruido, calor, ni intervención humana y consumiendo, de paso, contaminantes (CO₂).

Otros nanodispositivos increíbles son los ribosomas, responsables de la producción de las proteínas utilizadas por todas las cosas vivientes de la tierra. Con un tamaño relativamente pequeño (200-400 nm²) son capaces de sintetizar proteínas encadenando aminoácidos en secuencias precisas. Para hacerlo, el ribosoma toma selectivamente un aminoácido y lo adiciona al final de un polipéptido en crecimiento. Las instrucciones que sigue el ribosoma para armar cada proteína son proporcionadas por un ARN mensajero (ácido-ribonucleico).

Necesidades para su existencia y desarrollo

Herramientas Computacionales para Simulación

Un reto en el desarrollo exitoso de las tecnologías a escala de nanómetros está en el desarrollo de herramientas de simulación confiables para ayudar en el diseño, la síntesis, la supervisión y la prueba de sistemas nanométricos. Dado que no es posible (por lo menos hoy) ver en tiempo real las consecuencias de un experimento a escala nanométrica, es de suma importancia desarrollar software computacional lo suficientemente rápido como para

permitir predecir la estructura y propiedades de una molécula en función de las condiciones (temperatura, presión y concentración) y el tiempo.

Desde un punto de vista teórico, uno de los problemas fundamentales de hoy en la tecnología de sistemas nanométricos es que éstos son demasiado grandes (en número de partes atómicas), para modelar y simular dinámicamente (describir el movimiento de sus átomos a partir de las fuerzas que intervienen en él) con los métodos atomísticos estándares. Calcular el comportamiento dinámico real de una molécula implicaría el cálculo de la ecuación de onda electrónica de Shrodinger para cada configuración geométrica de la molécula. Esto es impracticable con el recurso tecnológico computacional actual. Sin embargo, empleando métodos de Simulación Dinámica Molecular Computacional es posible aproximarse a soluciones computacionalmente viables para sistemas moleculares de un número limitado de átomos. Para calcular el movimiento en tiempo y espacio de los cuerpos moleculares se establecen dos pasos distintivos:

1. Cálculo de las fuerzas interatómicas
2. Cálculo de las ecuaciones de movimiento

Para llevar a cabo el primer paso se parte, por definición, de la gradiente negada de la expresión que representa la Energía Potencial del sistema molecular, que denominaremos U . Ésta define la fuerza total percibida por cada átomo o su "campo de fuerza". En un sistema molecular la energía potencial depende de las coordenadas atómicas y de las distancias definidas para cada enlace de acuerdo con la naturaleza del elemento (tipo de átomo implicado), su estado de hibridación, y otras propiedades químicas.

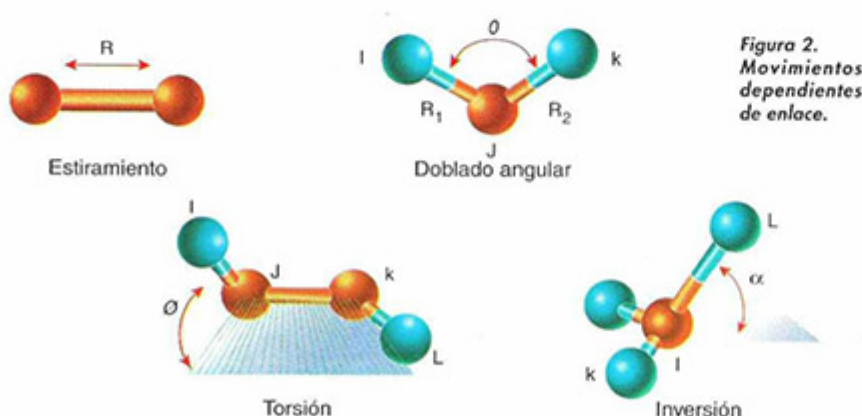


Figura 2. Movimientos dependientes de enlace.

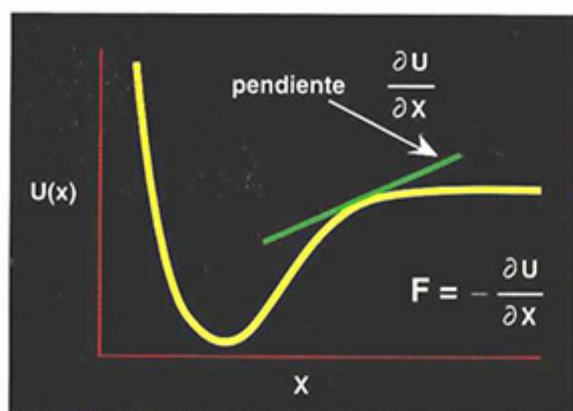


Figura 3. Cálculo de fuerzas interatómicas a partir de la Energía Potencial.

La energía potencial dependiente del tipo de enlace atómico puede constituirse de múltiples componentes, entre otros: estiramiento de enlace, torsiones angulares, doblado angular e inversión. Gráficamente se ilustra en la figura 2, donde las variables son de tipo traslacional o angular. Cada uno de los anteriores se representa a través de una ecuación matemática derivable que permite determinar el respectivo componente de fuerza interatómica.

La energía potencial que surge de la dependencia de las coordenadas atómicas y las distancias entre los cuerpos atómicos se compone principalmente de: las interacciones electrostáticas y de

las interacciones de van der Waals. El primer componente relaciona las cargas electrostáticas de cada átomo del sistema, con respecto a cada uno de los demás átomos (relación cuadrática) de la molécula en función de la distancia entre ellos. La ley universal de van der Waals establece las fuerzas

de atracción/repulsión entre los cuerpos atómicos según la distancia entre estos (inversamente proporcional a la distancia entre los cuerpos elevada a la 6).

Expresado matemáticamente, y por principio de superposición, el conjunto total de fuerzas interatómicas equivale entonces a la suma de todos los componentes dependientes de enlace y de distancias interatómicas (figura 3).

Para completar el proceso de simulación de un paso dinámico se requiere entonces la aplicación de la segunda ley de Newton o de algún otro método (ej. variacional) que permita determinar los cambios cinemáticos (posición, velocidad, aceleración) de la molécula, inducidos

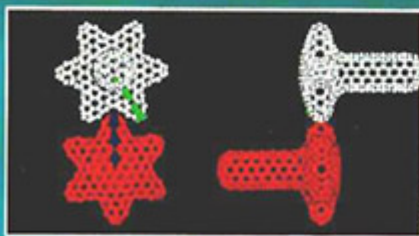
por las fuerzas calculadas en el primer paso. Matemáticamente, esto corresponde a:

$$F = m_i \cdot \ddot{x}_i = -\nabla_i U(x_1, \dots, x_n)$$

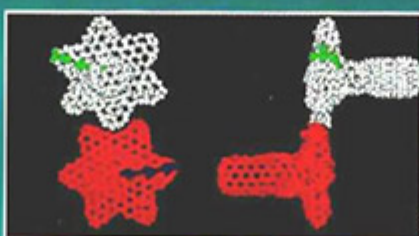
Donde, m_i corresponde a la masa de cada cuerpo atómico i dentro de la molécula y \ddot{x}_i a las aceleraciones cartesianas de cada partícula atómica. Resolviendo de la ecuación anterior para las aceleraciones cartesianas, \ddot{x}_i , se procede con la aplicación de un método de integración numérico estable, sobre un plazo Δt de tiempo –usualmente dado en el régimen de los femtosegundos (10^{-15} segundos)– en análisis atómico, para encontrar las velocidades y posiciones de la nueva configuración de la molécula. Este proceso se repite durante el tiempo requerido para evaluar las características de la molécula correspondiente, típicamente por períodos en el orden de los nanosegundos (10^{-9} segundos).

La complejidad computacional involucrada en el cálculo de un paso de dinámica molecular es de orden exponencial al número de átomos involucrados. Por ejemplo, para calcular un paso de dinámica (un Δt) de un cubo de polietileno con arista de 100nm (éste podría

1. Vista frontal y lateral



2. Deformación



3. Rompimiento de enlaces



Figura 4. Nanoengranajes (D. H. Robertson, B. I. Dunlap & C. T. White, Naval Research Laboratory, Washington DC).

contener alrededor de 64 millones de átomos) implicaría, únicamente para el cómputo de los componentes de fuerzas electrostáticas, 4.096 millones de millones de operaciones. Lamentablemente, las escalas y longitud de tiempo soportados en simulaciones dinámicas moleculares a nivel atómico no permiten aún el tratamiento de algunos de los más importantes problemas, entre otros, la evaluación dinámica de máquinas y sistemas auto-ensamblados en escala de nanómetros.

Sin embargo, los avances en la tecnología computacional han derivado en enormes avances en las tecnologías de simulación molecular que, a su turno, habilitan la caracterización, la predicción del comportamiento y el diseño de sistemas químicos, biológicos y de materiales. Por otro lado, el uso de sistemas de cómputo masivamente paralelos y el desarrollo de nuevos algoritmos de cálculo estrictamente paralelos, para el análisis dinámico atómico o conformacional (considerando principalmente componente de frecuencia bajo en las vibraciones moleculares) de sistemas multicuerpos, han mejorado la posibilidad de abordar de manera aproximada estos problemas.

Desarrollo, modelado, y simulación de nanodispositivos empleando técnicas de simulación dinámica molecular

En la *figura 4* se presenta la secuencia de animación dinámica de un sistema de engranajes de dimensión nanométrica. Estos nanoengranajes están contruidos enteramente de átomos de carbono. Se componen de dos partes: el engranaje y el eje. Los engranajes fueron generados en el Laboratorio de Investigación Naval (EU) utilizando reglas estándar de construcción de moléculas de fullerene, formando estructuras de superficie cerrada. Los engranajes tienen cuatro pentágonos en la punta de cada diente y un octágono entre dientes adyacentes y se unieron posteriormente a los ejes (tubos de grafito). Para las simulaciones, se le dio a los átomos del engranaje rojo una velocidad angular en rampa hasta lograr una velocidad final angular constante. El engranaje blanco actúa únicamente en respuesta al engranaje rojo rotando, flexionándose y respondiendo a las fuerzas del potencial reactivo. Las simulaciones fueron ejecutadas por 100ps con velocidades angulares finales de 0,1 rev/ps y 0,5 rev/ps y dos tiempos de rampa de 50ps y 10ps. El objetivo de las simulaciones es determinar el comportamiento, funcional y estructural del conjunto de engranajes bajo diferentes condiciones.

La secuencia representada en la *figura 5* demuestra un caso crítico al llevar el sistema de 0 a 0,5 rev/ps en

10ps, en el cual se destruyen los engranajes (enlaces moleculares) producto de las deformaciones ocasionadas por las velocidades elevadas de rotación, que producen aceleraciones centrífugas, de coriolis y fuerzas giroscópicas insostenibles, y por la acumulación de temperatura (no se emplea ningún mecanismo de disipación de calor). Se muestra una línea verde correspondiente a la velocidad angular de los átomos del engranaje rojo, una línea azul clara que representa la velocidad angular del eje blanco, y una línea roja que representa la temperatura cinética interna de los dos engranajes.

En los diseños mostrados en la *figura 6* los ejes de los engranajes son nuevamente nanotubos de carbono (entre 1-10nm de diámetro). Moléculas de benceno son pegadas como dientes sobre los nanotubos para formar los engranajes que pueden operar en frecuencias de GHz. Las animaciones demuestran la funcionalidad de estos engranajes en el seguimiento de movimientos rotacionales. La

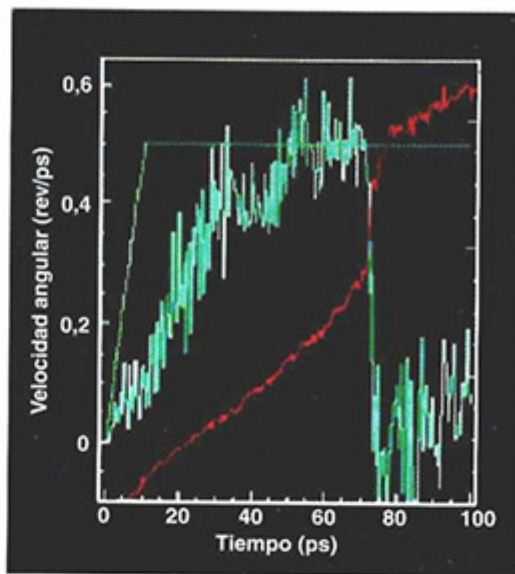


Figura 5. Curva de control y supervisión de variables (velocidad angular y temperatura) para nanoengranajes: D. H. Robertson, B. I. Dunlap & C. T. White, Naval Research Laboratory, Washington D. C.

4. Destrucción



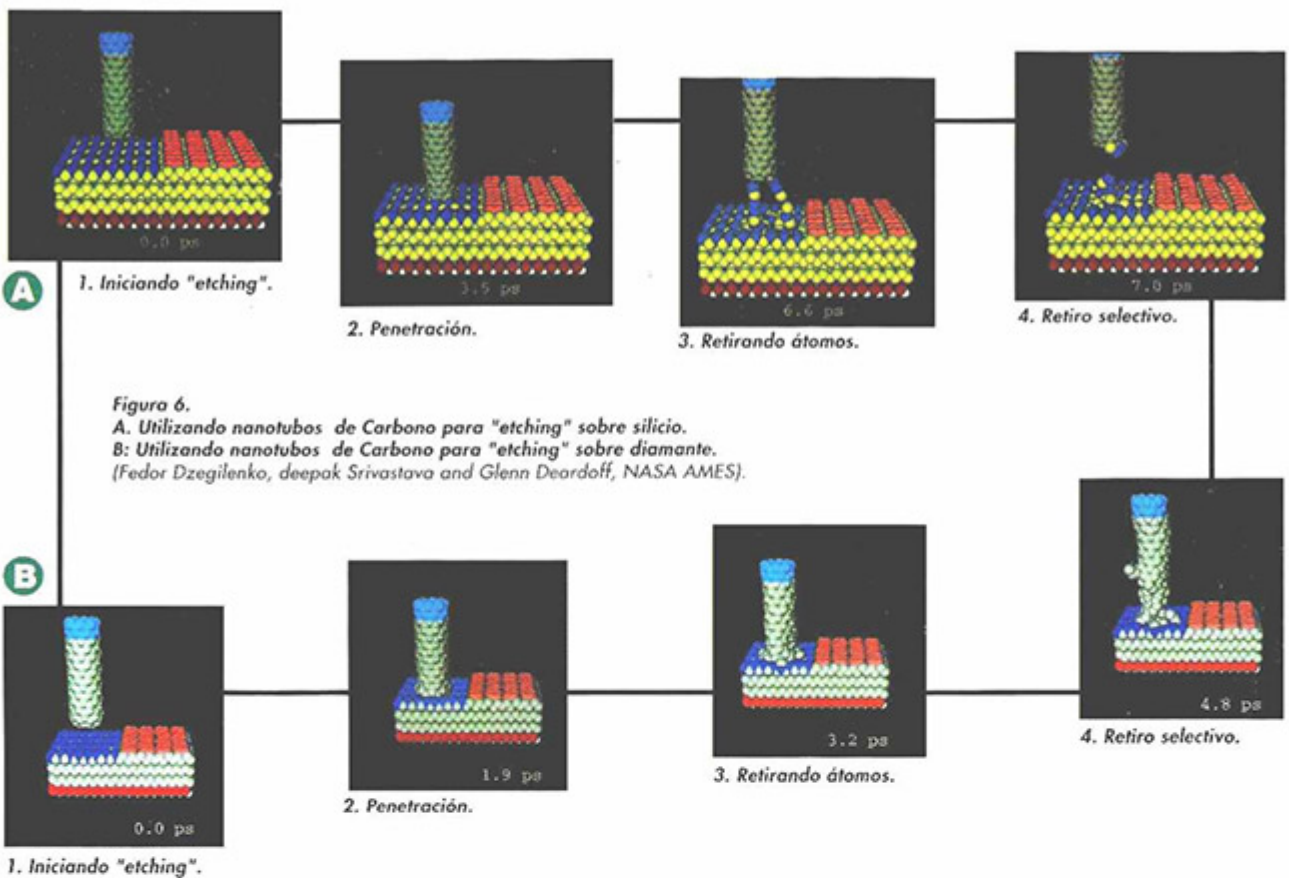


Figura 6.
A. Utilizando nanotubos de Carbono para "etching" sobre silicio.
B. Utilizando nanotubos de Carbono para "etching" sobre diamante.
(Fedor Dzegilenko, deepak Srivastava and Glenn Deardoff, NASA AMES).

investigación teórica de la estructura molecular y de las condiciones de operación de estas máquinas demuestran su robustez permitiendo su operación en condiciones adversas como en el caso de deslizamientos en los dientes del engranaje. Bajo esta condición un engranaje de escala macroscópica dejaría de operar correctamente, sin embargo, para el caso de estos nanoengranajes, los dientes se flexionan sin romperse. También se demuestra en estas simulaciones como los nanoengranajes y otras nanomáquinas podrán ser manejadas por medio del empleo de láseres o de campos eléctricos externamente controlados.

Un nanotubo de carbono puede ser utilizado como elemento de punta en un microscopio de fuerza atómica (AFM). Este tipo de punta en un AFM puede ser utilizado

para crear patrones en la escala nanométrica. Concretamente, puede emplearse en procesos litográficos o para remover material superficial en la fabricación de semiconductores.

En estos escenarios, nos concierne la interacción entre el nanotubo de carbón y la superficie de contacto. En las pruebas realizadas por el equipo se consideraron dos tipos de superficies: silicio y diamante. Se demuestran con animaciones dinámicas en tiempo real las interacciones con ambos materiales de base. Para el caso de silicio la punta de nanotubo penetra la superficie del material logrando extraer selectivamente varios átomos de silicio. Para el segundo caso, la mayor dureza de la superficie del diamante destruye el nanotubo.

Otros aspectos necesarios para el desarrollo de la nanotecnología

Otros aspectos críticos son la falta de entendimiento fundamental sobre la teoría y los métodos requeridos para describir adecuadamente el régimen intermedio entre lo atómico y lo molecular (denominado mesoscópico) y la falta de herramientas y estrategias tecnológicas experimentales para sintetizar, copiar y manipular sistemas de escala nanométrica.¹

¿Cómo lograr la construcción de nanodispositivos?

Como ya se mencionó, las restricciones prácticas más evidentes para la construcción de nanodispositivos vienen de no poder ver o manipular elementos de dimensiones tan pequeñas. Sin em-

bargo, existe la posibilidad de reducir gradualmente de escala con la ayuda de sistemas constructores. En otras palabras, desarrollar un sistema capaz de construir un modelo de sí mismo pero más pequeño, el sistema resultante repetiría el proceso, y así sucesivamente hasta llegar a la escala requerida. La mayor parte de las nanotecnologías sintéticas se basan en el concepto de moléculas auto-ensambladas.

Von Neumann* propuso un modelo general para un sistema de manufactura universal autoreplicable compuesto² de: a) un computador universal y b) un constructor universal. En él, el computador universal contiene un programa que dirige el comportamiento del constructor universal. A su vez, el constructor universal se utiliza para producir nuevos constructores universales y nuevas computadoras universales. El constructor cinemático consta de un brazo robótico que puede moverse en el espacio tridimensional para recoger partes de un mar de partes y alterar la composición de una estructura cualquiera.

A partir de la propuesta de von Neumann han surgido nuevas ideas especializadas para tratar con sistemas atómicos. Drexler³ plantea una arquitectura similar pero a escala molecular y con una diferencia en el constructor: la química del 'efector' final. La capacidad posicional del

constructor se hereda de la propuesta de von Neumann por medio de pequeños brazos manipuladores robóticos (100 nm.) Sin embargo, Drexler propone un 'efector' final capaz de alterar el estado de una estructura molecular cualquiera. Dicho cambio de estado proviene de su habilidad para generar reacciones químicas bien definidas. Drexler estima que el computador ocuparía un espacio volumétrico del orden de $0,001 \mu\text{m}^3$, consumiría menos de 10^{-9} vatios y operaría de manera continua en frecuencias de Gigahertzios (mil millones de Hertzios). Para darnos una idea de la magnitud de estas cifras, el cuerpo humano consume alrededor de 100 vatios en reposo.

Otra idea podría ser la de diseñar manipuladores moleculares capaces de "coger" átomos y posicionarlos controladamente en un espacio tridimensional de acuerdo a una estructura molecular prevista. O, por qué no, emplear nanodispositivos de la naturaleza para que ejecuten tareas bajo nuestro control (ejemplo: un virus). La pregunta que surgiría es como controlarlos efectivamente.

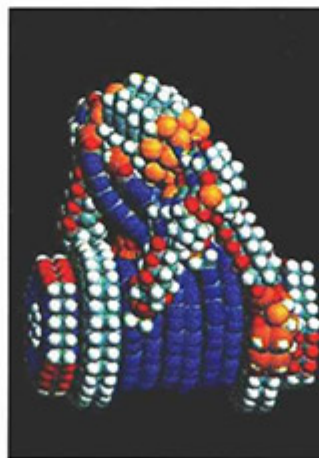
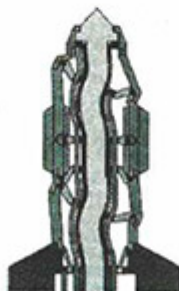
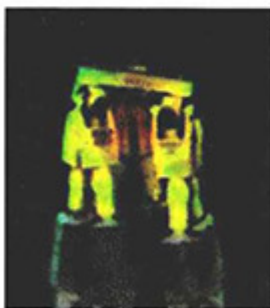


Figura 7. Nanomanipulador con estructura de plataforma de Stewart (Eric Drexler).

Aplicaciones

Disponiendo de las herramientas moleculares mencionadas tendríamos un abanico inmenso de posibilidades de aplicación. Asumiremos para la mayoría de las aplica-

LOS MALES Y ENFERMEDADES SON PRIMORDIALMENTE CAUSADOS POR DAÑOS A NIVEL MOLECULAR.

ciones la existencia de un computador y un 'actuador' (puede ser un manipulador o algún mecanismo regulatorio). Quizás las aplicaciones de mayor impacto sobre la humanidad se verán en las diferentes áreas de la salud. La premisa que lleva a esta afirmación es que los males y enfermedades son primordialmente causados por daños a nivel molecular y celular. Disponer de herramientas para manipular la materia a nivel atómico ciertamente permitiría contrarrestar las causas de los males y enfermedades que aquejan a la humanidad. A continuación se presentan algunas de las potenciales aplicaciones en ésta y otras áreas.

Nanoglóbulos rojos

Las personas con problemas circulatorios pueden sufrir daños serios en sus tejidos a causa de la falta

* Matemático Húngaro (1903-1957), sintetizador y promotor del concepto de programa almacenado, y cuyo diseño lógico de la computadora del Instituto para Estudios Avanzados (IAS) en Estados Unidos se convirtió en el prototipo para la mayoría de las computadoras que conocemos - la Arquitectura von Neumann.

de oxígeno. Un método adecuado para dar soporte metabólico a un paciente, con reducido flujo de sangre, sería el de incrementar su nivel disponible de oxígeno por medio de una "célula roja artificial". Por ejemplo, con una estructura atómica esférica de diamante o grafito (con diámetro interno de 1 nm y paredes de ancho menores a 0,1 nm), se podría soportar un estrés superior a las 1000 atmósferas y contener una esfera de oxígeno de 0,1µm de diámetro. Un mol de oxígeno a 1000 atmósferas y a 310 grados Kelvin ocupa 0,048 litros. El ser humano emplea, en reposo, aproximadamente 240 cc/minuto de oxígeno.⁴ Si comprimiésemos 1 litro de oxígeno

a la misma presión y temperatura, podría almacenarse suficiente oxígeno para mantener el metabolismo humano por 36 horas. Para emular una de las funciones principales de los glóbulos sanguíneos, la liberación de oxígeno podría regularse para ser constante. El nanoglóbulo sería camuflado con una superficie no reactiva a los ataques del sistema inmune.

Esto podría solucionar el problema en una emergencia. Sin embargo, la función normal de una célula roja de sangre incluye la habilidad para absorber y comprimir oxígeno a partir de una presión parcial alta (cuando pasa por los pulmones) y liberarlo cuando la pre-

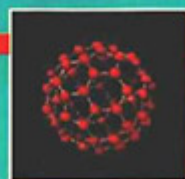
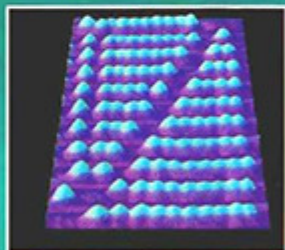
LA NANOTECNOLOGÍA NOS PERMITIRÍA CONVERTIR EL DESECHO ORGÁNICO EN ALIMENTO ILIMITADO.

sión está por debajo de un umbral determinado (cuando los tejidos lo requieran). El nanodispositivo también podría absorber dióxido de carbono en presencia de altas concentraciones (en los tejidos) y liberarlo en presencia de bajas concentraciones (en los pulmones.) En

avances

SON MÚLTIPLES LOS ESFUERZOS EN EL ÁMBITO MUNDIAL PARA DESARROLLAR LA NANOTECNOLOGÍA. POR ENDE, SERÍA INFRUCTUOSO LISTAR LOS RESULTADOS A LA FECHA CONSIDERANDO EL DINAMISMO Y EL AUMENTO DEL RECURSO ECONÓMICO DESTINADO A SU AVANCE. SIN EMBARGO, PRESENTAMOS A CONTINUACIÓN ALGUNAS MUESTRAS QUE REPRESENTAN HITOS EN LA RECIENTE HISTORIA DE LA NANOTECNOLOGÍA.

Eigler y Schweizer, 1990, de IBM (Zurich/Switzerland), escribieron "IBM" utilizando 35 átomos de xenón con un Microscopio de Barrido por Túnel (STM). Se demuestra la posibilidad de posicionamiento selectivo de átomos sobre superficie planar. El mismo grupo construye en noviembre 13, 1996 un abaco molecular.



Bola Bucky

Richard Smalley, Universidad de RICE (E.U.), Premio Nobel en Química 1996. Diseñó y creó una esfera de 60-átomos de carbón fuerte, estable, superconductor y biológicamente inofensivo. Se les denominó, buckminsterfullerene ó bolas "Bucky".

ambos casos se requeriría de un método de transporte selectivo.⁵ La eficiencia de estos nanoglobulos artificiales es 2.000 veces superior por unidad de volumen que la sangre.

La mitocondria artificial

Una vez el tejido ha sufrido de isquemia por la falta de flujo sanguíneo puede dejar de metabolizar el oxígeno. Las mitocondrias de las células involucradas fallarán en algún momento y como consecuencia no se podrá restablecer el tejido, aún en la presencia de niveles superiores de oxígeno. Sin embargo, se podría proporcionar un soporte metabólico más directo a

partir de un nanodispositivo con transporte selectivo que pueda liberar ATP (energía en forma de adenotriposfato) y liberar o absorber metabolizantes críticos (sodio, potasio, cloro), lo cual sería efectivo para restablecer la función celular (reproducción celular a cargo del núcleo) a pesar de estar comprometida la mitocondria. Si la restauración de los niveles metabólicos fuese insuficiente para restablecer una célula a su estado normal, sería viable frenar la tasa de deterioro del tejido. Para hacerlo podría enfriarse o inyectarse con compuestos que bloquearían o frenarían el deterioro. Máquinas autónomas moleculares empleando potencia

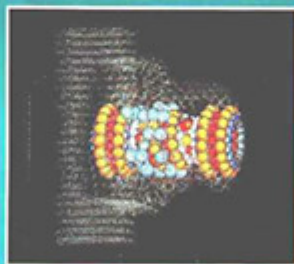
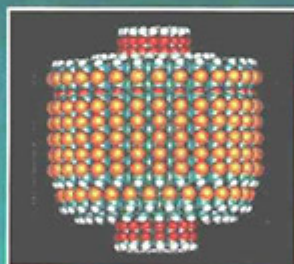
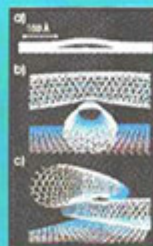
externa podrían ser capaces de continuar operando en reemplazo aún cuando el tejido dejara de funcionar.

Clonación y teleportación

Inevitablemente, podría deducirse que la clonación de sistemas biológicos, sintéticos o híbridos puede realizarse bajo el potencial que ofrece la nanotecnología. A diferencia de los métodos actuales, que parten del principio de replicación celular y del ADN, esta opción contempla la clonación de seres en cualquier etapa de madurez celular (con su respectiva memoria, sus sueños, etc.). Igualmente,

Nanotubos

Los nanotubos de carbono, que se construyen a partir de láminas hexagonales de átomos de carbono enrolladas, están siendo utilizados y probados en algunas aplicaciones actuales. Son el material ideal para microprocesadores por su diámetro (1/10,000 del de un pelo humano), su alta capacidad de manejo de corriente, su peso (1/6 la del acero) y su fortaleza (100 veces superior a la del acero). Se pueden emplear también en vez de lasers para procesos de fabricación de circuitos integrados o en cirugía para cortar o penetrar espacios reducidos (a nivel celular). La NASA está particularmente interesada en el desarrollo de nuevos materiales livianos y resistentes para su uso en misiones al espacio.



Engranaje molecular y bomba de átomos de neón

Tahir Cagin, Andrés Jaramillo-Botero (Universidad Javeriana-Cali), Gunhua Gao y William Goddard, 1996, de Caltech (E.U.) presentan conjuntamente y por primera vez simulaciones dinámicas de nanodispositivos emulados de sus contrapartes macroscópicas, propuestos por Eric Drexler y Ralph Merkle. Demuestran su funcionalidad y exponen sus defectos estructurales.

Amir Fijany (JPL-NASA), Andrés Jaramillo-Botero, Tahir Cagin y William Goddard III, presentan conjuntamente el primer algoritmo estrictamente paralelo para la simulación dinámica molecular de sistemas complejos y de número elevado de átomos (>1 millón) y demuestran su efectividad.

El grupo dirigido por el Profesor Goddard fue receptor del premio Richard Feynman en teoría de Nanotecnología en el año 1999.



Nanomanipulador a partir de ADN

Chengde Mao, Weiqiong Sun, Zhiyong Shen & Nadrian C. Seeman, de NYU (E.U.) presentan en la edición de Enero 14 de 1999 de Nature un dispositivo nanomanipulador basado en ADN. Nature 397: 144-146.

Seeman recibió el premio Richard Feynman en 1995 por su trabajo experimental de base para el desarrollo del manipulador.



teniendo el control directo de la materia humana podríamos estudiarla a nivel de estructura molecular, desmembrarla atómicamente (en estado de inconciencia), teleportarla (se ha comprobado la posibilidad de la teleportación cuántica de fotones⁹) y reconstruir al mismo ser en un sitio diferente (y remoto). La velocidad de transmisión del mapa molecular estaría limitada por la velocidad de la luz y la idea de que el ser reconstruido fuese el "mismo" podría discutirse a partir de la dinámica de cambio propia de cada uno (a menos que lográsemos levantar un mapa molecular completo de manera instantánea, esto sería impracticable.) La teleportación sería un excelente medio de transporte, tanto de materiales, como de sistemas biológicos (humanos, animales, etc.). Podríamos llegar más allá de nuestra galaxia, años luz de distancia, solo acoplando las posibilidades otorgadas por la prolongación de la vida y el transporte a velocidades cercanas a la de la luz (algunos estiman que este límite podría rebasarse y los viajes en el tiempo hacerse una realidad).

Otras aplicaciones en salud

Existen aplicaciones sencillas al servicio de la salud que ya se vislumbran en el panorama de desarrollo de la Nanotecnología. Un claro ejemplo, es la creación de drogas como Doxorubicina para el Cáncer a partir de nanopartículas que logran mayor penetración de tejidos a través de los ductos sanguíneos de menor diámetro.

Más allá de las aplicaciones que se benefician simplemente del factor tamaño, sin requerimientos directos por control preciso de la materia, podemos citar importantes aportes de la nanotecnología: por ejemplo, en la habilidad para reali-

zar cirugías no intrusivas (que no dejen cicatrices); para obtener fotografías instantáneas de la actividad biológica corporal; para manipular el genoma humano (cuando éste sea completamente derivado); para producir humanos sin enfermedades congénitas (cáncer, alopecia, etc.), o humanos con características físicas y mentales superiores, etc.. Se cree que el proceso de envejecimiento está codificado en nuestro ADN, quizás por la incapacidad de los ribosomas para sintetizar proteínas en secuencias de aminoácidos correctas o por la incapacidad del ADN para producir duplas de codificación (AT, GC, etc.) consistentes con la estructura propia del individuo. Siendo el ADN la estructura determinante, que controla incluso las reacciones del sistema inmunológico, codificaciones erradas permitirían la invasión de moléculas extrañas que podrían degradar nuestra existencia (vejez y enfermedades). Podríamos entonces, crear nanodispositivos equivalentes en función a enzimas correctoras de ADN que garanticen la codificación de duplas correctas. El resultado (junto con la reparación molecular), simple y llanamente: ¡seres inmortales!

En la industria

Teniendo la capacidad de manipular la materia a escala atómica, sería perfectamente viable tener centros de producción sellados. Por ejemplo, la producción de automóviles se lograría completamente a partir de dos materias primas fundamentales: hierro mineral y petróleo crudo. De estos dos componentes se extraerían los átomos necesarios para conformar las moléculas de los diferentes materiales requeridos para la construcción de un automóvil. Esta tarea de construcción molecular es-

taría a cargo de un batallón de nanoconstructores.

Contrario a la tecnología actual donde la materia prima se recorta y moldea empleando procesos *top-down* (de arriba hacia abajo) la nanotecnología brindaría un cambio paradigmático en todos los procesos de fabricación, concediéndonos la posibilidad de procesos *bottom-up* (de abajo hacia arriba), a partir de los cuales las partes diseñadas se fabricarían formándolas por medio de elementos primitivos de materia (átomos). Esto tendría un valor agregado enorme, por dos motivos principalmente: no se producirían desechos físicos y un aumento en la calidad y precisión de las partes. Producción totalmente limpia (y totalmente reciclable) y de altísima calidad. Otras áreas que se verían dramáticamente afectadas por la nanotecnología serían: la industria militar, la ecología, el transporte, las comunicaciones y un sinnúmero de otras áreas que comprometen los fundamentos de la existencia humana.

Bienestar (ó malestar)

La nanotecnología nos permitiría convertir el desecho orgánico en alimento ilimitado o convertir el agua salada en agua pura. Las hambrunas serían un hecho del pasado a partir de la transformación y el reciclaje de la materia orgánica; las hojas de papel serían superficies de nanodispositivos que nos permitirían visualizar libros enteros en una sola página dinámica (incluso animada). Crear lápices labiales que no se adhieran a estructuras moleculares diferentes a la piel, crear prendas con patrones intercambiables a la presión de un botón (cambio de la estructura molecular superficial del tejido que permita cambios de sus características de reflexión de luz),

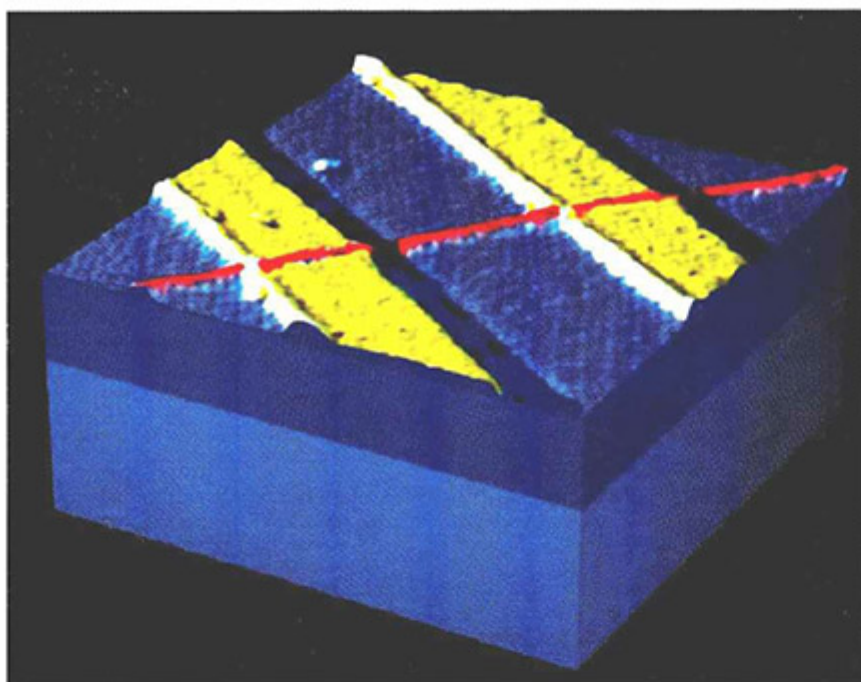


Figura 8. Ilustración nanotransistor. (Delft Institute of Technology, Netherlands).

evitar el uso de la fresa en la odontología, e inclusive fabricar celdas de energía ilimitada. En fin, sería un conjunto de posibilidades restringido solo por la imaginación.

Sin embargo, no todo sería color de rosa y como lo describe el físico ruso Amory Lovins, junto con la ciencia nuclear y la ingeniería genética, la nanotecnología sería apropiada "solo para los incorruptibles". La mente de algunos podría elevar esta tecnología a estadios de aplicación no deseados. Si lo piensan con detenimiento, cada una de las propuestas condensadas aquí tiene su contraparte negativa.

Los nanodispositivos podrían emplearse como armas de guerra, para desmembrar cuerpos enteros desde su nivel molecular (los respiraríamos sin darnos cuenta por su invisible tamaño); la clonación podría llevarnos a la creación de una nueva especie híbrida, biológica y

sintética, que nos desplazaría como raza dominante, o podría crear seres animales con características humanas para convertirlos en esclavos; las industrias nanotecnificadas desplazarían enormes cantidades de mano de obra no calificada, si la conciencia y educación tecnológica de sus dueños no aprovecha el recurso humano de manera óptima y lo estimula a capacitarse en tareas donde no exista competencia por parte de las máquinas.

Nanocomputación

En los años sesenta, Gordon Moore (uno de los fundadores de Intel) observó que el tamaño de los dispositivos en un microchip se reduce por un factor de 2, cada 18 meses aproximadamente. Esta observación se conoce como la "ley de Moore" y sigue vigente hoy. De acuerdo con esta ley, se deberán

encontrar nuevas tecnologías computacionales debido a que el transistor (elemento primitivo regulador de corriente del cual están compuestos los computadores modernos) llegará a su límite de tamaño y en este momento los efectos cuánticos* comenzarán a afectar los microchips. Esto impedirá el avance de las computadoras (a pesar de la creatividad en el diseño de las arquitecturas computacionales). Por extrapolación y empleando esta ley, esto sucedería alrededor del año 2015. Por fortuna, la nanotecnología ofrece algunas alternativas de solución a este problema en la forma de nanocomputadores: mecánicos (basados en las máquinas de Babbage⁶ del siglo XIX), químicos,¹ cuánticos o electrónicos.⁹ Es evidente que entre menor sea el tamaño, mayor será la capacidad de integración (más funciones por unidad de área), mayor velocidad como consecuencia de la reducción en distancia entre unidades funcionales y menor consumo de energía por unidad funcional. Por ejemplo, en el espacio ocupado por un procesador Pentium hoy caben alrededor de 5,5 millones de transistores; en el 2015 podrían caber trillones de transistores en este mismo espacio.

Los conmutadores básicos serían equivalentes en función al transistor de hoy (con aproximadamente 30.000 electrones) pero, menores por órdenes de magnitud en tamaño o quizás de un electrón (la Universidad de Minnesota ha desarrollado ya un transistor de memoria MOS de un solo electrón que funciona a temperatura ambiente), o puntos cuánticos (pequeñas cajas de metal o semiconductoras que contienen un número discreto de electrones definido por su entor-

* La física cuántica surgió de la inhabilidad de la física clásica para predecir correctamente el comportamiento de fotones y otras partículas elementales.

no electrostático). La ventaja de los puntos cuánticos es que pueden cambiar de estado lógico a partir de la polarización, sin un medio físico o alambre conector. Esto resolvería uno de los problemas críticos de los nanocomputadores, su interconexión con el exterior.

Quizás la ventaja principal de los computadores cuánticos surge de la manera en que encodifican un bit como unidad fundamental de información. De la manera clásica, un bit se especifica con un número 0 ó 1. Un bit cuántico, denominado usualmente un *qubit*, puede ser representado por un átomo en uno de dos estados diferentes

(que también podrían denotarse como 0 ó 1). A diferencia de los bits clásicos un *qubit* puede existir simultáneamente como 0 y 1, con la probabilidad de cada estado dada por un coeficiente numérico. Otra característica importante y potente en la computadora cuántica será el hecho de que podrá estar en múltiples estados en un momento dado –un fenómeno denominado superposición– y podrá actuar sobre todos sus posibles estados a la vez.

Como consecuencia de las características anteriores, los paradigmas de programación que conocemos en la actualidad deberán ser cambiados radicalmente. Por ejemplo, factorizar un número de 400 dígitos (por ejemplo la solución requerida para decodificar una clave de seguridad) le tomaría billones de años a la supercomputadora más rápida en existencia (en mi opinión la Tera MTA que logra rendimientos del orden de los TeraFLOPs), mientras que una computadora cuántica podría encontrar la solución en aproximadamente un año.⁹

Observaciones finales

La nanofabricación en semiconductores en 2D está presente hoy. Cuánto tarde en desarrollarse la manufactura molecular 3D, de precisión atómica, dependerá de lo que hagamos y cuan rápido evolucione la tecnología. Sin embargo, el consenso formal apunta a un plazo

SE ACCEDERÍA FÁCILMENTE
A LOS RECURSOS Y BIENES
NECESARIOS, AÚN PARA
EL HOY LLAMADO
ECONÓMICAMENTE POBRE.

entre 15 y 20 años. Cuando esto suceda experimentaremos cambios explosivos. Una visión del futuro en la que se accedería fácilmente a los recursos y bienes necesarios, aún para el hoy llamado económicamente pobre, mediante la reconversión de materia a través de compiladores que ensamblarían cualquier material o alimento deseado. Estructuras masivas se podrán construir a partir de moléculas primitivas; los combustibles se fabricarán en casa y la resistencia del diamante fabricado brillaría por doquier. Las nanomáquinas permearán el aire y algunas de ellas aumentarán la capacidad inmune de los ciudadanos y sus hogares. Serán un modo de vida. Mientras visiones como estas pueden, ó no, convertirse en realidad (no quisiéramos que lo fueran en su totalidad) es esta clase de sueños los que están impulsando la investigación de hoy. En los años venideros, algunos de estos sueños podrán hacerse realidad, ¿está usted preparado?

Referencias

1. Joy, B.: «Why the future doesn't need us», *Wired Magazine*, February 2000.
2. Goddard, W.: «Nanoscale Theory and Simulation: A critical driver for and a critical challenge to commercial nanotechnology», www.itri.loyola.edu/nano/us_r_n_d/09_07.html
3. Von Neumann, J.: «Theory of Self Reproducing Automata», Edited by Arthur W. Burks, University of Illinois Press, 1966.
4. Drexler, K.E.: *Nanosystems: molecular machinery, manufacturing, and computation*, Wiley and Sons, 1992.
5. Montcastle, V.B.: *Medical Physiology*, Ed. 14., Mosby, 1980.
6. Merkle, R.: «Nanotechnology in Medicine», 2da Conferencia Anual en Medicina Anti-envejecimiento y Tecnologías Biomédicas para el año 2010, Diciembre 4-6, 1994, Las Vegas, Nevada, E.U.
7. Ettinger, R.C.: «The Prospect of Immortality», Sidgwick and Jackson, 1980.
8. Cagin, T.A.; Jaramillo-Botero, G. Gao, and W.A. Goddard III. 1997. *Molecular mechanics and molecular dynamics analysis of Drexler-Merkle gears and neon pump. Paper presented at the Fifth Foresight Institute Conference on Nanotechnology*, Palo Alto, Nov. 7. Published in *Nanotechnology*.
9. Moravec, H.: *Robotics Institute*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213-3890, Diciembre, 1997.
10. Gershenfeld, N. y Chuang, I.L.: «Quantum Computing with Molecules», *Scientific American*, Junio de 1998.
11. Hall, A.: «Beam me Up», *Scientific American*, Edición diciembre 22 de 1997.
12. Fijany, A.; Jaramillo-Botero T.; Cagin and Goddard W.A.III: *A Fast Algorithm for Massively Parallel, Long Term Simulations of Complex Molecular Dynamics Systems*, pp 505-515, in *Parallel Computing: Fundamentals, Applications and New Directions*, Editors. E. H. D'Hollander, G. R. Joubert, F. J. Peters and U. Trottenberg. 1998.

revista Innovación y Ciencia

Publicación trimestral
que informa sobre
los últimos avances
en Ciencia y Tecnología
realizados en

Colombia
y el
mundo

 ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
acac@acac.org.co

revista
Innovación
y Ciencia

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

___/___/___

Suscripción anual \$21000 oo - Precio por ejemplar \$5500 oo, número regular \$8500 oo, edición especial - Asociado ACAC, gratuito

SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO, 4 EJEMPLARES,
A PARTIR DEL NÚMERO: L ___

NOMBRE

| |

CC O NIT

DIRECCIÓN

TELÉFONO

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

FAX

PROFESIÓN

ESPECIALIDAD

FORMA DE PAGO

EFECTIVO TARJETA DE CRÉDITO DINERS #

Credibanco y Credencial se cobran directamente en nuestra oficina

VENCER ___ CUOTAS ___

NÚMERO DE SEGURIDAD

CHEQUE

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» en:
Banco de Occidente, cta.# 26880746-8 - Banco Agrario, cta.# 0230-002030-5 - Banco Popular, cta.# 160-203196

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax:

Carrera 50 #27-70 Edificio Camilo Torres,
Bloque C, Módulo 3, Bogotá, DC, Colombia
TEL: (571) 315 5009

2216950

»cupón de suscripción



ELECTRICIDAD

La CALIDAD
de la
ENERGÍA

Introducción

El nuevo esquema y la nueva regulación del mercado de la energía eléctrica en la gran mayoría de los países del mundo, implica un replanteamiento de la filosofía de prestación del servicio. La introducción de un ambiente de competencia significa que la relación proveedor-usuario es mucho más exigente para las empresas prestadoras del servicio, obligándolas a incentivar en su ámbito institucional una nueva cultura de servicio.

Por otro lado, la competencia por los mercados de la energía eléctrica está haciendo cambiar las expectativas de los usuarios finales respecto a su proveedor. Además de la comodidad en precios más bajos, los usuarios comienzan a demandar un rango de servicios a la medida de sus necesidades particulares, incluyendo mejoras en la calidad de la energía eléctrica. De hecho, la calidad de la energía eléctrica puede ser una de las pocas formas en que el proveedor de energía eléctrica puede diferenciar un kilovatio-hora de otro, y el usuario exigente considere el cambio a un proveedor que le garantice menos cortes de servicio y señales de potencia menos contaminadas.

Hay muchas causas naturales o errores humanos que pueden producir deficiencias en la calidad: unas son las interferencias electromagnéticas debidas a rayos o a las mismas características no lineales de los modernos equipos basados en microelectrónica y las otras son las interrupciones del servicio, o mejor conocidos en el lenguaje popular como apagones que pueden ser debidos a sobrecarga en las redes de distribución, animales, caídas de árboles o actos terroristas. Los efectos son variados: desde pérdidas de alimentos congelados en un pequeño caserío o en una industria

ELECTRICA

Reto tecnológico

Horacio Torres-Sánchez

Profesor Titular,
Universidad Nacional de Colombia.
Director, Programa de investigación PAAS-UN.
Bogotá, Colombia.
e-mail: htorres@paas.unal.edu.co

pesquera, pérdidas millonarias en un proceso de manufactura, o degradación, mal funcionamiento o falla de dispositivos, equipos o sistemas basados en microelectrónica como computadores, teléfonos, fax, televisores, equipos de comunicación o equipos de control.

A pesar del vertiginoso avance de la ingeniería eléctrica y electrónica en las últimas décadas, la ciencia y la tecnología modernas no han logrado diseñar y construir equipos y dispositivos electrónicos que sean compatibles electromagnéticamente, es decir, que tengan la capacidad de operar satisfactoriamente dentro de un ambiente electromagnético. Operar satisfactoriamente significa no interferir en otros equipos o dispositivos eléctricos o electrónicos y, en caso de ser interferido, no se degraden o fallen.

Costos asociados a la calidad

Estimar los costos asociados a la calidad de la energía eléctrica es un trabajo aún por hacer sobretodo en Colombia; sin embargo, ya existen algunos datos significativos:

- Por ejemplo en Colombia la falla de transformadores de distribución, principalmente en zonas rurales de alta actividad de rayos, ha sido un problema constante para las empresas de energía durante las últimas décadas. Centros de investigación y firmas de consultoría han realizado trabajos de diagnóstico particular y soluciones puntuales. Sin embargo, a la fecha, el problema de falla de transformadores de distribución persiste, con costos que superan los 6 millones de dólares anuales, con consecuencias directas en baja calidad de la energía eléctrica.¹

- Se calcula que el costo de los apagones que actualmente sufre Estados Unidos llega a los 120 mil

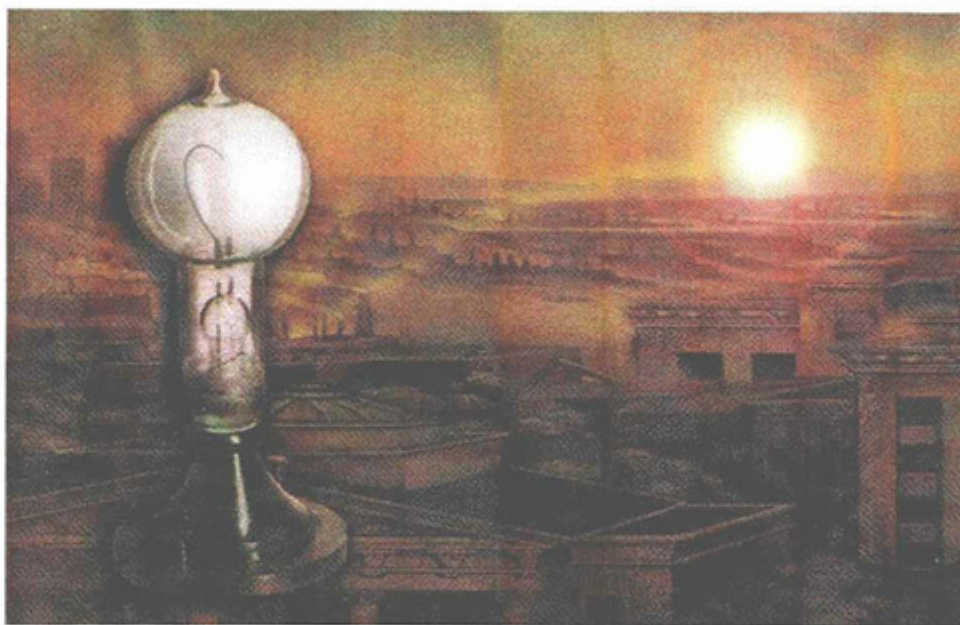
millones de dólares; el plan energético del presidente George W. Bush busca ahorrar energía mediante el uso adecuado de la tecnología, además de presentar recomendaciones para modernizar el sistema eléctrico de los Estados Unidos.¹

- Los problemas de calidad de la energía eléctrica representan altos costos para los negocios en pérdidas de productividad, daño en equipos, productos y procesos. Las interrupciones del servicio de energía eléctrica o apagones representan pérdidas anuales superiores a los 25

microelectrónica, aparatos de comunicaciones), un simple apagón puede fácilmente causar pérdidas de 1 millón de dólares o más.

La calidad de la energía eléctrica en el mundo

El tema de la calidad de la energía eléctrica no es nuevo en el mundo de la tecnología; pues desde finales del siglo XVIII cuando Edison monta el primer sistema de alumbrado público en los Estados Unidos, la ingeniería se ha preocupado por la



billones de dólares a los negocios norteamericanos. Debido a la magnitud de estas pérdidas, no es sorpresa que el mercado anual de ventas de equipos para solucionar problemas de calidad de energía eléctrica supere los 2 billones de dólares y se espera un incremento dramático en los próximos años.

- Adicionalmente, las instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales experimentan cientos de anomalías en la tensión, incluyendo bajas, subidas, picos y salidas de servicio. En la industria de alta tecnología (computadores, dispositivos de

continuidad del servicio, debido a los efectos económicos tanto para el proveedor como para el usuario. Lo que se ha venido diferenciando desde hace más de una década es la confiabilidad o continuidad del servicio, de la calidad de las señales de tensión y corriente, conocida esta última como calidad de la potencia eléctrica (CPE).

Grandes hechos experimentales e interpretaciones teóricas de científicos como Faraday, Oersted, Ampere, Gauss y Maxwell, entre muchos otros, dieron los fundamentos para el entendimiento de la cien-

cia de la electricidad, pero fue hasta 1882 cuando el mundo conoce el primer desarrollo tecnológico que revolucionaría la vida en el planeta: la primera planta de generación eléctrica de corriente continua, para servicio de alumbrado público de la ciudad de Londres, desarrollada por el estadounidense Thomas Alva Edison. A partir de allí nace la tecnología eléctrica y el primer enfrentamiento técnico-económico entre Edison, partidario de la corriente continua y el industrial norteamericano George Westinghouse, por un

EL TEMA
DE LA CALIDAD
DE LA ENERGÍA
ELÉCTRICA
NO ES NUEVO
EN EL MUNDO
DE LA TECNOLOGÍA.

lado, y el ingeniero croata-americano Nikola Tesla, por el otro, partidario de la corriente alterna. La "Batalla de las corrientes", como se conoció este enfrentamiento en aquella época, fue ganada por Westinghouse quien probó con la primera central hidroeléctrica en Colorado, USA, las grandes ventajas de la corriente alterna y la transmisión en alta tensión.

Durante la primera mitad del siglo XX, las preocupaciones en cuanto a la transmisión de la energía eléctrica, eran cuidar que las tormentas eléctricas no alteraran la prestación del servicio y existían en las

empresas norteamericanas los "centinelas de tormentas" cuya función exclusiva era avisar a sus usuarios sobre la posibilidad de presencia de rayos para que procedieran a desconectar sus aparatos eléctricos. En esos tiempos los procesos industriales, salvo contados casos, no eran continuos y podían subsistir sin servicio de energía eléctrica. La otra preocupación básica era la continuidad del servicio pues las interrupciones llegaron a causar grandes pérdidas económicas; pero por lo general la calidad de la energía eléctrica suministrada era buena para los sistemas eléctricos radiales utilizados en la época.

El concepto de confiabilidad

La edad de oro de las empresas de energía eléctrica de los Estados Unidos fue el período comprendido entre 1945 y 1965. Durante este período el crecimiento de la demanda fue exponencial y estuvo acompañado por la continua reducción de costos. Nuevas y más grandes plantas fueron instaladas a un menor costo por kilovatio. Se lograron mejoras en la eficiencia mediante más altas temperaturas y presiones para los ciclos de vapor, lo cual representó una disminución del combustible requerido para producir un kilovatio hora de energía eléctrica. Nuevas plantas de generación fueron localizadas en boca de mina y desde allí la energía era transmitida a los centros de carga.

La primera gran dificultad de esta «edad de oro» fue el famoso apagón de la ciudad de Nueva York y la mayoría del sistema Noreste, en 1965, el cual fue causado por eventos que se dieron a cientos de kilómetros de distancia. El gobierno de los Estados Unidos era consciente de los costos socio-económicos y del impacto que el apagón causó

sobre la gente y sobre la productividad de los estados.

¿Cómo podían los ingenieros diseñar tales sistemas de potencia tan poco confiables que podían colapsar en varios estados? Los ingenieros también eran conscientes de ello, así como de la causa del colapso y de cómo minimizar la probabilidad de futuros colapsos. Otro aspecto fue la cantidad de tiempo, varias horas, que se necesitó para restaurar todo el servicio después del colapso. Un sistema eléctrico que dependía de su propia potencia eléctrica para restaurarse era, obviamente, un sistema imperfecto.

La reacción del gobierno de los Estados Unidos fue inmediata; por orden del Presidente Johnson se conformó la "Comisión Federal de Potencia" para investigar y prevenir futuros apagones. Como resultado el equipo de la Comisión escribió un excelente informe llamado "Prevención de fallas de potencia"² el cual es un clásico hoy en día.

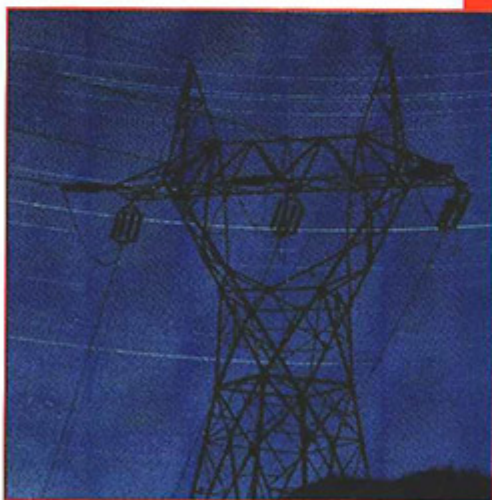
Aparentemente la causa del apagón de Nueva York fue que el sistema de potencia eléctrico era una "máquina única" (*single machine*) que se extendía sobre una gran área geográfica y que la coordinación de su diseño y operación era defectuosa. La compañía A no tenía control sobre las acciones o defectos de las compañías B, C, y D que afectaban su confiabilidad. Por tanto, era necesario establecer una organización que diera algún control sobre la forma como operaban y planeaban sus sistemas las compañías individualmente, debido a que ello podría afectar la confiabilidad de otros sistemas. Esto sugería un número de "Consejos de confiabilidad" regionales bajo el paraguas de una organización nacional que se llamó el "Consejo Norteamericano de Confiabilidad Eléctrica" (*NERC* por sus siglas en inglés). El objetivo de

estas organizaciones era ofrecer mecanismos voluntarios para monitorear las compañías eléctricas de todo tipo y asegurar criterios razonables de planeación y operación.

Se desarrolla así a partir de esta época y a escala mundial, una serie de estudios, investigaciones y desarrollos tecnológicos alrededor del concepto de confiabilidad en sistemas de potencia, que aún hoy en día sigue siendo sinónimo de calidad del servicio de energía eléctrica.

Calidad de la potencia eléctrica y la confiabilidad

Hacia la década de 1970, con el incremento en la utilización de equipos basados en microelectrónica, los cuales son cada vez más susceptibles y menos inmunes al entorno electromagnético, se incrementó el interés por las señales de tensión y



corriente eléctrica; esto ha venido acompañado con el desarrollo de equipos de protección y una terminología especial para describir los fenómenos.

En las tres últimas décadas del siglo XX la academia, los fabricantes de dispositivos y equipos electrónicos y eléctricos, los usuarios y en

general, los comercializadores, generadores y distribuidores de energía eléctrica se preocuparon no sólo por el tema de la confiabilidad, sino por la calidad de las señales de tensión y corriente. Se da así inicio a una acción agresiva para obtener una alta calidad de la potencia eléctrica y evitar traumas en los procesos continuos de fabricación y operación de instalaciones comerciales y equipos residenciales. Se acuña así en la

un espectro mucho más amplio que tiene que ver con grandes desarrollos científicos y tecnológicos en los campos de la interferencia y la compatibilidad electromagnética.

Energía y calidad de la electricidad en Colombia

En Colombia, a finales del siglo XIX se hizo técnicamente posible ofrecer energía eléctrica a la población en general y por iniciativa de empresarios privados. Se trató de una actividad impulsada desde la oferta, no de la demanda, y con mínima intervención estatal que estuvo a cargo de las autoridades municipales y no del gobierno nacional, en parte porque se inició con alcance local (el alumbrado público fue usualmente el primer cliente) y, sobre todo, porque la prestación exigió la instalación de redes y preocupó a los alcaldes por la ocupación del espacio público.³

En el caso colombiano las primeras regulaciones surgieron como respuesta a los crecientes conflictos por el uso de aguas entre los agricultores y las empresas generadoras de electricidad,⁴ llevando al nivel nacional la discusión del tema,⁵ de donde se pasó a la fijación tarifaria con criterios que ahogaron la iniciativa particular, y luego a la deliberada acción directa de oficializar las empresas como parte del gobierno nacional.

Dentro de la corriente intervencionista que se impuso desde la década del treinta, poco a poco el gobierno nacional comenzó a imponer reglas tarifarias y, desde los años cuarenta, a comprar empresas. En cierta manera, se decidió impulsar la demanda oficialmente, pero sobre la base de otorgar subsidios indiscriminadamente a la oferta y,

**LA RELACIÓN
PROVEEDOR-USUARIO
ES MUCHO MÁS EXIGENTE
PARA LAS EMPRESAS
PRESTADORAS
DEL SERVICIO.**

bibliografía técnica norteamericana el término «*Power Quality*».

El término inglés *Power Quality* ha sido aplicado en la cultura técnica a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos en los sistemas de potencia. Su traducción al idioma español: Calidad de la Potencia Eléctrica (CPE), hace referencia a la calidad del producto de las señales de tensión y corriente. El concepto de *Power Quality* o CPE, ha evolucionado en la última década a escala mundial. De hecho, se ha incrementado la importancia de un suministro de energía eléctrica basado en criterios que van más allá de la simple confiabilidad del servicio, pasando a

para ello, se acudió al mecanismo de hacerse a la propiedad de las empresas y fijar tarifas sin criterios de costos, todo lo cual condujo a la ausencia de claridad sobre los montos de recursos presupuestales asignados.

Antes de 1992 las empresas públicas suministraban energía eléctrica. Hoy se estimula el mercado de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y para que subsista el modelo, el estado colombiano creó tres entes: uno de regulación, otro de planeación y un tercero de control: La Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, La Unidad de Planeación Minero Energética - UPME y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD.

Hoy en día en Colombia el nivel de la calidad de la energía eléctrica está legalmente vinculado al nivel tarifario que efectivamente paguen los usuarios según la Ley 142 y sus niveles los fija la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, que ha expedido reglas para la distribución, al imponer valores máximos admisibles sobre interrupciones cuyo incumplimiento se traduce en compensaciones a los usuarios, que incluyen el valor de lo que habría pagado e indemnizaciones por perjuicios demostrablemente originados en la falla del servicio.

El éxito de una regulación del mercado de la energía eléctrica depende del beneficio económico de todos los actores y del Sistema de Control que garantice el cierre del ciclo de calidad a través de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, en asocio con centros de investigación y desarrollo tecnológico.

El conocimiento de las exigencias inherentes al ambiente electromagnético presente en el medio colombiano (como son las descargas atmosféricas, los armónicos y

fluctuaciones de tensión, etc.) es fundamental para definir índices apropiados, pautas de planeamiento, diseño y operación de los sistemas. Esfuerzos integrales de investigación en este sentido son de profundo interés, teniendo en cuenta, entre otros factores, que la calidad de la energía eléctrica constituye un tópico relevante dentro de las actuales políticas institucionales que se impulsan desde los diferentes frentes.

El desarrollo y puesta en práctica de una filosofía de calidad de la energía eléctrica en el sistema colombiano, pueden enmarcarse dentro de la interacción entre el estado, la academia y el sector productivo. De hecho, la responsabilidad de la calidad es compartida entre el operador de red, sus clientes y los fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos y, por consiguiente, debe concebirse un enfoque de solución conjunta y concertada. Como estrategia, dicha interacción debe conducir a implantar un enfoque proactivo de calidad de la energía mediante programas de diagnóstico, seguimiento, y concepción de soluciones en el área mediante la investigación, el establecimiento de sistemas de información y la definición de indicadores de referencia.

Para el logro de una buena calidad de la energía eléctrica en Colombia es necesario contar con el apoyo de la investigación básica y la aplicada. La investigación provee soporte a las empresas de energía eléctrica para que puedan solucionar sus problemas y brindar las directrices y asesoría necesarias a clientes con potencial de contribuir o verse afectados por ellos. Es necesario definir instrumentos para el desarrollo científico y tecnológico que permitan avanzar en el abastecimiento satisfactorio, eficiente, oportuno y confiable de la energía eléctrica.

Estos elementos de investigación y desarrollo tecnológico incluyen aspectos que van desde conceptos fundamentales, cuantificación técnico-económica de efectos de perturbaciones, metodologías e instrumentos para evaluación y seguimiento de la calidad de la energía, desarrollo y aplicación de modelos de los elementos, concepción de equipos para solución de problemas, hasta la capacitación de personal especializado. □

Referencias

- 1- Declaraciones del doctor Robert Dixon, secretario adjunto de la Oficina de Tecnología del Departamento de Energía de Estados Unidos, ante la Comisión senatorial de Agricultura, Recursos Ambientales y Energía, Agosto de 2001, Associated Press.
- 2- Federal Power Commission, "Prevention of Power Failures", Volume I - Report of the Commission, Washington, D.C., July 1967.
- 3- Trillo-Figueroa, Jesús y De Borja, Escribano "La Regulación del sector eléctrico", Madrid, 1996.
- 4- Jaramillo Samuel, «Ciento Veinte años de Servicios Públicos en Colombia», CINEP, Bogotá, 1995
- 5- Leyes Colombianas 113/28, 109/36 y 126/38.

Bibliografía

1. Torres, H.: "Contribución a la solución de un problema de calidad de la energía eléctrica" Revista Mundo Eléctrico, Vol. 15, No. 44, pp. 24-28 Julio-Septiembre 2001, Bogotá.
2. Torres, H., Flechas, J., Acero, G., Quintana, C., Saucedo, J.: "Calidad de la Energía Eléctrica CEL", Editorial Aciem, Bogotá, 2001.
3. Trillo-Figueroa, J. y De Borja, E.: "La Regulación del sector eléctrico", Madrid, 1996.
4. Jaramillo S.: «Ciento Veinte años de Servicios Públicos en Colombia», CINEP, Bogotá, 1995.
5. Sabin, D., et., al.: "Indices for Assessing Harmonic Distortion from Power Quality Measurements: Definitions and Benchmark data" IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 14, No. 2, April 1999.
6. Leyes colombianas 113/28, 109/36 y 126/38.
7. Resoluciones CREG 070 de 1998 y 096-2000
8. Dugan, R.C. y otros: Electrical Power Systems Quality. Ed. McGraw-Hill, 1996.

Psicología de la

Rubén Ardila, PhD

Psicólogo Investigador,
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.
e-mail: psycholo@latino.net.co

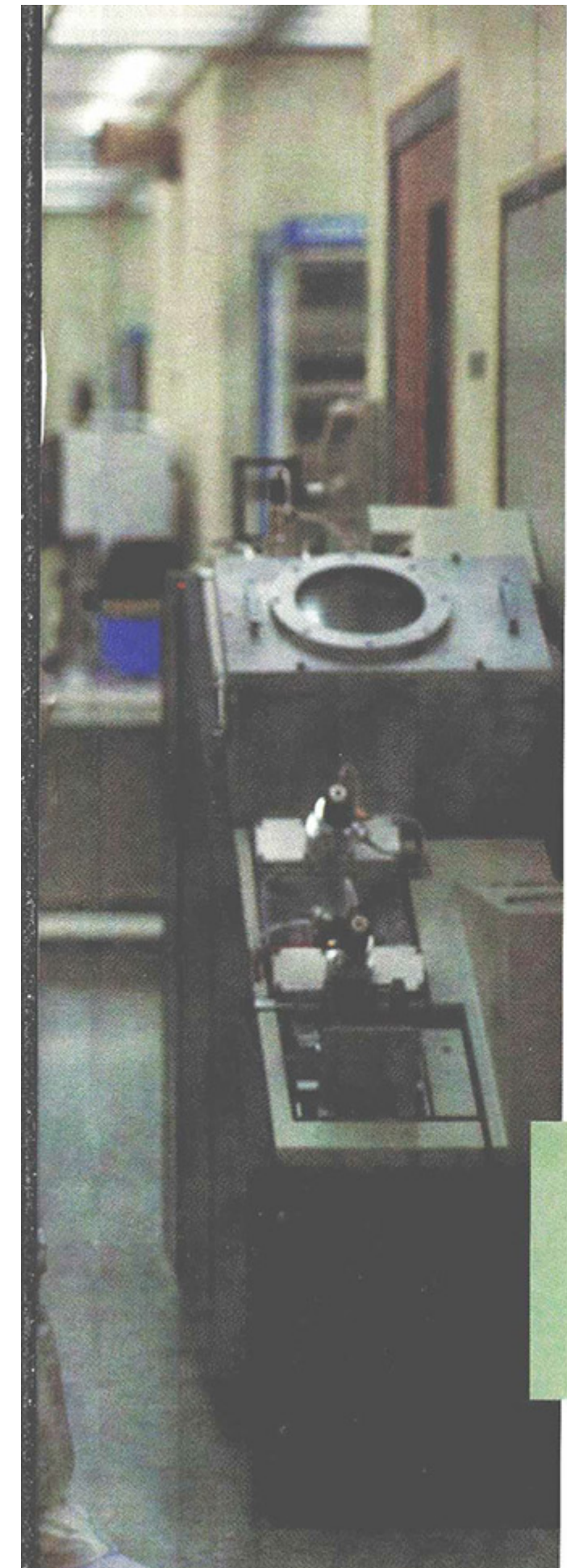
El estudio de los procesos psicológicos que inciden en la producción científica y el comportamiento de la persona que hace ciencia, ha sido un campo de interés de varias décadas. Ha dado origen a investigaciones, teorías y a muchas controversias. Ha tenido relevancia en la creación de la disciplina conocida como Estudios Sociales de la Ciencia, y también en la Sociología de la Ciencia.

Ese campo del conocimiento ha venido a denominarse Psicología de la Ciencia, y en algunos casos se subdivide en Psicología Social de la Ciencia y Psicología Cognitiva de la Ciencia. Probablemente el primer investigador que utilizó el término "psicología de la ciencia" fue Stevens¹ en la década del treinta, pero su trabajo no dio origen a un campo específico del conocimiento, y fue una propuesta para crear una "ciencia de la ciencia". Roe, Cattell y Drevdahl tuvieron mucha más influencia directa en los orígenes de esta área.²⁻⁴ Maslow escribió un libro titulado *The Psychology of Science* en el cual insistió en que era preciso ampliar la concepción tradicional de la ciencia para incluir aspectos humanistas y concepciones psicológicas.⁵ Otros autores que trabajaron en esta área de investigación durante su etapa inicial fueron Singer, Mahoney y Fisch.⁶⁻⁸ Para Kuhn en su influyente obra *The Structure of Scientific Revolutions*, la contribución del psicólogo tenía importancia primordial en el desarrollo y explicación de los paradigmas y sus cambios.⁹

El trabajo de la psicología en el campo de la ciencia y de los científicos se centró inicialmente en el estudio de las características de personalidad de los científicos. La obra de Roe *The marking of a Scientist*² y la de Eiduson, *Scientists, Their Psychological World*¹⁰ fueron pilares de importancia



ciencia



fundamental en este enfoque de la psicología de los científicos. Se consideraba que los científicos poseían un rasgo de personalidad denominado "creatividad científica" que era algo que estaba facilitado por otros rasgos de personalidad. Se pensaba que los científicos eran cualitativa o cuantitativamente diferentes de las demás personas con características tales como inteligencia, persistencia, o sociabilidad; además se consideraban más creativos y distintos de los menos creativos en tales rasgos relevantes.

La meta era identificar esos rasgos, lo cual nos llevaría a aclarar la forma como procede la ciencia, y más tarde a seleccionar las personas (por ejemplo los estudiantes) que podrían beneficiarse al máximo de recibir formación y entrenamiento científico.

Nos referimos más adelante a este campo de trabajo de la psicología de los

**SU UNIDAD
DE ANÁLISIS
ES EL CIENTÍFICO
COMO INDIVIDUO
EN EL CONTEXTO
SOCIAL Y CULTURAL.**

científicos, uno de cuyos principales representantes es Simonton.¹¹⁻¹⁷

Quienes pensaron que estudiar la personalidad de los científicos sólo brinda-

ba una información limitada sobre la empresa científica, buscaron enfoques alternativos, con base en estudios cognitivos y en una epistemología naturista; su campo de trabajo se denominó *psicología cognitiva de la ciencia*. Estudiaron los procesos de la creatividad, la solución de problemas científicos, e incluso formularon modelos de computadores.¹⁸

La psicología social de la ciencia es otro enfoque que busca ir más allá de la cognición e investigar al científico como individuo en contexto. Este campo es más amplio que los anteriores, y está más cerca de los Estudios Sociales de la Ciencia.¹⁹

Hoy tenemos una psicología de la ciencia con varios campos de trabajo, entre los cuales se destacan los ya mencionados, que tratan sobre la personalidad del científico, los procesos cognitivos en la ciencia, y la psicología social del científico y de la empresa científica. Esta *psicología de la ciencia* tiene una serie de problemas específicos de estudio y es una disciplina que se nutre de muchos campos de trabajo dentro de la psicología y de disciplinas afines como la sociología de la ciencia, la epistemología, e incluso la historia, la ideología y la política. El objetivo de la psicología de la ciencia consiste en descubrir las contribuciones específicas de la disciplina psicológica a la mejor comprensión de la ciencia. Su unidad de análisis es el científico como individuo en el contexto social y cultural.

De hecho, las fuerzas que mueven la ciencia se encuentran tanto en el interior del individuo (motivaciones, cogniciones), como en el contexto social. El científico es un miembro de una comunidad cultural, que tiene reglas explícitas e implícitas acerca del conocimiento, acerca de las leyes científicas de la innovación, del contexto del descu-



brimiento y del contexto de la justificación, entre otros.

La psicología de la ciencia se nutre de las investigaciones, hallazgos y teorías de la psicología como disciplina. Además, utiliza las contribuciones de la sociología, de la filosofía y de la historia. En este campo el psicólogo, el sociólogo, el filósofo y el historiador tienen mucho que aportar, lo mismo que el economista y el político.

Características fundamentales

La psicología de la ciencia considera que los seres humanos –incluyendo los científicos– son parte del mundo natural. Igualmente que forman parte de comunidades culturales y morales, donde el científico como individuo ocupa un lugar central en la empresa que llamamos ciencia.

Otra característica de la psicología de la ciencia consiste en que los procesos psicológicos sirven como mediadores en las actividades asociadas con la ciencia: motivación, cognición, aprendizaje, percepción, procesos sociales, diferencias indi-

viduales, historia previa, todo esto sirve como mediador entre el científico y su obra. ¿Por qué investigar?, ¿qué metodología utilizar?, ¿qué tanto persistir en un trabajo?, ¿cómo evaluar los hallazgos científicos?, ¿cómo organizarlos en explicaciones?, ¿por qué es preferible una teoría científica a otra?, ¿cuándo abandonar una explicación científica por otra?, ¿qué tanta evidencia se requiere para explicar el fenómeno?, etc.,. Todos estos elementos –que son centrales en la empresa científica– están clara y directamente mediados por procesos psicológicos.

La psicología de la ciencia reconoce, por otra parte, que en el comportamiento del científico inciden tanto factores racionales como irracionales. Las creencias científicas no siempre se producen, se adoptan, se mantienen o se modifican por causas estrictamente racionales. La irracionalidad produce errores de ‘razonamiento’. Los factores que aumentan la probabilidad de tales errores –o que se vuelven más importantes que los factores racionales– tienen que ver con la presión por la conformidad, las

emociones, motivaciones irracionales y otros fenómenos similares. El científico se consideró tradicionalmente modelo de racionalidad, en oposición al artista y a otros miembros de la comunidad; hoy sabemos que en su conducta y en sus cogniciones inciden factores racionales e irracionales, en un complejo juego recíproco.

Parece una verdad obvia que los científicos son primero que todo seres humanos, hombres y mujeres que eligieron un camino determinado y una actividad relacionada con la búsqueda del conocimiento que llamamos ‘científico’, pero mantienen sus características personales, sus prejuicios, su aprendizaje previo, además de las expectativas sociales, las normas culturales y las creencias de su tiempo y su cultura. Lo que sabemos sobre la psicología de las personas no científicas, se aplica también al estudio de la psicología de los científicos. Estos últimos no pertenecen a un grupo tan ‘específico’ ni tan ‘diferente’ de las demás personas y de la manera como aprenden, trabajan, aman y odian los no científicos.

La ciencia es el producto de una interacción compleja de factores intraindividuales, interpersonales y culturales. La psicología de la ciencia tiene en cuenta dicha interacción, así como la motivación hacia el conocimiento, el refuerzo social –o el castigo social– por la actividad realizada, etc.,. La conducta de los científicos no es simple y en ella influyen numerosos parámetros individuales y de tipo social y cultural. No es lo mismo hacer ciencia en un contexto que valora dicho conocimiento, que brinda apoyo a los esfuerzos individuales por buscar nuevos hechos científicos y postular nuevas hipótesis y explicaciones, que hacerla en otro ambiente en el que predomine el poco esfuerzo, la bús-

queda de refuerzos inmediatos, la no consideración de metas a largo plazo y la no valoración de la ciencia.

¿Cómo se forman las creencias? Hoy sabemos que los mismos factores sirven para explicar las creencias "verdaderas" y las "falsas". La creencia en la teoría cuántica, o en la matemática de Gödel, o en la teoría unificada de la evolución, para los no especialistas se basa en creencias y en supuestos que no se pueden comprobar. Para eso están los especialistas y, en el fondo, el proceso de adopción de una teoría se basa ante todo en creencias y supuestos. La comunidad científica nos dice que estas creencias son "verdaderas", y como tenemos fe en dicha comunidad científica aceptamos lo que consideran verdadero. Por el contrario, la creencia en la reencarnación, en los OVNIS, en la telepatía, se considera "falsa" y la rechazamos. Como se ha señalado antes, el conocimiento científico no es la extrapolación del conocimiento existente sino el producto de numerosos procesos sociales, culturales e históricos. Es obvio que dichos conocimientos tienen fundamentación y base racional para que los creamos (por ejemplo la teoría cuántica), o para que los rechacemos (por ejemplo la telepatía).

La psicología de la ciencia como disciplina está muy cerca de los hechos, en este sentido es empírica y sujeta a confrontación. Los procesos intraindividuales, la motivación de los científicos, la influencia del contexto cultural, la ciencia como institución social, los parámetros económicos, políticos, históricos, ideológicos y filosóficos, se tienen en cuenta para lograr un cuadro coherente del científico en su contexto.

Esta disciplina tiene numerosas aplicaciones en la educación de los científicos, en la organización de la comunidad científica y en la explicación del mundo psicológico de los

mismos. La pregunta acerca de las razones para estudiar los procesos de descubrimiento científico la contestan Klahr y Simon. Herbert A. Simon es un psicólogo que recibió el Premio Nobel en 1978 por su trabajo sobre procesos cognoscitivos y solución de problemas: "Los descubrimientos científicos han aumentado nuestra capacidad para entender, predecir y controlar las fuerzas naturales que moldean nuestro mundo. Como en los mitos de Prometeo y de Pandora, los descubrimientos científicos han brindado también los fundamentos de una civilización técnica llena de oportunidades, problemas y peligros; y recurrimos a la ciencia para que nos ayude a resolver algunos de los problemas que en ella inadvertidamente se han creado. Los procesos que produjeron esos resultados son objeto de estudios irresistibles. Sin duda, las mismas fuerzas que motivan a los físicos, los químicos, los matemáticos y los biólogos a entender los importantes fenómenos en sus campos de trabajo, motivan a los historiadores, filósofos, sociólogos y psicólogos a investigar la ciencia en cuanto tal".²⁰

Veamos los procedimientos y estrategias que se utilizan para investigar los procesos que entran en juego en el descubrimiento científico.

Estrategias investigativas

La psicología de la ciencia utiliza varios enfoques, que incluyen

aspectos históricos, sociológicos, de psicología experimental, modelos computacionales y observación de descubrimientos en proceso. Podemos referirnos a enfoques internalistas, que examinan los procesos relacionados con el surgimiento de los problemas mismos y su solución; y enfoques externalistas que estudian la interacción de dichos procesos con el ambiente social más amplio. La psicología de la ciencia es más internalista, mientras que la sociología de la ciencia es más externalista. Una descripción de los principales procedimientos y estrategias investigativas en la psicología de la ciencia es la siguiente:

1. Enfoque sociológico. Busca explicar un descubrimiento científico como producto de

fuerzas políticas, antropológicas o sociales. Esas fuerzas se ligan con los procesos individuales por medio de factores psicosociales o motivacionales. El énfasis es externalista.

2. Enfoque histórico. Se centra en la descripción de los procesos motivacionales y cognitivos de las personas que hicieron importantes contribuciones al conocimiento científico. Las descripciones se basan en biografías, autobiografías, eventos vitales, diarios de

los científicos, correspondencia, entrevistas, etc. En algunos casos se complementan con entrevistas retrospectivas con grandes científicos que describen al investigador y la forma como llegaron en su momento al descubrimiento científico (Ver Wertheimer, 1945, para una análisis del desarrollo de la teoría especial de la relatividad de Einstein).²¹

...FORMAN PARTE
DE COMUNIDADES
CULTURALES
Y MORALES, DONDE
EL CIENTÍFICO
COMO INDIVIDUO
OCUPA UN LUGAR
CENTRAL EN LA
EMPRESA QUE
LLAMAMOS CIENCIA.

3. Estudios de laboratorio. Se investigan los procesos de solución de problemas en situaciones experimentales con el fin de aislar cada uno de los aspectos esenciales de la ciencia que ocurren en el "mundo real". Se ha estudiado simulaciones para replicar el descubrimiento de importantes leyes científicas, en astronomía, genética, química y otras disciplinas. Se han trabajado experimentalmente con niños pequeños, adultos jóvenes, personas de la comunidad y científicos practicantes. Estos procedimientos experimentales han permitido evaluar las formas como se descubren las leyes y principios de la ciencia. Un ejemplo de esto es el estudio de laboratorio llevado a cabo por Quin Simon (1990) en la cual se le presentó a estudiantes universitarios datos sobre distancias y períodos planetarios con el fin de ver si podían descubrir la tercera ley de Kepler.²²

4. Modelos computacionales. Consisten en llevar a cabo una simulación del proceso del descubrimiento científico. Desde el punto de vista matemático, dicho modelo es un conjunto de ecuaciones diferenciales que describen y predicen la ruta dinámica que sigue el sistema del descubrimiento, desde el momento en el cual se comienza a trabajar en un problema, hasta el momento en el cual el problema se resuelve o se abandona. Se asemeja a los sistemas de ecuaciones diferenciales que se utilizan para hacer modelos computacionales de las teorías en las ciencias naturales. Los modelos computacionales de formación de conceptos e inducción de reglas (básicos en el descubrimiento científico) se han trabajado hace algún tiempo; el objetivo de este descubrimiento es replicar los principales pasos que ocurren en los procesos cognitivos utilizados por Kepler, Dalton, Krebs y otros científicos al

llevar a cabo importantes descubrimientos científicos.²³

Dos modelos computacionales del descubrimiento científico, el KEKADA y el CDP, se han aplicado para el caso del descubrimiento de la síntesis de la urea llevado a cabo por Krebs. Ambos programas, utilizando únicamente los conocimientos de la bioquímica que se tenían en su momento, cincuenta años atrás, lograron descubrir el camino de la reacción encontrado por Krebs, siguiendo las mismas líneas de experimentación.

El KEKADA se utilizó también para asimilar algunos aspectos del descubrimiento hecho por Faraday en 1831, sobre la inducción de la electricidad por el magnetismo. El BACON, uno de los modelos más utilizados, se ha usado para simular descubrimientos de gran trascendencia en la historia de la ciencia, como la ley de Boyle, la tercera ley de Kepler, la ley de Ohm, la ley de Coulomb, la de Arquímedes, las le-

ESTAMOS COMENZANDO A TENER UNA IMAGEN COHERENTE E ÍNTEGRA DE LOS PROCESOS PSICOLÓGICOS QUE ENTRAN EN JUEGO EN LA CREACIÓN CIENTÍFICA.

yes del calor de Black, varias leyes de combinaciones químicas, la ley de la gravitación, la conservación del momento, la ley de refracción de Snell, entre otras. Ver Langley²⁴ para los detalles de estas exploraciones computacionales de los procesos de creación científica. BACON existe en media docena de variaciones, todas las cuales dependen de un conjunto pequeño de heurísticas que guían la generación de funciones matemáticas para encajar con los

datos. Un sistema de búsqueda heurística que usa un subsistema de "generar y probar" con el fin de plantear hipótesis, que compara con los datos, es sensible a la retroalimentación (feedback) de los resultados y trata de probar las hipótesis previamente consideradas.

Aunque existen otros modelos computacionales como el STAHL, el GLAUBER y el DALTON, el BACON sigue siendo el más usado para estudiar los procesos psicológicos que entran en juego en el descubrimiento científico.

5. Observación de descubrimientos en procesos. Esta es probablemente la forma más directa de estudiar los problemas asociados con el descubrimiento científico. Es también la más difícil y la menos utilizada. Consiste en estudiar a los científicos en su trabajo, en su laboratorio, en las presentaciones a congresos, en la forma como trabajan, toman notas, contestan preguntas, razonan o solucionan problemas. Requiere mucho tiempo, implica que el investigador tiene acceso a los laboratorios y a los científicos durante su trabajo, y que además acierta estudiar a dichos científicos durante el período anterior al descubrimiento, durante su realización y después del mismo.

Estas cinco estrategias, procedimientos o enfoques para investigar la psicología de la ciencia tienen ventajas y desventajas. Son complementarios más que opuestos y es poco probable que se puedan utilizar varios procedimientos a la vez. Con los hallazgos obtenidos por estos métodos de investigación estamos comenzando a tener una imagen coherente e íntegra de los procesos psicológicos que entran en juego en la creación científica. La mayor parte de los trabajos son muy recientes, muchos de ellos de la última década. □

Referencias

1. Stevens, S. S.: *Psychology: the propageutic science*. *Philosophy of science*, Vol. 3, pp. 90-104. 1936.
2. Roe, A.: *The making of a scientist*. New York: Dodd, Mead. 1952 a.
3. Roe, A.: *A psychologist examines 64 eminent scientists*. *Scientific American*, Vol. 187, pp. 21-25. 1952 b
4. Cattell, R. B., & Drevdahl, J. E.: *a comparison of the personality. Profile (16 PF) of eminent researchers with that of eminent teachers and administrators, and the general population*. *British Journal of Psychology*, Vol. 46, pp. 248-261. 1955.
5. Maslow, A. H.: *The psychology of science*. New York: Harper & Row. 1966.
6. Singer, B. F.: *Toward a psychology of science*. *American Psychologist*, Vol. 26, pp. 1010-1016. 1971.
7. Mahoney, M. J.: *Scientist as subject: the Psychological imperative*. Cambridge, MA: Mallinger. 1976.
8. Fisch, R.: *Psychology of science*. In J. Spiegel-Rosing & D. De S. Price (Eds.). *Science, technology and society: Across-disciplinary perspective* (pp. 277-318). Newsbury Park: Sage. 1977.
9. Kuhn, T. S.: *The structure of scientific revolutions* (Rev. Ed.). Chicago: University of Chicago Press. 1970.
10. Eiduson, B.: *Scientist: their psychological world*. New York: Basic Books. 1962.
11. Simonton, D. K.: *Genius, creativity and leadership*. *Historimetric inquiries*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1984.
12. Simonton, D. K.: *Quality, quantity, and age: The careers of 10 distinguished psychologists*. *International Journal of Aging and Human Development*, Vol. 21, pp 241-254. 1985.
13. Simonton, D. K.: *Scientific genius: A psychology of science*. Cambridge: Cambridge University Press. 1988.
14. Simonton, D. K.: *Psychology, science, and history: An introduction to historiometry*. New Haven, C. T. Yale University Press. 1990.
15. Simonton, D. K.: *Greatness: Who makes history and why*. New York: Guilford Press. 1994.
16. Simonton, D. K.: *Creative productivity: A predictive and exploratory model of careers trajectories and landmarks*. *Psychological Review*, Vol. 104, pp. 66-89. 1997.
17. Wallace, D. B., & Gruber, H. E.: *Creative people at work*. New York: Oxford University Press. 1992.
18. Slezak, P.: *Scientific discovery by computer as an ampirical refutation of the strong programme*. *Social Studies of science*, Vol. 19, pp. 563-600. 1989.
19. Shadish, W. R., & Fuller, S.: *The social psychology of science*. New York: Guilford Press. (Eds.). 1994.
20. Klarh, D., & Simon, H. A.: *Studies of scientific discovery: Complementary approaches and convergent findigs*. *Psychological Bulletin*, Vol. 125, pp. 524-543. 1999.
21. Wertheimer, M.: *Productive Thinking*. New York Ñ Harper & Row. 1945.
22. Quin, Y. & Simon, H. A.: *Laboratory replication of scientific discovery*. *Cognitive Science*, Vol. 14, pp. 281-312. 1990.
23. Klarh, D.: *Exploring science: the cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press. 1999.
24. Langley, P., Simon, H. A., Bradshaw, G. L., & Zytkow, J. W.: *Scientific discovery: Computational explorations of the creative processes*. Cambridge, MA: MIT Press. 1987.
25. Ardila, R.: *La ciencia y los científicos. Una perspectiva psicológica*. 2001.



89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría

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

NOVEDADES EDITORIALES

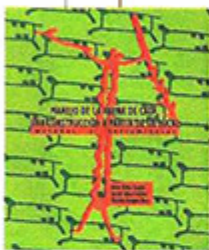
MANEJO DE LA FAUNA DE CAZA, UNA CONSTRUCCION A PARTIR DE LO LOCAL

Métodos y Herramientas

Heidi Rubio Torgler, Astrid Ulloa Cubillos y Claudia Campos Rozo

OREWA, Fundación Natura, Ministerio del Medio Ambiente, Organización de Estados Iberoamericanos - OEI, Instituto Colombiano de Antropología e Historia-ICANH y Fondo Mundial para la Naturaleza, Programa Colombia (WWF) Bogotá, D.C., 2000

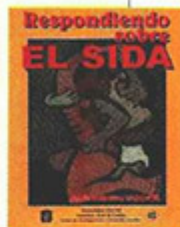
Este texto responde a la necesidad de plantear una propuesta del manejo adecuado a la problemática de la caza partiendo de lo local. Frente a esta problemática del manejo de la fauna se piensan en múltiples caminos desde escribir sobre nuestras primeras experiencias en el campo hasta los reportes técnicos o combinar las percepciones que nacen del diálogo permanente de la comunidad. Sin embargo, transformar ese diálogo permanente en un proceso metodológico es una labor compleja y es la que desarrolla este texto. Esta propuesta busca que, de una manera colectiva, se redefinan las relaciones sociales a través de procesos de participación y representatividad, y se propicie un cambio en las relaciones entre los actores de la sociedad civil y el Estado. Este libro dirigido a quienes estén interesados o generen lineamientos para el manejo de la fauna de caza o tengan interés por el manejo de los recursos naturales en general.



RESPONDIENDO SOBRE EL SIDA

Julio Alberto Valencia
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico
Bogotá, D.C., 2000

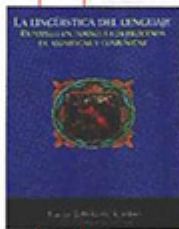
Este texto es una exposición sistemática de lo que los jóvenes han dicho en los últimos años sobre el tema de la sexualidad y el SIDA. Este libro dirigido a psicólogos de la salud, investigadores, educadores y promotores de salud.



LA LINGÜÍSTICA DEL LENGUAJE EN TORNO A LOS PROCESOS DE SIGNIFICAR Y COMUNICAR

Lucía Tobón de Castro
Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, D.C., 2001

Este libro representa para investigadores, docentes y estudiantes, el ejemplo claro de que es posible mantenerse en permanente evolución intelectual y que la palabra latinoamericana se encuentra en un diálogo de iguales con la proveniente de otras latitudes, con el enriquecimiento mutuo y la proyección de labores que tal diálogo implica.



EL MODELO ECONÓMICO Y SOCIAL FRENTE A LOS RETOS DE LA GLOBALIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA



Luis Carlos Alayón Agudelo, Dieter W. Benecke, Mathias Blum, Ricardo Chica, Luis García Echeverría, Jorge Enrique Saenz Castro, Jörg Stosberg
Consejo Episcopal Latinoamericano
Colección Autores No. 29
Bogotá, D.C., 2001

Con esta publicación se ofrece el producto de varios estudios expertos acerca de las perspectivas del desarrollo económico de América Latina en el contexto de la globalización, con el fin de contribuir al debate actual sobre el modelo económico.

RAZONAMIENTO ESPACIAL Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Luis Facundo Maldonado Granados
Universidad Pedagógica Nacional
y Colciencias
Bogotá, D.C., 2001

Esta publicación recopila los resultados de la investigación titulada Razonamiento espacial y Aprendizaje significativo cofinanciada por Colciencias y la Universidad Pedagógica Nacional. Presenta una revisión del estado de arte y al tema de las estructuras conceptuales en relación con la solución de problemas por descubrimiento. En un primer conjunto de experimentos analiza los resultados en estudiantes de nivel vocacional y en una segunda etapa estudia las consecuencias que tiene el modelo teórico y metodológico en la formación de profesores.





EL DESAFÍO ECOLÓGICO: PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, DESARROLLO SUSTENTABLE Y GLOBALIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA

Compiladores: Ulrich Laute (Fundación Konrad Adenauer), Jairo A. Morales (Departamento de Laicos DELAI-CELAIM)
Colección Autores No. 30
Bogotá, D.C., 2001

El desafío ecológico tiene que ver principalmente con el desarrollo humano. La preocupación por el respeto a la dignidad de las personas, mediante el cuidado del medio ambiente se debe conjugar con medidas concretas para la superación de la pobreza que es donde más se sufren sus consecuencias.

Esta publicación ofrece importantes materiales y criterios para que los centros de formación y las personas en general puedan asumir el desafío ecológico con una muy cualificada información.



ERUPCIONES HISTÓRICAS DE LOS VOLCANES COLOMBIANOS (1500 - 1995)

Armando Espinosa Baquero
Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras No. 16
Bogotá, D.C., 2001

Los volcanes en Colombia han sido protagonistas de dramas humanos que involucran pueblos completos. Desde mediados del siglo pasado se han registrado las erupciones por parte de diversos personajes de los cuales en esta publicación se menciona a Don Higinio Muñoz, naturalista nariñense; Emmanuel Friedlaender, vulcanólogo; el padre Luis Forero Durán, y el padre Jesús Emilio Ramírez, quien sin duda se destaca por sus registros de la actividad histórica de los volcanes. Con el fin de respetar dichos registros y mantener íntegra la información sobre las erupciones de los volcanes, el autor, mantiene la forma utilizada por el padre Jesús Emilio Ramírez: la transcripción textual y cronológica de los datos, con la citación de cada fuente.

Este es un esfuerzo que se ha hecho para aportar información sobre el comportamiento de los volcanes que como se experimentó en 1985 con la erupción del volcán nevado del Ruiz, puede ser de vital importancia.



INTEGRACIÓN REGIONAL
DE LA CONCIENCIA, LA PAZ
Y EL DESARROLLO



INTEGRACIÓN REGIONAL: UNA CONDICIÓN PARA LA PAZ Y EL DESARROLLO

Ulrich Laute, Michael Lingenthal y Frank Priess Editores
Bogotá, D.C., 2001

Hoy más que nunca la integración regional se ha convertido en un imperativo político y económico. Ante los fenómenos de la globalización y de la apertura de mercados está disminuyendo cada vez más la capacidad de decisión del Estado. Los grandes problemas del futuro – tanto políticos como económicos, sociales y ecológicos – trascienden fronteras nacionales y requieren de soluciones concertadas. En el presente volumen se recoge las ponencias del seminario de "Integración regional, una condición para la paz y el desarrollo", el cual se llevó a cabo en octubre de 2000.

TEORÍA DE LOS MODOS DE PRODUCCIÓN Y NORMAS BÁSICAS DE LA MODERNIDAD

Eduardo Umaña Luna
Unibiblos- Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, D.C., 2001

En este libro el autor hace un completo análisis de los conceptos que hacen parte de la teoría de los modos de producción, para posteriormente, en una recopilación exhaustiva, presentar las Declaraciones de los Derechos del Hombre y de los Pueblos con su respectivo análisis.

Con esta base teórica, plantea reflexiones sobre las circunstancias actuales y la aplicabilidad del catálogo de Derechos Humanos en la sociedad actual y deja ver un modelo para el humanismo social.



EL VACÍO Y SUS APLICACIONES

Laura Talavera y Mario Farías

En este libro los autores nos describen con claridad los componentes que se emplean para producir el vacío así como algunas de las aplicaciones importantes de esta terminología, que ha cambiado y continuará cambiando nuestro mundo.



LAS SUSTANCIAS DE LOS SUEÑOS Neuropsicofarmacología

Simón Brailowsky

Este texto busca dar al lector una base teórica a partir de la cual pueda conocer los principales componentes del Sistema Nervioso Central y entender como es que funciona el cerebro a través de sustancias que él mismo produce y cuya acción origina los sueños y la percepción de la realidad; sustancias que son reconocidas por otras moléculas en forma específica y cuyos efectos reproducen los fármacos.

BOSQUES DE PALMA DE CERA

Mercedes Girón Vanderhuck
Universidad del Quindío - PRONATTA
Armenia - Quindío, 2001

La palma de cera, el árbol emblemático de Colombia, es considerada uno de los atractivos principales del paisaje andino. En los departamentos del Tolima y Quindío hay dos especies de palma de cera: la *Ceroxylon quindiuense* y la *Ceroxylon alpinum* cuyo hábitat natural original está desapareciendo para dar lugar a cultivos y pastos para ganadería, y por los efectos de las prácticas asumidas por los pobladores, turistas y agricultores.

El estudio que dio lugar a esta publicación plantea alternativas para que las comunidades se preparen y hagan uso racional de este recurso, lo cual incluye la conservación de su hábitat.

**FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN PARA INGENIEROS**

Miguel David Rojas López y Marisol Ricaurte Yepes
Editorial Induselios
Bogotá, D.C., 2002

Este documento presenta de una forma clara y sencilla los componentes del proceso administrativo para que se un profesional de ingeniería complemente su formación técnica.

Los ingenieros además de aportar en el campo técnico han sido protagonistas en otros campos diferentes a su formación básica, algunos fundamentos de administración harán del ingeniero un profesional íntegro más competitivo.

**CONVIVENCIA Y GLOBALIZACIÓN APORTES PARA LA PAZ**

Alonso Ojeda Awad
Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, D.C., 2002

Tal vez uno de los aspectos más importantes del debate que plantea la lectura de este texto, es el tema del reconocimiento de la globalización como un factor adicional para contemplar en el complejo contexto en el que de por sí se desenvuelve el análisis de los problemas colombianos, y en especial el de la reconstitución del Estado para lograr la convivencia civilizada. Así, Colombia padece más los defectos de la globalización que sus beneficios agravada por la irresolución de conflictos antiguos como el reparto de la tierra y la expansión de los cultivos ilícitos y del narcotráfico.

**LA FORMACIÓN DE EDUCADORES EN COLOMBIA. GEOGRAFÍAS E IMAGINARIOS (Tomo I y II)**

Compilación: Sandra Sandoval Osorio
Universidad Pedagógica Nacional
Bogotá, D.C., 2001

Estos dos volúmenes realizados por la Universidad Pedagógica Nacional recopila el Encuentro Nacional de Facultades de Educación. Este texto proporciona un espacio de encuentro para diferentes enfoques y concepciones frente a la profesionalización de los docentes y frente al papel que ella desempeñan la investigación en educación, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y los procesos cada vez más necesarios de construcción de comunidades.

**HÁBITOS DE LECTURA Y CONSUMO DE LIBROS EN COLOMBIA**

DANE, Germán Rey, Jorge Orlando Melo, María Clemencia Venegas, Richard Uribe y Bernardo Jaramillo
Fundalectura, Ministerio de Cultura, Ministerio de Educación, DANE, CERLALC, Cámara Colombiana del Libro
Bogotá, D.C. 2001

Durante el último semestre de 2000 y bajo la iniciativa de la Cámara Colombiana del Libro, se reunieron en un convenio de cooperación el Ministerio de Educación, el Departamento Administrativo Nacional (DANE), el Centro Regional para el fomento del Libro en América Latina y el Caribe (CERLALC) y la Fundación para el Fomento de la Lectura (FUNDALECTURA), con el fin de realizar una encuesta que indagara por los hábitos de lectura y consumo de libros colombianos. Esta encuesta se incluyó, como un módulo especializado, en la Encuesta Nacional de Hogares que el DANE aplicó durante el último trimestre de 2000. Este libro busca contribuir al diseño de políticas de fomento a la lectura en Colombia, con diagnósticos y propuestas específicas desde enfoques diversos.

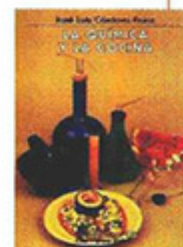
**COLECCIÓN LA CIENCIA PARA TODOS**

Fondo de Cultura Económica
MÉXICO, D.F. 2001

LA QUÍMICA Y LA COCINA/93

José Luis Córdova Frunz

Este libro propone que el estudiante encuentre en sí mismo la posibilidad de disfrutar la química, uno de los terrenos más fértiles para mostrar estos principios es la cocina, pues en una bien surtida pueden hallarse más de 200 reactivos químicos, además de equipos y procedimientos semejantes a los de un laboratorio. Muchas de las reacciones químicas que ocurren en una cocina tienen una explicación científica que ilustra y respalda la experiencia culinaria. Por otro lado, busca crear un espacio de reflexión de lo cotidiano.



ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología y política científica.

■ LENGUAJE

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

No deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas sólo si son estrictamente necesarias.

■ EXTENSION

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

■ FORMATO

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

■ MATERIAL GRAFICO

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

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

■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

1. Artículo de revista científica:

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

2. Artículo de libro:

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

■ RESUMEN

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

■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

■ RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

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



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
ALEGRÍA DE ENSEÑAR

El material de consulta preferido por maestros e investigadores colombianos



El Largo y Sorprendente Viaje de las Pleyades



Manuales de Actualización 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
Santiago de Cali, Valle