

Innovación y Ciencia

VOLUMEN XI, No. 1, 2003

**RAYOS,
efectos biológicos
y prevención**

**Proyecto
WMAP
confirma
el Big Bang**

**Películas
microbianas**

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$5.500.00



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA





[*áce-áce*]

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.

Correo electrónico acac@acac.org.co

www.acac.org.co

Un paso adelante en ciencia y tecnología

**Lea Innovación
y Ciencia...**

**Suscríbase 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

INFORMES: Cra. 50 No. 27 - 70 Unidad Camilo Torres.
Bloque C. Módulo 3. Bogotá, D.C., Colombia.
Teléfonos: 3155898 - 3150734 Fax: 2216950
E-mail: innovacionyciencia@acac.org.co



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

Presidente
Eduardo Posada Flórez

Directora ejecutiva
Carmen H. Carvajal

Editor
Mauricio Pérez Gil

Coordinación editorial
Lorena Ruiz Serna

Comité editorial
Moisés Wasserman
Horacio Torres
Luis Carlos Arboleda
Edgar Alberto Paéz
Carlos Corredor
Guillermo Hoyos

Consejo editorial
internacional
León Lederman
Isabel Llano
Rodolfo Ulinás

Producción editorial y diseño
Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

Asistente coord. editorial
Yuliett Arias

Corrección de estilo
Marina García

Fotografía
PhotoDisc, ABC Stock,
Image Bank.

Impresión
Panamericana Formas e
Impresos

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

Innovación y Ciencia es la revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, A.C.A.C. DERECHOS RESERVADOS. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del Consejo Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de la publicidad de cada edición. Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores. Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447 del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140. Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal. Venc. a/c de 2003. 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. La ilustración hace una representación esquemática del proceso de formación del biofilm.

7 EDITORIAL
Hacia un nuevo contrato social en ciencia y tecnología

NOTICIAS

8 LA OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO
Henry Villegas



14 CONEXINAS, UN MUNDO DE CONEXIONES. ¿REALMENTE NECESITAMOS CONEXIONES PARA VIVIR?
Francisco Javier Martínez Wittingham MD, PhD

18 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA
Gabriel Roldán Pérez

WEB

24 SITIOS DE INTERÉS.

VISTAZOS

28 Más evidencias de culturas animales. Microbaterias: unidades microscópicas de energía. ¿Seguridad de los organismos genéticamente modificados?. Electricidad producida por bacterias.

CONTENIDO

Volumen XI, No. 1, 2003

BIOFÍSICA

32 LOS RAYOS, EFECTOS BIOLÓGICOS Y PREVENCIÓN

Horacio Torres-Sánchez
Joel A. Rojas Jaramillo

El propósito de este artículo es cumplir con un deber ético de difundir, mediante un análisis científico sencillo, sobre los efectos negativos de los rayos en los seres humanos y cómo evitar tales efectos.

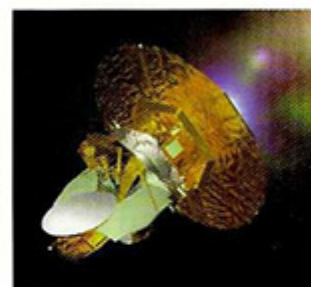


COSMOLOGÍA

42 PROYECTO WMAP DE LA NASA CONFIRMA EL BIG BANG

Sergio Torres Arzayús

De acuerdo con los resultados del trabajo experimental en cosmología de los últimos 40 años y los hallazgos del WMAP queda claro que hay consenso entre los astrofísicos y cosmólogos en que el Big Bang es una plataforma sólida para explicar el origen y evolución del Universo.

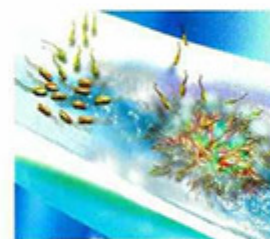


MICROBIOLOGÍA

50 PELÍCULAS MICROBIANAS. UN MUNDO MICROSCÓPICO LLENO DE SECRETOS

Fredy Omar Gamboa Jaimes
Jacqueline Mayorga Parra
Marcela Gómez Garzón

La película microbiana es el resultado del crecimiento y organización de células microbianas sobre superficies artificiales o naturales que favorecen la supervivencia de estos microorganismos en diferentes ambientes. Las películas microbianas con sus secretos, aunque complican algunas situaciones en medicina, odontología e industria, hacen que las bacterias inmersas en él disfruten de algunas ventajas de la vida pluricelular.



EDUCACIÓN

56 APRENDER A PENSAR, ENSEÑAR A PENSAR

Carlos G. Wernicke

Se define la noción de mapa paradigma. Se la vincula con la de sistema. Se ofrece una visión holística en lo educativo. Ésta es relacionada con las definiciones de inteligencia y aprendizaje, el desarrollo humano y estrategias procedimentales concretas a la mano del educador. Finalmente, se agregan ejemplos y un breve ejercicio.

LIBROS

66 NOVEDADES EDITORIALES

Mazda Allegro 2004 - Arte cinético



CONCESIONARIOS: • **ARMENIA:** Angel Botero Ltda. Tel.: (096) 7463305 • **BARRANQUILLA:** Janna Motor's S.A. Tel.: (085) 3444434 • **BOGOTÁ:** Acoautos Ltda. Tels.: (091) 2262200 - (091) 6192409 Automotora Dorautos Ltda. Tel.: (091) 4460999 Autos Marca Ltda. Tel.: (091) 2887677 Casa López Bogotá S.A. Tel.: (091) 4183911 Casa Toro Automotriz S.A. Tel.: (091) 6110311 Centro Motor S.A. Tels.: (091) 2690599 - (091) 2100099 Jorge Cortés Mora y Cia Ltda. Tels.: (091) 2712806 - (091) 6500600 Madautos Ltda. Tel.: (091) 6341111 MazMotor Ltda. Tel.: (091) 6364500 Motovalle Ltda. Tels.: (091) 4144811 - (091) 2141270 • **BUCARAMANGA:** Mayorautos S.A. Tel.: (097) 6323434 • **BUGA:** Mazko S.A. Tel.: (092) 2281565 • **CALE:** I.C. Automotores Ltda. Tel.: (092) 4422626 Magrin S.A. Tel.: (092) 6644237 Maz Autos Ltda. Tels.: (092) 3393091 - (092) 3320133 - (092) 6616606 Mazko S.A. Tels.: (092) 3314837 - (092) 6670237 Motovalle Ltda. Tels.: (092) 4383000 - (092) 5535360 Vehivalle S.A. Tel.: (092) 5522158 • **CARTAGENA:** Autobol S.A. Tel.: (095) 6990935 • **IBAGUÉ:** Sida S.A. Tel.: (098) 2641911 • **MANIZALES:** Colautos S.A. Tel.: (096) 8841212 • **MEDELLÍN:** Automontaña Ltda. Tel.: (094) 2620200 Caprimotor Ltda. Tel.: (094) 2686868 Vehículos del Camino Ltda. Tel.: (094) 2623011 Somerauto S.A. Tel.: (094) 2682100 • **MONTERÍA:** Autocor Ltda. Tel.: (094) 7827992 • **NEIVA:** Sida S.A. Tel.: (098) 8736712 • **PALMIRA:** Maz Autos Ltda. Tel.: (092) 2733512 • **PASTO:** Automotriz del Sur Ltda. Tel.: (092) 7312090 • **PEREIRA:** Autos de Risaralda S.A. Tel.: (096) 3360011 - (096) 3351951 • **POPAYÁN:** Maz Autos Ltda. Tel.: (0928) 231373 • **SINCELEJO:** Autocor Ltda. Tel.: (095) 2800706 • **TULUÁ:** Maz Autos Ltda. Tel.: (092) 2258555 • **TUNJA:** Carrazos Ltda. Tel.: (098) 7447714 • **VILLAVICENCIO:** Casa Toro Automotriz S.A. Tel.: (098) 6630197.

Hacia un nuevo contrato social en ciencia y tecnología

En días pasados, como parte de las actividades programadas para festejar los doscientos años de la fundación de la Universidad de Antioquia, tuvo lugar en Medellín el Simposio Internacional "Hacia un Nuevo Contrato Social en Ciencia y Tecnología" cuyo objetivo central era el de hacer una evaluación del desarrollo científico y tecnológico del país en los últimos diez años y de las perspectivas hacia el futuro.

En ese foro participaron prestantes ponentes entre los cuales los integrantes de la Misión de Ciencia Educación y Desarrollo, convocada por el presidente César Gaviria en 1993 con el fin de hacer recomendaciones al gobierno sobre estos temas.

Al hacer entrega de su informe al Presidente Gaviria en junio de 1994, la Misión se refirió a la importancia de la ciencia y la tecnología como factores de desarrollo económico y social y a la urgencia de que el país tomara las medidas necesarias para incrementar en los cuatro años siguientes la inversión en ese campo hasta alcanzar por lo menos el uno por ciento del PIB, para aumentar el número de investigadores hasta llegar a uno por mil habitantes y para estimular la inversión por parte del sector privado en investigación y desarrollo tecnológico. Del mismo modo, se proponía una profunda reforma en la educación, dándole una especial importancia a la enseñanza de las ciencias.

Esas metas se consideraban indispensables para lograr que el país emprendiera un proceso acelerado de desarrollo económico y social y correspondían a los valores de esos indicadores en países de reciente industrialización.

Las ponencias presentadas durante el Foro mostraron que, en los

primeros años posteriores a la Misión, se produjo un incremento sensible de la inversión en ciencia y tecnología consistente con la meta propuesta del 1% del PIB e incluida en el plan de desarrollo del gobierno Samper. Sin embargo, a causa de la crisis fiscal, a partir de 1998 se observó una disminución marcada de los recursos disponibles y el presupuesto de Colciencias cayó en el año 2000 hasta una quinta parte de su valor en 1997. Si bien en los últimos dos años se ha observado una lenta recuperación, la cifra actual está tan sólo muy poco por encima de la mitad del noventa y siete.

Gracias al incremento inicial de la financiación, Colciencias pudo otorgar un número importante de becas para estudios de doctorado en el país y en el exterior y financiar proyectos de investigación importantes en las universidades y centros de investigación, todo lo cual tuvo repercusiones directas en la consolidación de la comunidad científica nacional.

Como resultado de lo anterior se pudo observar a partir de 2000 un aumento muy notable del número de investigadores y grupos de investigación lo cual se pudo ver en la convocatoria hecha por Colciencias en ese año. La nueva convocatoria, que tuvo lugar a finales del 2002, mostró resultados aun más importantes ya que los datos preliminares arrojan un total de más de 12.000 investigadores y 1.700 grupos lo cual marca una progresión muy notable y sostenida.

Durante el Foro, el doctor José Luis Villaveces, director del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología presentó una información detallada sobre investigaciones exitosas realizadas en el país, muchas de ellas dentro del marco de la cooperación universidad - empresa.

Ese indiscutible incremento de la capacidad nacional de generación de conocimiento se puede asociar a la importante financiación que tuvo el sector hasta el año de 1997. Dado que el tiempo de formación de un doctor es de por lo menos tres años, los primeros beneficiarios de las becas de Colciencias regresaron al país a finales de la década y son responsables en buena parte del aumento de actividad antes mencionado. Sin embargo, la disminución de los recursos que se produjo a partir de ese momento, frenó de manera casi total durante dos años el programa de becas y el de jóvenes investigadores que tan sólo recientemente se han podido reiniciar a una escala reducida. Este hecho, junto con la disminución de la financiación disponible para proyectos de investigación, puede acarrear en un plazo corto una sensible baja de la actividad científica en el país.

Por lo anterior, es esencial que el presente gobierno tome las medidas necesarias para recuperar los niveles de financiamiento que se alcanzaron en la década pasada y que tenga en cuenta la meta que propone la declaración de Medellín es decir, alcanzar el 1,5% del PIB en los próximos 10 años, lo cual implicaría un crecimiento promedio del 0,1% anual.

Esta propuesta no tiene otro objeto que el de lograr que el país alcance niveles de competitividad que le permitan afrontar con éxito el reto de los tratados de libre comercio que se avecinan. □

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

Carmen Helena Carvajal
Directora Ejecutiva

La observación de la tierra desde el espacio



Henry Villegas

Geólogo,
Especialista en Percepción Remota.
Líder del Grupo de Percepción
Remota de INGEOMINAS.
E-mail: henville@ingomin.gov.co
Bogotá, Colombia.

La percepción visual de los seres humanos presenta grandes limitaciones. Por un lado, es restringida por la sensibilidad de las células de nuestro sistema visual, que sólo nos permiten apreciar un determinado tipo de

energía, denominado por esta razón espectro visible. Otras formas energéticas como el calor, no nos son directamente perceptibles, razón por la cual parece conveniente contar con unos "ojos artificiales" que amplíen nuestras propias posibilidades.

Otra restricción de la visión humana hace referencia a la perspectiva de observación. El campo de visión del hombre está limitado a su propia estatura, o a aquella que puede adquirir desde observatorios naturales (montañas) o artificiales (edificios, puentes). En cualquier

caso, se trata de una perspectiva oblicua y de un pequeño radio de acción, que nos dificulta observar fenómenos que pueden llegar a afectar grandes extensiones de terreno, tales como erupciones volcánicas, inundaciones o incendios, o rasgos geológicos de escala regional como fallas, que no podemos estimar adecuadamente con nuestras observaciones directas en el campo, independientemente de lo precisas que sean.

Para superar tales limitaciones, el hombre ha desarrollado sensores artificiales, montados sobre plata-

formas situadas a diferentes altitudes (aviones, satélites). Con ellos, se tiene acceso a diversos tipos de energía no perceptibles por el ojo humano (ultravioleta, infrarrojo, microondas), y además desde una nueva perspectiva, vertical y panorámica. Esta nueva información expande notablemente nuestro conocimiento del medio que nos rodea, facilitando nuestra interpretación de múltiples fenómenos (naturales y generados por el hombre), que afectan nuestro planeta.

La tecnología que engloba los procesos que permiten obtener una imagen de la superficie de la Tierra desde el aire o el espacio, y su posterior tratamiento en el contexto de una determinada área del conocimiento, se denomina percepción remota, teledetección o teleobservación; dichos vocablos son la traducción latina del término inglés "remote sensing".

¿Qué es la percepción remota?

Los sensores son los equipos capaces de coleccionar energía proveniente de los objetos, convertirla en una señal posible de ser registrada, para presentarla en una forma adecuada, que permita extraerle informaciones. De acuerdo con esto, un telescopio no podría ser considerado un instrumento de percepción remota, porque su función es apenas la de mejorar el alcance de la visión del observador, mediante lentes y espejos.

La transferencia de datos del objeto al sensor siem-

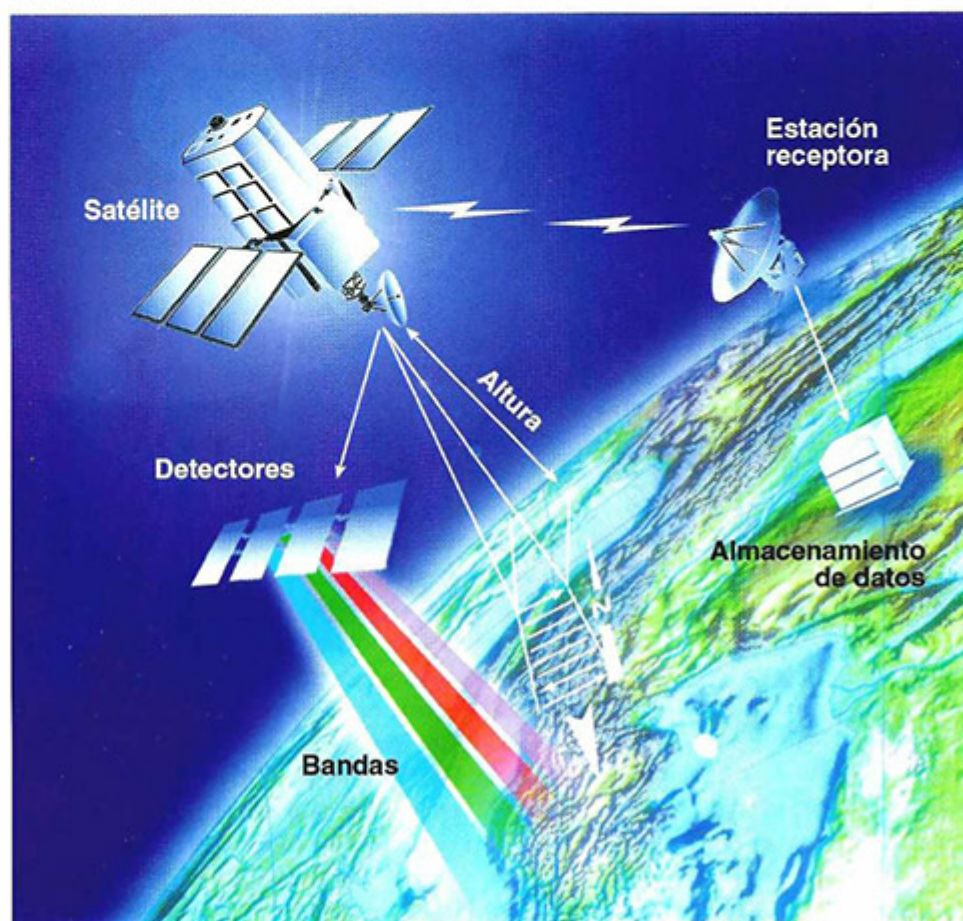
pre se hace a través de energía. Esto hace necesario especificar mejor la definición de percepción remota, en cuanto al tipo de energía utilizada en la transmisión de información; ésta puede ser acústica (sonares, sismógrafos, sismómetros), gravitacional (gravímetros) o electromagnética. Teniendo en cuenta que este último tipo de energía se propaga en el vacío con una velocidad de 3×10^8 m/s, ella se constituye en el campo de fuerza más útil para las actividades de teledetección, constituyendo un medio de traspaso de información de alta velocidad, entre las sustancias y objetos de interés y el equipo sensor.

Como existen numerosas fuentes de energía electromagnética en el universo, la teledetección limita su campo de estudio a las

interacciones que acontecen en la superficie terrestre. La utilización de sensores orientados para observar e interpretar la radiación recibida de las partes componentes del universo, es objeto de estudio de la astronomía. Tales equipos, aunque operan con energía electromagnética, no están incluidos dentro de la teledetección.

Así, percepción remota es la ciencia de adquirir información sobre objetos lejanos sin hacer contacto físico con ellos, restringida a mediciones de radiación electromagnética, incluyendo luz visible e infrarrojo, al igual que ondas de radio y calor. Tal definición implica que entre la superficie de la tierra y el equipo de teleobservación debe existir una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de

Figura 1. Elementos básicos de un sistema de percepción remota.



un haz energético artificial, o por emisión propia. A su vez, es preciso que ese haz energético recibido por el sensor se transmita a la superficie terrestre, donde la señal detectada pueda almacenarse y, en última instancia, ser interpretada para una aplicación determinada. La teledetección no engloba sólo los procesos que permiten obtener una imagen desde el aire o el espacio, sino también su posterior procesamiento para suplir las necesidades de una determinada área del conocimiento.

Satélites para la observación de la tierra

Las características técnicas de los sensores fotográficos, independiente de que estén instalados sobre un satélite o un avión, impiden que desde ellos se realice una cobertura sistemática de la superficie terrestre, dado que no facilitan una transmisión a distancia de las imágenes captadas. Por esta razón se han diseñado otro tipo de sensores, denominados genéricamente óptico-electrónicos, ya que combinan una captación de la realidad más o menos similar a la que se obtiene mediante técnicas fotográficas, con un sistema de detección electrónica, que evita depender de una película.

La percepción remota desde el espacio, requirió sistemas que pudieran transmitir los datos mediante telemetría de microondas. Además de esto, las necesidades de información en las partes del espectro electromagnético donde las películas fotográficas no responden, necesitaron el desarrollo de nuevos tipos de instrumentos basados en sistemas electrónicos. Todas estas experiencias, junto al bagaje aportado por los satélites meteorológicos, hacen concebir a la NASA proyectos dedicados exclusivamente a la cartografía y evaluación de los recursos naturales de nuestro planeta.

El 23 de julio de 1972 supone la culminación de esta tendencia, con el feliz lanzamiento del primer satélite de la serie ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Este proyecto, denominado posteriormente Landsat con la puesta en órbita del segundo satélite en 1975, resulta el más fructífero hasta el momento para aplicaciones civiles de la teledetección. A partir de la serie Landsat, el interés de la comunidad científica internacional por esta técnica ha crecido exponencialmente, contándose por miles los estudios desarrollados en muy variados países del mundo, sobre las imágenes proporcionadas por estos satélites dedicados exclusivamente a la observación de la tierra, a los que posteriormente se sumaron programas espaciales como SPOT, RADARSAT e IKONOS, por sólo citar algunos.

Sistemas de barrido lineal

Los sensores más habituales en teledetección espacial se denominan exploradores o rastreadores de barrido (scanners). En muchos equipos de exploración por barrido, la señal recibida se descompone a bordo en varios rangos de energía (bandas), cada uno de los cuales se envía a un juego especial de detectores, sensibles a tales rangos energéticos. En ese caso, se habla de exploradores de barrido multiespectral, pues detectan la misma superficie del terreno en distintas porciones (bandas) del espectro electromagnético. El movimiento del satélite hacia delante, barriendo el terreno en sentido perpendicular a su dirección de desplazamiento, permite hacer el seguimiento de elementos sucesivos de la superficie; la diferencia es que la señal electromagnética colectada por los lentes no es dirigida hacia una película, sino a un

juego de detectores fotoeléctricos (*figura 1*).

Dichos detectores amplifican la señal recibida, convirtiéndola en una señal eléctrica que, a su vez se transforma en un valor numérico que puede almacenarse a bordo del satélite, o puede transmitirse a una red de antenas receptoras. La información recibida por éstas se graba en cintas compatibles con computadora (*figura 1*). Satélites como SPOT, Landsat, IKONOS y RADARSAT captan información de la superficie de la Tierra mediante barrido lineal. El sensor convierte una señal analógica, la energía recibida de la superficie de la tierra como magnitud de radiancia (total de energía radiada por unidad de área y por ángulo sólido de medida), en un valor digital, razón por la cual no puede hablarse propiamente de fotografías -aunque en ocasiones sea posible presentar las imágenes de teleobservación espacial en formato fotográfico-, sino de imágenes digitales, en razón de su estructura interna. Esto implica que este tipo de sensores no sólo genere una imagen, sino también una medición de la energía sobre la superficie de la tierra que observan.

Los sistemas sensores pueden clasificarse en pasivos y activos. Los primeros detectan la radiación solar reflejada o emitida por los objetos de la superficie. Dependen, por lo tanto, de una fuente de radiación externa, la energía solar, para que puedan operar; los mecanismos fotográficos son un buen ejemplo de este tipo de sensores. Los activos son aquellos que producen su propia radiación; el radar es un ejemplo de estos sistemas, dado que produce la energía que interactúa con los objetos de la tierra, de la misma forma que el flash de una cámara ilumina artificialmente la superficie que será fotografiada.

Ventajas de la teledetección espacial

La teleobservación no puede ser considerada como una panacea, en la detección de cualquier rasgo o fenómeno que afecte al medio ambiente. Los datos generados por esta disciplina son complementarios con los de otras técnicas convencionales, tales como la fotografía aérea, y no invalidan la importancia del trabajo de campo. En otras palabras, es una técnica auxiliar más, que aporta las siguientes ventajas:

Visión panorámica

La altura orbital de los satélites permite detectar grandes áreas, y proporcionar una visión amplia de los rasgos de la superficie terrestre, como la de aquellos que constituyen la porción norte del territorio colombiano (figura 2), o la configuración urbanística de un sector de la capital de la república (figura 3).

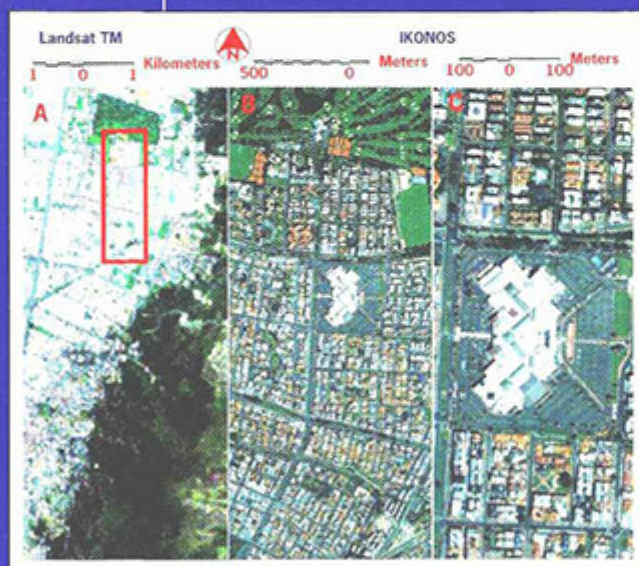


Figura 3. Sector Nororiental de la Ciudad de Bogotá visto a 705 Km de altura por el satélite Landsat TM (A), y a 680 Km de distancia por el satélite IKONOS (B y C). Las figuras B y C muestran distintos niveles de detalle, donde es posible apreciar el Centro Comercial Unicentro y su vecindario (las imágenes IKONOS aparecen por cortesía de Prosis S.A.).

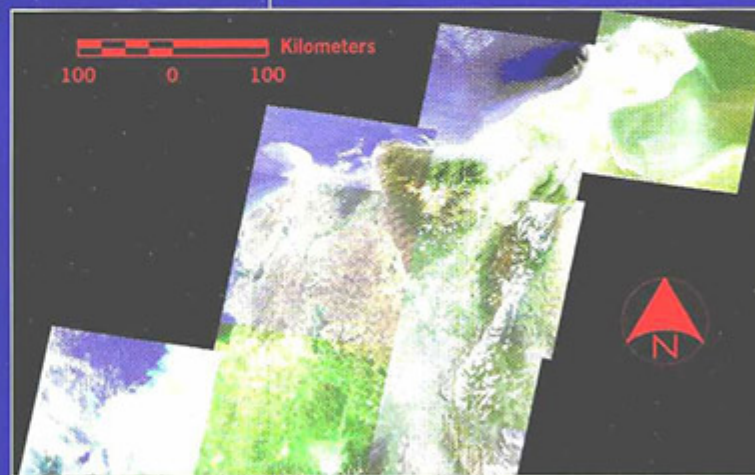


Figura 2. Mosaico de escenas Landsat TM tomadas a 705 Km de distancia de la superficie terrestre, que ilustran la porción norte del territorio colombiano, donde se distinguen el Mar Caribe, la Península de la Guajira y la Sierra Nevada de Santa Marta.

Homogeneidad en la toma de datos

Superficies muy grandes son detectadas por el mismo sensor, en una fracción muy pequeña de tiempo, asegurando la coherencia de los datos sobre áreas extensas, tal como sucede en el Golfo de Urabá en el noroccidente colombiano (figura 4).

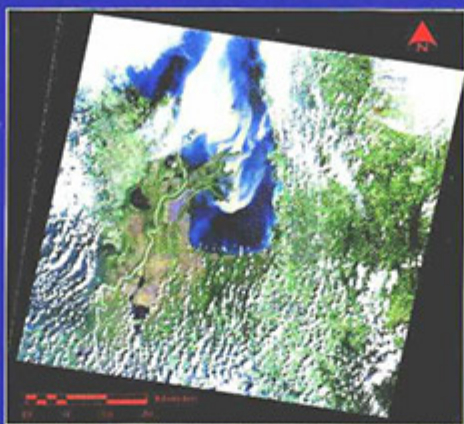


Figura 4. Escena Landsat TM del área del Golfo de Urabá. El mar se percibe en azul, la vegetación en verde y las nubes en blanco. Hacia la izquierda es posible apreciar la desembocadura del Río Atrato en el golfo.

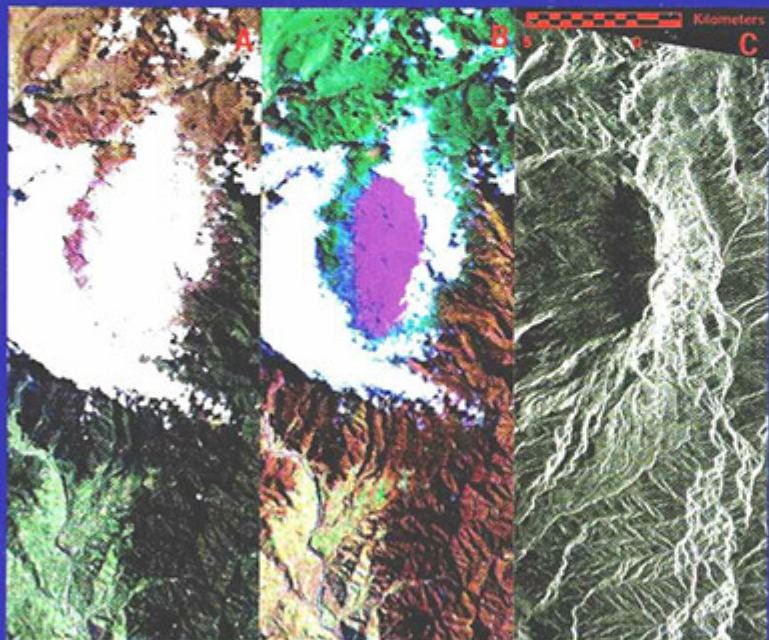


Figura 5. El Volcán Nevado del Huila en el suroccidente colombiano: A. Percibido en la porción visible del espectro, donde la nieve y las nubes se observan de color blanco, mientras la vegetación aparece en verde y marrón. B. El despliegue en bandas infrarrojas permite diferenciar nieve (púrpura) de nubes (blancas), y tener más detalles de la vegetación. C. La imagen de radar del satélite japonés JERS ilumina artificialmente el nevado y atraviesa las nubes que suelen cubrirlo.

Información sobre regiones no visibles del espectro

Los sensores ópticoelectrónicos generan imágenes sobre áreas no accesibles para la fotografía convencional, tales como el infrarrojo medio y térmico y las microondas. Estas bandas del espectro electromagnético proporcionan una valiosa información, dado que registran cambios y diferencias que son imperceptibles al ojo humano. Esta es una gran ventaja de la percepción remota porque dos elementos que lucen iguales en el visible, pueden ser totalmente diferentes en el infrarrojo y en el radar (figura 5).

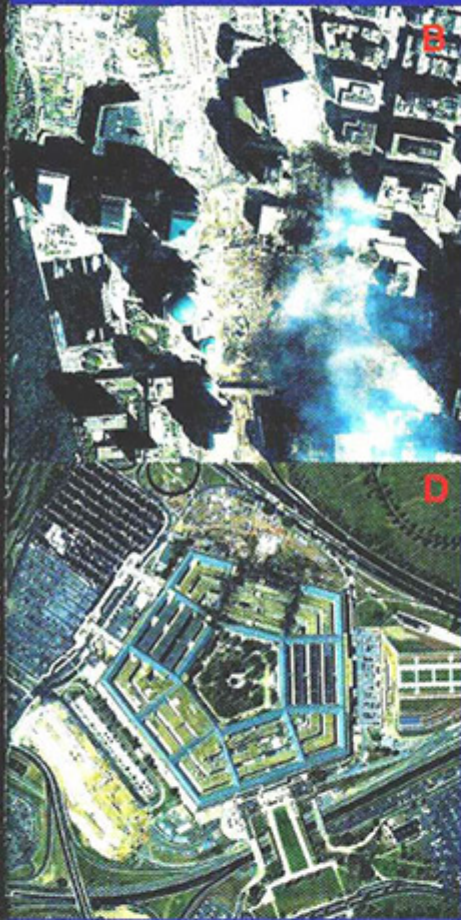


Figura 6. Imágenes multi-temporales del satélite IKONOS tomadas antes y después de los atentados terroristas del 11 de septiembre: en el World Trade Center de New York (A y B), y en El Pentágono de Washington (C y D). (Imágenes cortesía de Space Imaging).

Cobertura global y periódica de la superficie terrestre

De acuerdo con las características orbitales de los satélites, podemos obtener imágenes repetitivas de la mayor parte de la tierra para intervalos de tiempo determinados, incluso de áreas que suelen ser de muy difícil acceso por otros medios (zonas polares, desiertos, bosques de lluvias tropicales, páramos, por ejemplo). La figura 6 muestra imágenes multitemporales del satélite IKONOS, que ilustran los tristemente recordados actos terroristas del 11 de septiembre de 2001.

Formato digital

Las imágenes de satélite siempre se producen en formato digital, que facilita su almacenamiento e impide su deterioro con el paso del tiempo, permitiendo igualmente su ajuste a un sistema dado de coordenadas geográficas si es necesario, el despliegue a cualquier escala de trabajo, y su inclusión en sistemas de información georreferenciados. Las fotografías aéreas suelen conseguirse como copias duras (positivos), hechas en escalas determinadas, que suelen deteriorarse con el paso del tiempo, así se almacenen adecuadamente.

Limitaciones

Costos

En la actualidad es la mayor limitación de las imágenes de satélite. Sin embargo, sensores como el Landsat TM han disminuido sus precios por escena, desde \$US6000 hasta \$US850; dichos costos siguen siendo difíciles de asumir para países en vía de desarrollo como Colombia, más aún cuando el procesamiento e interpretación de estas imágenes obliga a tener una infraestructura mínima de hardware y software que debe actualizarse periódicamente.

Características del territorio colombiano

Las condiciones meteorológicas de alta pluviosidad de algunas regiones del país, como la Costa Pacífica, dificultan la adquisición de imágenes multiespectrales en las porciones visible e infrarroja del espectro electromagnético, que suelen aparecer cubiertas de nubes. En tales regiones geográficas deben adquirirse imágenes de sensores activos como el radar, que atraviesa la cobertura de nubes.

Oportunidad en la adquisición de la información

La programación de la toma de imágenes, en un momento determinado, por parte de cualquier satélite de observación de la Tierra, también es difícil para países como Colombia, y no implica la producción inmediata de los datos del(los) satélite(s) que se requieran, porque está supeditada a los compromisos comerciales que hayan adquirido los comercializadores de las imágenes del(los) satélite(s) considerado(s). □

Referencias bibliográficas

- Chuvieco E.: *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 2ª Edición. Ediciones RIALP, S.A. Madrid (España), 459 p. 1990.
- Crosta A.P.: *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas, S.P.: UNICAMP, 170 p. 1993.
- Drury S.A.: *Image interpretation in geology*. London, Allen & Unwin, 243 p. 1989.
- Novo E.M.L.M.: *Sensoriamento remoto, princípios e aplicações*, Editora Edgard Blucher Ltda., Sao Paulo, 308 p. 1989.

BIOLOGÍA CELULAR

CONEXINAS

Un mundo de conexiones

¿Realmente necesitamos conexiones para vivir?

Francisco Javier Martínez Wittinghan MD, PhD

Departamento de Fisiología y Biofísica,
Universidad Estatal de Nueva York.
fmartinez@physiology.pnb.sunysb.edu

La importancia de las conexiones no es nada nuevo, desde la antigüedad, los seres humanos buscamos crear medios de comunicación con nuestro entorno, nuestros semejantes y con otros pueblos. Desde la creación de los primeros caminos, puentes y ferrocarriles, pasando por las

interconexiones eléctricas, el radio y la televisión y finalmente a través de la Internet, nuestra especie ha procurado incrementar los canales para el intercambio de bienes, servicios, personas, cultura, ideas, etc. Es más, el éxito de una persona, un grupo o un pueblo se puede augurar en términos de cuáles y cuántas co-

nexiones posee (ya sean conexiones personales o vías de comunicación en el caso de un país). No obstante, también hemos tratado de regular estos sistemas de comunicación y de tránsito, ejemplos de esto son los controles de inmigración que regulan el paso de personas o los sistemas de aduanas que ayudan

a restringir la entrada o salida de productos y que en conjunto ayudan a mantener en balance a los países.

Esta necesidad de interconectividad no sólo se observa en el ámbito macroscópico, a escala celular también se requieren canales de comunicación entre células vecinas para el normal desarrollo y funcionamiento de los seres vivos. La señalización entre células se puede realizar a través de moléculas que se originan en una célula y activan receptores ya sea en la membrana celular o en el interior de otra. Por otro lado, la célula regula su intercambio con el exterior y mantiene su balance gracias a la actividad de mecanismos de transporte de membrana realizados por canales, bombas, transportadores, etc. Un mecanismo muy interesante que combina la señalización intercelular, el paso de moléculas de una célula a otra y la interconectividad celular, es el formado por las uniones comunicantes o de hendidura (*gap junction* en inglés) y es extensamente utilizado por células del corazón, cerebro, cristalino, etc. A continuación encontrará una aproximación al mundo de las uniones comunicantes, las conexinas y los conexones.

¿Por qué es necesaria la interconectividad celular?

La existencia de variados y complejos sistemas de señalización permite mantener en equilibrio todos los procesos necesarios para mantener la vida. Sin embargo, las bondades y especialización de algunos los hacen muy eficientes en un conjunto de procesos pero tal vez inoperantes en otros. Es el caso de grupos celulares como en el corazón que requieren una respuesta simultánea (contracción) ante un estímulo; si

allí la señalización entre células se hiciera a través de receptores y segundos mensajeros, la señal se demoraría minutos en viajar y no generaría suficientes contracciones si tenemos en cuenta que el corazón se contrae normalmente por lo menos sesenta veces por minuto, es más, no podría generar una contracción homogénea ni eficaz. Pero este problema está solucionado por la existencia de uniones comunicantes entre las células cardíacas; así, la señal viaja en menos de una décima de segundo (0,1 seg.) gracias a que las células están unidas por estos canales y se comportan como un sincitio (como una sola unidad funcional).

La sincronización no es la única ventaja de las uniones comunicantes, éstas también permiten el flujo de iones y nutrientes entre células

(*figura 1*). Ellas permiten el paso de iones y moléculas pequeñas entre dos células vecinas. Seis monómeros de esta proteína se agrupan para formar un hemicanal llamado conexón. La asociación de dos hemicanales de dos células contiguas permite la formación del canal intercelular. La diferencia entre los miembros de la familia de las conexinas radica en la divergencia de la secuencia de los aminoácidos principalmente del asa intracelular y el carboxilo terminal. Esta desigualdad se ve reflejada en su tamaño (que da lugar al nombre de la conexina; Ej.: Cx46, Cx50) y en la respuesta a mecanismos de regulación como potencial eléctrico, pH, fosforilación, etc. Esta diversidad permite que las conexinas estén presentes en diferentes tejidos cumpliendo variadas funciones (*tabla 1*).

| Conexina (Cx) | Tejido | Función |
|---------------|------------------------------|---|
| Cx46/Cx50 | Cristalino | Permiten transporte de nutrientes hacia y desde el centro del cristalino. |
| Cx43 | Músculo cardíaco | Transmisión eléctrica. |
| Cx32 | Células de Schwann (mielina) | Permiten la difusión de nutrientes a las diferentes capas de mielina. |

Tabla 1. Ejemplos de conexinas y sus funciones.

que se encuentran en órganos con poca o ninguna circulación sanguínea como el cristalino en el ojo. Además, durante los estados de embriogénesis y diferenciación celular, estas uniones o el cierre de las mismas, permite a unas poblaciones celulares separarse de otras y proseguir un camino único de diferenciación.

¿Qué son y qué hacen las conexinas?

Las uniones comunicantes o de hendidura son una familia de canales intercelulares formados por multímeros de una proteína integral de membrana llamada conexina (*fi-*

Un caso muy interesante es el del cristalino. Este es un órgano simétrico y transparente que funciona como un lente biconvexo en el ojo, y para conservar su transparencia requiere que sus células estén agrupadas en orden y que el espacio entre ellas sea inferior a la longitud de onda de la luz, pero además requiere que no existan vasos sanguíneos o de otra forma obstruirían el paso de la luz; el paso de agua, iones y nutrientes se hace entonces de célula a célula a través de estas uniones comunicantes.

La expresión anómala de estas proteínas ha sido relacionada con cáncer, isquemia cardíaca, sordera

hereditaria (no asociada a síndromes; mutaciones en Cx26) y cataratas (mutaciones en Cx50), entre otros. Dentro de los modelos más reconocidos de anomalías en las conexinas, se encuentra una forma de la enfermedad hereditaria Charcot-Marie-Tooth (CMTX; mutaciones en el cromosoma X). En esta forma de neuropatía periférica, las mutaciones aparecen en las regiones que codifican para la conexina 32. Alteraciones en la secuencia de la proteína producen cambios en esta que conducen a falla parcial o total en su función, producen defecto o muerte de un grupo celular y finalizan en enfermedad.

Estructura de canales de unión comunicante

En la *figura 1* el panel **A** representa dos células unidas por una placa de unión comunicante que posee varios canales intercelulares en el lugar donde las dos membra-

nas se aproximan. (las líneas amarillas representan la membrana celular). El panel **B** muestra esquemáticamente las seis subunidades que componen un hemicanal o conexón y los dos conexones que componen un canal. El panel **C** es un esquema de la localización en la membrana celular (bicapa fosfolipídica) de una de las subunidades o conexina; ésta posee dos asas extracelulares (E1 y E2), un asa intracelular (AI) y las terminaciones amino (N) y carboxilo (C).

Investigación y terapéutica

Para abordar estas enfermedades, es necesario abordar los mecanismos que rigen su normal desempeño. El estudio de estas proteínas ha crecido simultáneamente con el desarrollo tecnológico y el uso de sofisticadas técnicas biológicas, bioquímicas y biofísicas. Posiblemente una de las herramientas más utilizadas sea la biología mole-

cular. La clonación de los genes que codifican para las conexinas ha permitido la producción de grandes cantidades de éstas en el laboratorio, pero más importante aún, ha hecho posible la introducción de mutaciones para el estudio de las regiones que le confieren sus características particulares. La estructura tridimensional de las conexinas ha sido abordada con métodos de cristalografía electrónica siendo posible visualizar los seis monómeros de la proteína formando un hemicanal; los nuevos estudios están dirigidos a describir más detalladamente la topografía microscópica de esta proteína que ayudará al entendimiento de su funcionamiento y regulación. En las áreas de biología y bioquímica, se han realizado diferentes aproximaciones, por ejemplo: el uso de anticuerpos para estudiar la fosforilación y el catabolismo de las conexinas; identificación de proteínas que interactúan con conexinas a través

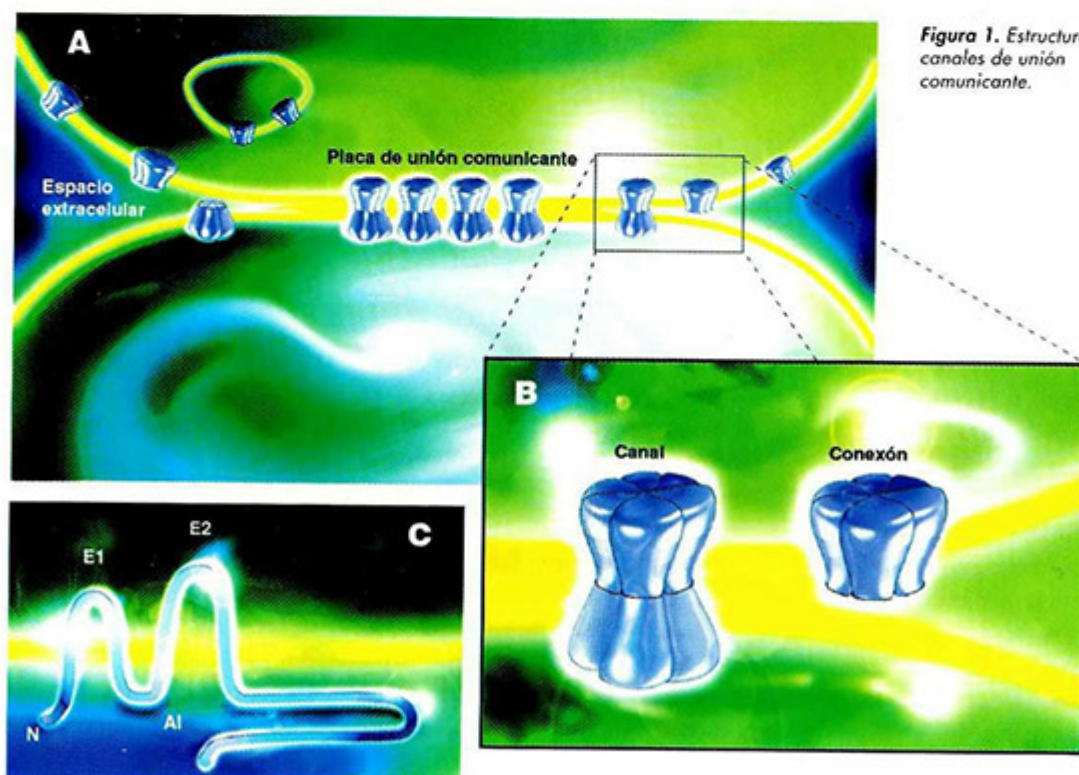


Figura 1. Estructura de canales de unión comunicante.

Ilustración: Olga Lucía Daza M.

del sistema doble-híbrido en levaduras; la inyección de colorantes (*Lucifer yellow*) de diferentes tamaños y cargas eléctricas para valorar la permeabilidad de las uniones estrechas.

Las técnicas de electrofisiología conforman otro conjunto importante en el estudio de las conexinas. Estas técnicas permiten medir el paso de corrientes eléctricas (en forma de corrientes iónicas; sodio, potasio, cloro, etc.) a través de las uniones formadas por uno o varios canales. Al tener el ADN y ARN de las conexinas es posible la expresión heteróloga (expresión en una especie diferente) de las conexinas en sistemas como el de oocitos de la rana africana *Xenopus laevis*; en síntesis, el ARN mensajero es inyectado en dos oocitos, los cuales poseen la maquinaria biológica para producir y expresar la proteína en sus membranas, los dos oocitos al ser situados en contacto forman canales intercelulares; la corriente eléctrica que pasa a través de los canales es inducida y medida a través de microelectrodos colocados en los oocitos y conectados a amplificadores y a un computador. En otros estudios como los de impedancia es posible medir la conexión (a través de conexinas) de muchas capas celulares (ej. el cristalino); el cambio en la amplitud y la fase de una señal eléctrica en múltiples frecuencias que atraviesa el tejido es indicativo de la conductancia ("conectividad") de estas uniones.

Para el estudio de enfermedades congénitas derivadas de mutaciones en los genes de las conexinas se utilizan modelos animales de la enfermedad (ratón). Nuevas tecnologías genéticas han permitido la

**TODAVÍA
EXISTE CAMINO
POR RECORRER
ESPECIALMENTE EN
EL CAMPO DE LA
TERAPÉUTICA.**

producción de ratones que carecen de una o más conexinas (*Knock-out*) o en donde una conexina ha sido reemplazada por otra (*Knock-in*). Estudios realizados en estos modelos, han permitido dilucidar el importante papel de las conexinas

en el desarrollo y el normal funcionamiento de muchos órganos así como también han abierto una puerta para la prevención y/o el tratamiento de enfermedades relacionadas con mutaciones en esta proteína. Ejemplo de esto son los estudios que se están forjando en la expresión retroviral de conexinas.

Comentarios y conclusiones

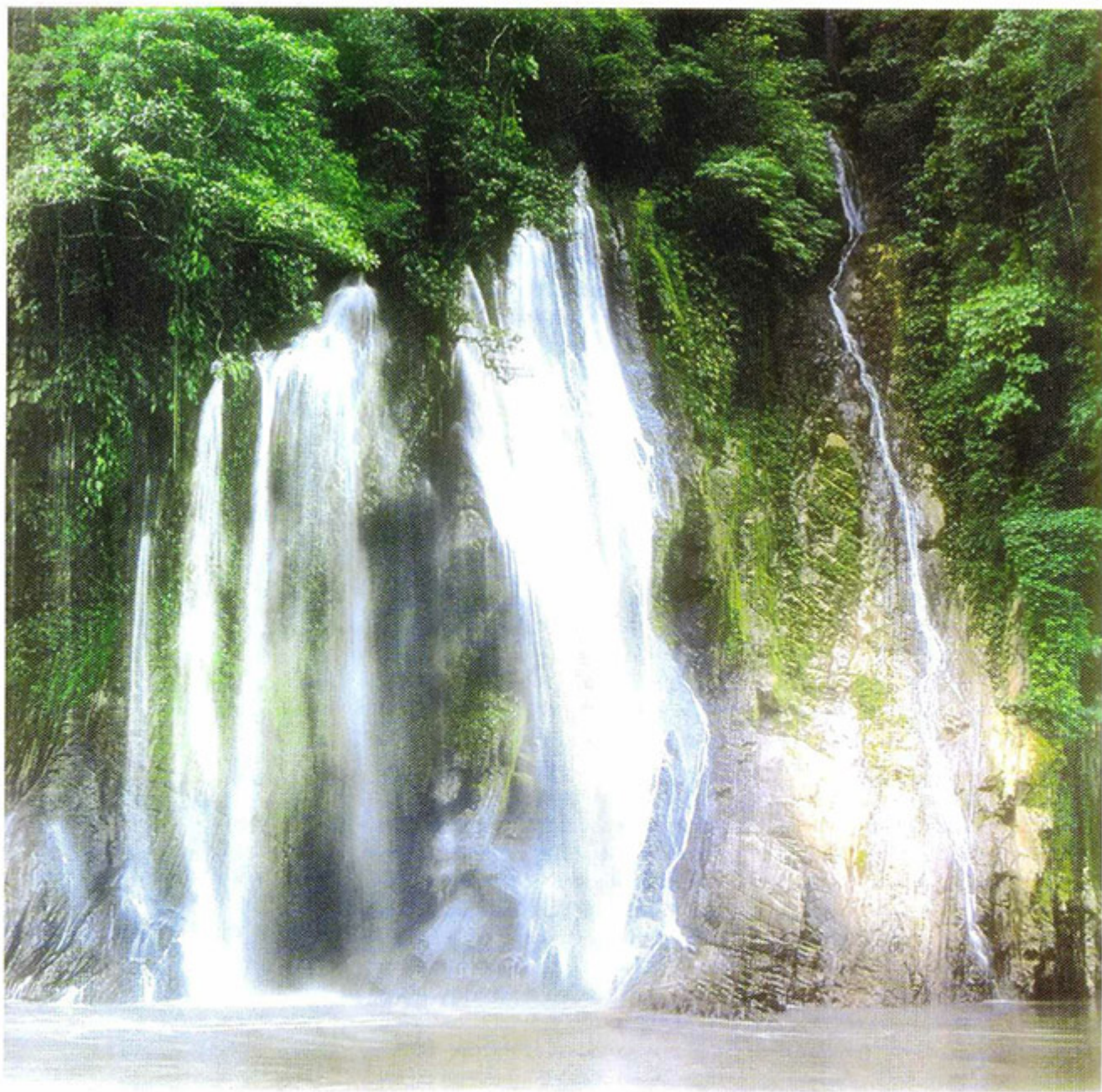
Desde el momento mismo de la concepción emprendemos compleja tarea de interconectarnos. Durante el estado embrionario, dependemos de la buena modulación de las conexiones intercelulares para poder desarrollar los diferentes tejidos y órganos que nos constituyen. Una vez se diferencian nuestros grupos celulares, el normal funcionamiento de muchos de ellos depende de mantener comunicaciones a través de conexinas; no en vano estas proteínas se encuentran en una gran variedad de tejidos desde la piel y otros epitelios hasta en órganos como el corazón, riñón, hígado, así como también en útero, ovarios, testículos, etc. Aunque las anomalías congénitas en estas proteínas conducen a enfermedades como neuropatía periférica o cataratas, no todas las conexinas son necesarias para mantener la vida, esto gracias a la existencia de variados miembros de esta familia de conexinas. El continuo estudio de estas proteínas ha permitido develar

parte de sus mecanismos de regulación y funcionamiento, pero todavía existe camino por recorrer especialmente en el campo de la terapéutica.

A nivel celular no todas las conexiones son esenciales para vivir, pero el poseer la cantidad, calidad y variedad adecuadas de conexiones, pronostica un apropiado funcionamiento fisiológico. En la vida diaria, las conexiones son importantes y pueden hacer menos complicado nuestro devenir; sin embargo, no son esenciales ya que existe la posibilidad de llevar una vida productiva y exitosa sin ellas. □

Bibliografía

- Baldo G.J.; et al: Gap Junctional Coupling in Lenses from alpha(8) Connexin Knockout Mice. *J Gen Physiol* 118(5), 447-56, 2001.
- Jiang J.X.; Goodenough D.A.: Retroviral expression of connexins in embryonic chick lens. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 39(3), 537-43, 1998.
- Kumar N.M.; Gilula N.B.: The gap junction communication channel. *Cell* 84(3), 381-8, 1996.
- Martinez-Wittingham F.J.; et al: Gating of Lens Fiber Cell Connexins alpha 3 (Cx46) and alpha 8 (Cx50). *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 42(4), S874 Abstract nr 4696. 2001.
- Spray D.C.; et al: Gating of gap junction channels. *Biophys. J.* 45 (1), 219-30, 1984.
- Trexler E.B.; Verselis V.K.: The study of connexin hemichannels (connexons) in *Xenopus* oocytes. *Methods Mol Biol.* 154, 341-55. 2001.
- Werner R.; Hudder A.: Gap junctions. *Methods* 20(2), 127-8. 2000.
- White T. W.; Bruzzone R. y Paul D. L.: The connexin family of intercellular channel forming proteins. *Kidney Int.* 48(4), 1148-57. 1995.
- White T.W.; Paul D.L.: Genetic diseases and gene knockouts reveal diverse connexin functions. *Annu. Rev. Physiol.* 61, 283-310. 1999.
- White T.W.; Bruzzone R.: Gap junctions: fates worse than death? *Curr. Biol.* 10(18), R685-8. 2000.
- Yeager M.; Nicholson B.J.: Structure of gap junction intercellular channels. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 6 (2), 183-92. 1996.



Macroinvertebrados acuáticos

Gabriel Roldán Pérez

Director de Investigación
y Desarrollo,
Universidad Católica de Oriente,
Rionegro, Antioquia.

E-mail: groidan@uco.edu.co

La mayor parte de los investigadores consideran los macroinvertebrados acuáticos como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, debido entre otros aspectos, a su tamaño (son observables a simple vista), a su amplia distribución y a que tienen ciclos de vida relativamente largos. Se adaptan, además, a las condiciones ambientales, por lo cual aportan información de trayectoria, es decir, información acumulada en el tiempo. En contraste, las variables fisicoquímicas sólo suministran información puntual que complementa la obtenida en los análisis biológicos. Además, las evaluaciones fisicoquímicas informan básicamente sobre la calidad del agua desde el punto de vista del hombre, pero no desde el punto de vista de conservación de la vida acuática, de la preservación de la diversidad y de la homeostasis de los ecosistemas. Por lo tanto, una buena correlación entre las variables fisicoquímicas y los indicadores biológicos suministra un conocimiento holístico del sistema estudiado, con el propósito de establecer una relación de armonía del hombre con su entorno.

En los últimos años, los niveles crecientes de uso y despilfarro del recurso hídrico y el deterioro de las zonas abastecedoras y protectoras de las fuentes hídricas, han conducido al deterioro de la calidad del agua y de su capacidad de regulación y retención.

Los macroinvertebrados nos informan sobre la calidad del agua

Se conocen como macroinvertebrados los platelmintos, los insectos, los moluscos, los crustáceos, los anélidos y los arácnidos que viven en los ecosistemas acuáticos. Se pueden observar a simple vista, pues su tamaño varía entre 0,5 y 8,0 mm en promedio. La alta o baja sensibilidad de estos animales a los cambios ambientales hace que indiquen la calidad del agua. Recurrir al uso de bioindicadores, es quizá uno de los mejores métodos para juzgar el estado de conservación de un ecosistema acuático, ya que es mucho más rápido, barato y fácil de utilizar en comparación con otros procedimientos.

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. Para el ecólogo, un ecosistema acuático es un sistema funcional y dinámico en el cual hay un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el ambiente abiótico. La biología y la química están, por lo tanto, estrechamente relacionadas y en la evaluación de las

aguas naturales y contaminadas, juegan papeles complementarios.

Basados en el conocimiento que se tenga de la fauna acuática en cada país, dicha evaluación podrá hacerse a diferentes niveles de precisión. Así, por ejemplo, Alemania que ha tenido una tradición más larga en el conocimiento de su flora y fauna acuática, ha adoptado el método saprobio el cual requiere para su aplicación la identificación de los organismos hasta nivel de especie. Otros países como Bélgica, Francia, Gran Bretaña, Italia, Portugal, Dinamarca, Holanda e Irlanda, han adoptado sistemas de evaluación basados en el nivel de órdenes, familias y en algunos casos de géneros. Para una "evaluación rápida del ecosistema", se ha comprobado su efectividad en un alto porcentaje, además de una considerable reducción en costos y tiempo.

Las comunidades de organismos y el estado ecológico

En los últimos años el concepto de calidad de las aguas ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente fisicoquímico a otro que integre todos los componentes del ecosistema. Recientemente el Parlamento Europeo mediante la Directiva Marco COM-97 ha aceptado el término "estado ecológico" como una medida de la calidad de las aguas. Para el desarrollo de este concepto se propone la Cuenca Hidrográfica como unidad de estudio. La determinación del estado ecológico de cada cuenca hidrográfica deberá realizarse de acuerdo con unas condiciones de referencia que deberán compararse con los datos de los diferentes ecosistemas acuáticos de la cuenca de características similares



Figura 1. Aguas limpias.

(ríos, lagos, embalses, etc.). La norma europea citada, establece como factores esenciales para la determinación del estado ecológico de las aguas, las comunidades de organismos como indicadores del estado ecológico de los diferentes ecosistemas acuáticos. Esta variable deberá ir acompañada de las mediciones fisicoquímicas correspondientes, al igual que una descripción del estado en el cual se encuentran las respectivas riberas.

¿Qué características debe tener un buen bioindicador?

Se considera que un organismo es un buen indicador de calidad del agua, cuando éste se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat. Así, por ejemplo, en ríos de montaña de aguas

frías, transparentes, oligotróficas y bien oxigenadas, se espera encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores, figura 1. En aguas medianamente contaminadas la diversidad comienza a reducirse y se encuentra dominada por odonatos, hemípteros, coleópteros y cier-

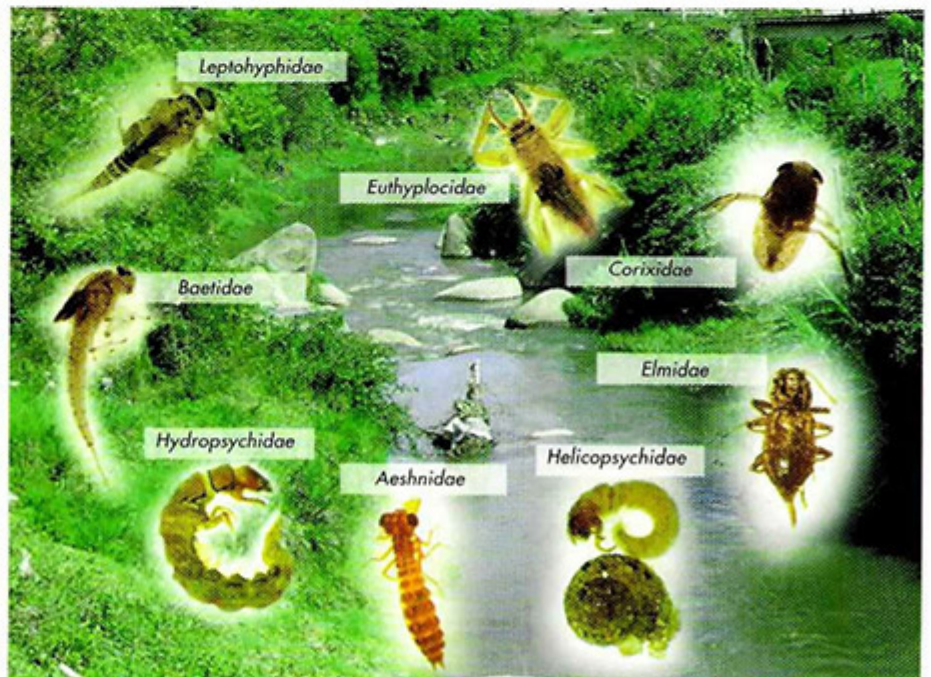
TABLA 1

| FAMILIAS | PUNTAJES |
|--|----------|
| Perlidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae "hidracáridos", Polythoridae, Gomphidae | 10 |
| Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gyrinidae | 9 |
| Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simuliidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae, Hebridae, Hydrobiidae | 8 |
| Baetidae, Calopterygidae, Glossosomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyaletidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Caenidae | 7 |
| Ancylidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnycidae, Neritidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae | 6 |
| Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleuroceridae, Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae, Planorbidae | 5 |
| Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolycopidae, Sphaeridae, Lymnaeidae | 4 |
| Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonida | 3 |
| Chironomidae, Culicidae, Muscidae | 2 |
| Oligochaeta (Tubificidae) | 1 |

Puntajes para las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para calcular el índice BMWP/Col.

tos efemerópteros, principalmente, *figura 2*. En aguas contaminadas o por el contrario, que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos y quironómidos, *figura 3*. Finalmente, en ríos y quebradas muy contaminadas, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutroficadas, se espera encontrar poblaciones dominantes de tubificidos y quironómidos, fundamentalmente, *figura 4,3,4,6*

Figura 2. Aguas medianamente contaminadas.



Los macroinvertebrados: los mejores bioindicadores

Las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad del agua son las siguientes:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar.
- Son sedentarios en su mayoría y por lo tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se compara con otros grupos menores.
- Integran los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio.



Figura 3. Aguas contaminadas.

- Responden rápidamente a los tensores ambientales.
- Varían poco genéticamente.

El método BMWP/Col

El *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Las razones para ello fueron básicamente económicas y del tiempo que se requiere invertir. El método sólo requiere llegar hasta nivel taxonómico de familia y los datos son cualitativos (presencia/ausencia). La calificación se da mediante puntajes que van de 10 a 1 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación. Las familias más sensibles como los pérlidos y los oligoneuridos, reciben un puntaje de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo,

los tubificidos reciben una puntuación de 1 (*tabla 1*).¹ La suma de los puntajes de todas las fami-

TABLA 2

| Clase | Calidad | BMWP/Col | Significado | Color |
|-------|-------------|------------------|---|----------|
| I | Buena | > 150 101-120 | Aguas muy limpias, aguas no contaminadas o poco alteradas | Azul |
| II | Aceptable | 61-100 | Aguas ligeramente contaminadas | Verde |
| III | Dudosa | 36-60 | Aguas moderadamente contaminadas | Amarillo |
| IV | Crítica | 16-35 | Aguas muy contaminadas | Naranja |
| V | Muy crítica | < 15 | Aguas fuertemente contaminadas | Rojos |

Clases de calidad de agua.



Figura 4.
Aguas muy
contaminadas.

lias para cada sitio en particular de un ecosistema estudiado da el puntaje total BMWP para dicho sitio. Así por ejemplo, si en un lugar A de una quebrada se encuentran ocho familias con puntaje 10, cuatro con puntaje 9 y cinco con puntaje 8, tenemos un puntaje total para dicho sitio de 156. Al mirar la *tabla 2*, vemos que este valor corresponde a aguas *muy limpias o no contaminadas*. Si por el contrario, en un sitio más abajo de dicha quebrada encontramos una familia de puntaje 4, otra de puntaje 3 y otra de puntaje 1, tenemos un valor de 8; en la *tabla 2* vemos que es un agua de calidad *muy crítica*. Basados en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia de los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP/Col como una medida de evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos en el país. Los trabajos de Roldán^{3,4,6} y los de Zúñiga de Cardozo et al⁷ se consideran adecuados para la aplicación de esta metodología en Colombia.

Los mapas de calidad de agua

La *tabla 2* muestra las cinco clases de calidad de agua resultantes de sumar la puntuación obtenida por las familias encontradas en un lugar específico de un ecosistema determinado. El total del puntaje se designan como valores BMWP/Col. De acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se califican las distintas clases de agua, asignándoles a cada una de ellas un color determinado. Este color es el que se usa luego para marcar los ríos y corrientes en el mapa de la región estudiada. □

Bibliografía

1. Armitage P.D.; Petts, G.E.: Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. *Aquatic Conserv. Marine and Freshw. Ecosyst.* 2: 1-17. 1992.
2. Metcalf J.L.: Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environm. Pollut.* 60: 101-139. 1989.
3. Roldán G.: Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Antioquia. 217p. Edit. Presencia, Santafé de Bogotá, 1988.
4. Roldán G.: Fundamentos de limnología neotropical. 529p. Edit. Universidad de Antioquia, Medellín, 1992.
5. Roldán G.; Posada J.A.; y Gutiérrez, J.C.: Estudio limnológico de los recursos hídricos del Parque de Piedras Blancas. Academia Colombiana de Ciencias Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras No. 18, 137p. Santafé de Bogotá, 2001.
6. Roldán G.: Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Edit. Universidad de Antioquia, Medellín, 2002.
7. Zúñiga de Cardozo; de Hernández, M.: Indicadores ambientales de la calidad del agua en la cuenca del río Cauca. Seminario: "Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua". Universidad del Valle, Cali, 1997.

CAMBLAMOS!



Pensando en ofrecerle el mejor servicio

Nuestras Líneas de Atención al Cliente
434 0407 - 363 0404 - 396 0406
08000 111300 / 111310

www.adpostal.gov.co

WEB

INFORMACION CIENTÍFICA

SciDev.Net

www.scidev.net/americalatina

Un centro de encuentro para personas e instituciones de la red regional de SciDev.Net en Latinoamérica comprometidas con la ciencia y la tecnología. Conocida como SciDev.Net América Latina, la red fue lanzada en un encuentro público realizado en São Paulo, Brasil, el 14 de mayo de 2003.

El portal incluye un diseño nuevo, mucho más ágil del sitio SciDev.Net (www.scidev.net), que facilita la navegación por el portal y permite una presentación más innovadora del contenido. El sitio incluye también un nuevo "dossier" sobre fuga de cerebros, asunto de especial interés para Latinoamérica <http://www.scidev.net/braindrain>.

El portal está disponible en inglés, español y portugués y nos permitirá aumentar considerablemente nuestro cubrimiento sobre ciencia y tecnología en Latinoamérica. Incluye también libre acceso a importantes artículos de las publicaciones Nature y Science.



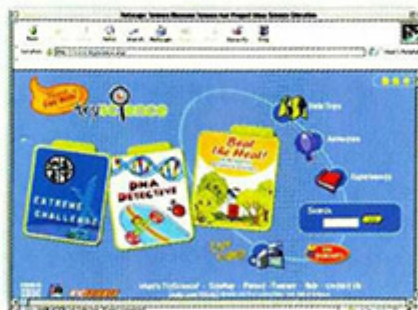
SITIOS DE INTERÉS

MUSEOS VIRTUALES

www.tryscience.org

Tryscience.org es una ventana a un museo virtual que permite experimentar lo apasionante de la ciencia, tecnología e interactividad con centros científicos y tecnológicos de todo el mundo. Así mismo, provee de experimentos, exhibiciones y actividades científicas de primera mano a niños, padres de familia y maestros. Este sitio permite que los niños exploren, investiguen, descubran y experimenten la ciencia.

Tryscience es un proyecto de colaboración conjunta entre IBM, el *New York Hall of Science* (NYHOS), y más de 450 miembros de la Asociación de Centros de Ciencia y Tecnología (ASTC) en el mundo. Actualmente existen cerca de 20 exhibiciones interactivas en el portal y consta de cinco secciones: Aventura, Experimentos, Visitas de Campo, ¿Sientes curiosidad? y Cámaras en directo. Este sitio está disponible en ocho idiomas: inglés, francés, alemán, italiano, portugués, español, chino y japonés.



BANCO DE DATOS SOBRE PROTEÍNAS

Centro de Información Psicológica de Colombia

<http://www.infopsicologica.com>.

Este sitio presenta diversos aspectos de la psicología en Colombia incluyendo actividades, lugares, eventos relacionados con el tema. Allí se ha hecho actualización permanente del llamado Observatorio Virtual de Psicología, cuya compilación se ha venido realizando desde hace algún tiempo. La primera versión de este Observatorio fue publicada en mayo de 2002, en el boletín electrónico de la Asociación Colombiana de Facultades de Psicología (ASCOFAPSI). En aquella ocasión, la recopilación fue realizada gracias a la Comisión de Estudios de Doctorado que brindó la Universidad Católica de Colombia al primer autor en el período 1998-2001, en la Universidad de Sevilla (España). Aquel trabajo también fue presentado en el 10º Congreso Colombiano de Psicología, celebrado en Bogotá en abril de 2002.

Desde ese momento, la actualización de las direcciones URL, así como la creación de nuevas categorías de clasificación, se ha llevado a cabo de forma continua en esta página web del Centro de Información Psicológica de Colombia. Actualmente cuenta con categorías como: Portales, Facultades, Postgrados (Especializaciones y Maestrías), Investigación (Centros y Grupos), Publicaciones (Revistas, Boletines y Libros), Asociaciones, Fundaciones, Empresas y Personas.



<http://www.rcsb.org/pdb/index.html>

En este sitio web usted podrá encontrar estructuras biológicas en 3D, programas de modelación, publicaciones de estructuras bioquímicas, boletines informativos, noticias de actualidad y adicionalmente usted puede suscribirse y encontrar otros sitios relacionados con este tipo de estructuras y programas desarrollados por investigadores dedicados a esta área.



ASOCIACION DE PROFESORES EN CIENCIA

<http://www.nsta.org/index.html>

Este sitio desarrollado por esta asociación, brinda a los docentes una comunidad en línea con noticias de actualidad, modelos para ser aplicados en el salón de clase, interacción con otros docentes, suscripción en línea, artículos sobre enseñanza de las ciencias.



PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO (CYTED)

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ENTIDADES DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA



www.fedit.es

Dada la estructura de la industria en nuestro país, mayoritariamente formado por pequeñas y medianas empresas (PYMES), las transferencias desde el entorno científico al productivo plantean importantes dificultades, que hacen necesaria la participación de organizaciones especializadas, próximas a las empresas y con personal cualificado.

cyted.aeci.es

CYTED es una iniciativa de cooperación multilateral en el ámbito de la innovación científica y tecnológica, que cuenta desde 1984 con el respaldo de los gobiernos de los 21 países de habla española y portuguesa de uno y otro lado del Atlántico, y que ha producido notables resultados a lo largo de estos años, gracias a la participación de cerca de 10.000 científicos, tecnólogos y técnicos de Universidades, Centros de I+D y empresas de los países participantes.

CANAL SALUD.COM

Este sitio web editado por Telemedicine World de Madrid; ofrece a sus visitantes una guía de enfermedades, el médico en familia, las preguntas y respuestas más frecuentes y noticias de actualidad médica.



COMUNIDAD DE CIENCIA

<http://www.cos.com>

La comunidad de ciencia, es el sitio para la comunidad académica global reúne a los científicos más prominentes y a investigadores del mundo en más de 1.600 universidades, corporaciones y agencias estatales por todo el mundo. Este sitio proporciona las herramientas y los servicios que permiten a estos profesionales comunicarse, intercambiar la información y encontrar la gente y las tecnologías que son importantes para sus trabajos de investigación. Los servicios que incluye: base de datos de los perfiles detallados de más de 480.000 profesionales, oportunidades de financiamiento, publicación en línea de las universidades y las sociedades profesionales; y acceso modificado para requisitos particulares a una gama de las bases de datos profesionales de referencia incluyendo las patentes de ESTADOS UNIDOS, MEDLINE, AGRICOLA, y GeoRef, entre otros.



SIEMPRE ESTIMULANDO EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA Y LA INDUSTRIA QUIMICA EN EL PAIS

El Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia

Invita a los Ingenieros Químicos a obtener su Matrícula Profesional, para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley 18 de 1976 y su Decreto Reglamentario 371 de 1982.

EN CUMPLIMIENTO DE SUS FUNCIONES:

- *Expide las Matrículas Profesionales a los Ingenieros Químicos y vela por el cumplimiento de las normas de ética profesional, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 18 de 1976.*
- *Apoya las actividades universitarias relacionadas con la Ingeniería Química, mediante la coordinación, el patrocinio y la participación en reuniones periódicas de Decanos y Directores de programas académicos, y el apoyo a eventos estudiantiles de carácter regional y nacional.*
- *Colabora con la Asociación Colombiana de Ingeniería Química en el fomento del desarrollo Industrial del país, creando las condiciones propicias para que se conozcan y divulguen nuevos conocimientos científicos y tecnológicos relacionados con su área de interés. Con este fin, apoya la organización de los **CONGRESOS COLOMBIANOS DE INGENIERIA QUIMICA**.*
- *Estimula la creatividad de los estudiantes de las carreras de ingeniería química, por medio del **PREMIO NACIONAL AL MEJOR TRABAJO DE GRADO**, que se concede anualmente, y la capacidad investigativa de los Ingenieros Químicos, por medio del **PREMIO NACIONAL AL MEJOR TRABAJO DE POSGRADO**, que se concede bienalmente.*
- *Incentiva la investigación de carácter profesional, con aplicación a la Ingeniería Química Colombiana y aportes a la solución de problemas nacionales, con el otorgamiento bienal del **PREMIO NACIONAL DE INGENIERIA QUIMICA**.*
- *Reconoce la contribución significativa, continua y relevante que hayan hecho a la Ingeniería Química Colombiana, una Persona y una Institución, con el otorgamiento bienal del **PREMIO A LA VIDA Y OBRA**.*

Acciones que promueven la excelencia de la ingeniería química y de sus profesionales para contribuir al progreso nacional.

***Calle 40 No.21A- 17 Of. 402, Teléfonos: 2 451364- 2451900 Telefax: 2880491
E-mail: coproinq@latino.net.co Pag. web: www.quimired.com/consejo
Bogotá, D.C.- Colombia***

VISTAZOS

CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO

Más evidencias de culturas animales

Varios campos de las ciencias del comportamiento, como la etología y la psicología comparada, han venido acumulando en las últimas décadas evidencias de manifestaciones de procesos psicológicos y sociales complejos en animales. Ya sea mediante experimentos de laboratorio u observaciones en ambientes naturales o seminaturales, los investigadores de la conducta y la cognición en animales han llegado a la conclusión de que fenómenos como la cultura o la autoconciencia no son exclusivamente humanos, como lo asume aún mucha gente tanto en el ámbito cotidiano como en el académico.

En el caso específico de las manifestaciones culturales, se han hecho varios hallazgos de comportamientos que se transmiten por aprendizaje en un grupo particular, geográficamente definido, de especies como chimpancés y ballenas, según reseñó recientemente Gretchel Vogel en una revisión sobre el tema publicado en la revista

Science. Quizá uno de las más conocidas evidencias fue la de un grupo de chimpancés, en Costa de Marfil, que se caracterizaban por transmitir al menos de una generación a otra una forma específica, que no se ha visto

en ninguna otra parte, de romper nueces con herramientas de piedra.

Otras conductas sociales que se han evidenciado en grupos particulares, según reseña Vogel, han sido dialectos de pájaros y llamadas entre ballenas. La transmisión de estos comportamientos vía imitación, es decir, aprendizaje social, además de la manifestación en grupos particulares, descarta la hipótesis de que estas conductas sea mero producto de la genética o de un aprendizaje individual. En últimas, aparecen aquí algunas manifestaciones evolutivas de la cultura.

Este estudio experimental fue dirigido por el profesor Alex Kacelnik, de la Universidad de Oxford (Inglaterra) y del Colegio de Ciencias de Berlín (Alemania). Kacelnik y sus colegas comprobaron que, para conseguir recompensa alimenticia, un cuervo era capaz no sólo de usar herramientas (lo que ya se había visto en cuervos de América del Norte) sino de construirlas.

En este caso, Betty, una cuervo hembra, no sólo usó un alambre para alcanzar comida que estaba en el fondo de un tubo, sino que dobló el alambre para enganchar el alimento y así obtenerlo para su consumo. Este

hecho, es ya una gran evidencia de inteligencia animal. No obstante, para que se pueda hablar con propiedad de cultura, sería necesario que congéneres de Betty sean capaces también de hacerlo por imitación. Esta parte queda aún pendiente, pero podríamos suponer que es factible de darse en el ambiente natural de Betty: la isla de Nueva Caledonia, en el Océano Pacífico.



Un descubrimiento reciente en cuervos, realizado en el Laboratorio, fue publicado en agosto de 2002 en la misma revista *Science*. Se trata de la comprobación de la capacidad de estas aves para construir herramien-

(Andrés M. Pérez-Acosta. *Universidad de los Andes*. Fuente: Alex A. S. Weir, Jackie Chappell, and Alex Kacelnik *Shaping of Hooks in New Caledonian Crows Science* 2002 August 9; Volume 297: page 981).

INGENIERÍA

La seda de las arañas y sus finas fibras ópticas

Las fibras ópticas elaboradas a partir de la seda de las arañas además de permitir la reflexión interna de la luz, sirven como nanotubos de silica.

Yushan Yan profesor asociado del departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de California y su equipo, dan a la seda un tratamiento con una cubierta vidriosa, para después extraer la seda por un secado. Este equipo espera hacer fibras huecas de tan solo 2 nanomicras de ancho o 50.000 veces más delgadas que el cabello humano.

Adicionalmente de ser fibras fónicas, las fibras basadas en la seda de arañas podrían ser utilizadas para aumentar la resolución de los microscopios ópticos. Estas fibras, podrían cambiar la escala de nanotubos ensayados hasta el momento por unos nuevos sensores que podrían estar por encima de las moléculas químicas que se están usando hasta el momento.

Las fibras huecas son producidas mediante un método similar a cómo se elaboran las velas.

Este equipo de investigadores tomó fibras de un centímetro de largo extraído de la seda producida por la araña (*Nephila madagascariensis*), es la especie de araña gigante de Madagascar.

Para unir los extremos de las fibras las adherieron a una tarjeta y después las sumergieron en una solución de tetraetil ortosilicato. La fibra se contrae cinco veces de tamaño por el calor, dejando las fibras huecas con un diámetro inferior a una micra.

El paso siguiente será producir fibras más finas, utilizando la seda de la araña (*Stegodybus pacificus*)

que produce una seda más fina de tan solo 10 nanomicras. Esta araña es originaria del Oriente Medio y Asia del Sur. Teniendo en cuenta cuanto se contrae la seda en el proceso, con la seda proveniente de esta especie de araña se espera obtener fibras de alrededor de 2 nanomicras de ancho. Las fibras huecas más finas producidas hasta el momento por métodos convencionales miden alrededor de 25 nanomicras.

Philip Russell, físico de la Universidad de Bath en Inglaterra pionero en las fibras huecas para la industria de telecomunicaciones, está impresionado por la facilidad y la simplicidad de la técnica de Yan. El

opina que la técnica se podría utilizar para construir delgados sensores que explotan fuertemente "química supramolecular" esto ocurre cuando las sustancias son confinadas en espacios pequeños.

Las fibras de seda de las arañas ofrecen un amplio rango de estructuras que pueden

ser fácilmente manejadas, además proporcionaría una fina fibra óptica para ser utilizada en el campo de la microscopía electrónica.

A un futuro cercano, en estos microscopios los lentes serán reemplazados por fibras ópticas hechas por tubos de ultradelgado vidrio de más o menos 100 nanomicras de ancho.

(Fuente: *New Scientist* 19 de marzo de 2003).



NANOTECNOLOGÍA

Microbaterías: unidades microscópicas de energía

Investigadores estadounidenses patentan una técnica para fabricar baterías de un milésimo de milímetro de tamaño. Estas unidades microscópicas pueden ser el primer paso para desarrollar máquinas que operen a escalas atómicas, como robots miniaturas que pueden eliminar los agentes químicos nocivos del medio ambiente o distribuir drogas dentro del cuerpo. La nueva microbatería trabaja como una batería de automóvil pero con un tamaño inferior en más de un millón de veces. Los investigadores de la Universidad de Tulsa, Oklahoma, fueron los creadores de este dispositivo, logrado gracias a vertir plástico fundido en los agujeros de un panel de óxido de aluminio con 60 poros de ancho como un cabello humano. Los iones eléctricamente cargados pasan a través de este plástico, llamado el electrolito, entre los electrodos positivos y negativos que sellan los extremos de los poros. El prototipo produce solamente una corriente eléctrica minúscula - alrededor de una millonésima de un miliamperio. «usted no va a accionar una linterna con ella». Pero se espera que pueda ser bastante para conducir las máquinas microscópicas del futuro.



Las microbaterías son demasiado pequeñas para cargar con los alambres convencionales, así se necesita de un microscopio atómico para tocar los átomos individuales en los electrodos y para conectar el circuito eléctrico. Algunos de los medios para recargarlas deben ser investigados más a fondo. Por esta razón, algunos investigadores opinan que es demasiado rápido describir la disposición de la batería. Adicional a la Universidad de Tulsa, el grupo de Charles Martin de la Universidad de la Florida en Gainesville, también están diseñando mediante otros métodos estas microbaterías. La realización de esta técnica de producción de microbaterías es un gran avance para la miniaturización de la industria.

(Fuente: Nature News Service Septiembre 1. Nature Science update).

BIOTECNOLOGÍA

¿Seguridad de los organismos genéticamente modificados?

El Panel Científico de Expertos (Science Review Panel's), acaba de publicar su primer informe sobre los Organismos Genéticamente Modificados. El informe fue publicado en el marco del debate público que se está desarrollando en el Reino Unido sobre el uso agrario de la biotecnología. Fue realizado por encargo del Gobierno Británico buscando soporte científico a este tema.

Las principales conclusiones de este informe son las siguientes:

- No existe motivo u objetivo alguno para prohibir o aprobar los OGM o sus productos, considerándolos como un conjunto, ya que los OGM no son una tecnología homogénea. Es necesario considerar cada OGM concreto, caso por caso.

- Siete años después del inicio de su comercialización, no existen hoy en día en todo el mundo efectos negativos verificables, ni en humanos ni en animales, atribuibles al consumo de OGM.

- El riesgo para la salud humana derivado del consumo de OGM es muy bajo y los riesgos futuros dependerán de los OGM específicos que se desarrollen y cómo se gestionen. Es importante desarrollar tecnologías relacionadas con la seguridad y seguimiento de estos productos.

- En relación con la actual generación de OGM, las experiencias llevadas a cabo hasta la fecha muestran que los OGM no son capaces de convertirse en especies invasoras ni en convertirse en especies tóxicas para la fauna silvestre, pero existen aún grandes

lagunas que deben continuar siendo estudiadas. El informe señala diversas áreas donde es necesario una mayor investigación como las relativas a la alergenicidad, ecología del suelo, biodiversidad agraria y flujo de genes. El Panel Científico de Expertos es un grupo independiente presidido por Sir David King (asesor científico del gobierno británico) y el profesor Howard Dalton (asesor científico del secretario de estado de agricultura y medio ambiente), con la colaboración de la Agencia de Seguridad Alimentaria (*Food Standards Agency*).

(Por AGROBIO, Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola. Fuente: <http://www.gmsciencedebate.org.uk/report/pdf/gmsci-report1-full.pdf>)

ELECTRICIDAD

Electricidad producida por bacterias

Investigadores alemanes generaron 10 veces más electricidad a partir de una bacteria mediante un nuevo prototipo.

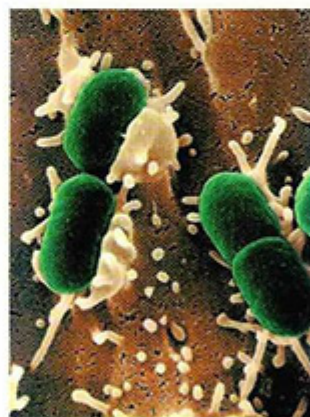
Schröder y sus colegas del Instituto de Química y Bioquímica de la Universidad de Erns Moritz Arndt en Greifswald en Alemania han creado un prototipo de celda microbiana que captura la energía producida por la *E. coli* como producto de degradar azúcar del medio, gracias a esta degradación esta bacteria puede producir alrededor de 15º miliamperios, con esta energía se puede poner a funcionar un ventilador médico.

Varios microorganismos convierten los azúcares y otros carbohidratos a alcoholes, ácidos y dióxido de carbono. Cuando no está presente el aire, este proceso

de fermentación puede producir hidrógeno – combustible desarrollado como alternativa ecológica para los vehículos. La energía producida por la reacción del gas con el oxígeno es lo que genera electricidad.

Schröder y sus colegas opinan que *Escherichia coli* actúa como un recurso de hidrógeno. Estos investigadores han demostrado que esta bacteria es capaz de alimentar directamente el electrodo negativo, denominado ánodo.

El diseño del ánodo del prototipo creado por estos investigadores, es crucial para medir los productos de fermentación, algunos tipos de electrodos metálicos son ineficientes para realizar este tipo de medi-



ciones. Es por esta razón, que este grupo alemán cubre el ánodo con un polímero conductor llamado polianilina, lo cual facilita las mediciones. En este prototipo se puede medir el voltaje cada 20 minutos y gracias a esta cubierta la bacteria puede donar más fácilmente sus electrones directamente al ánodo.

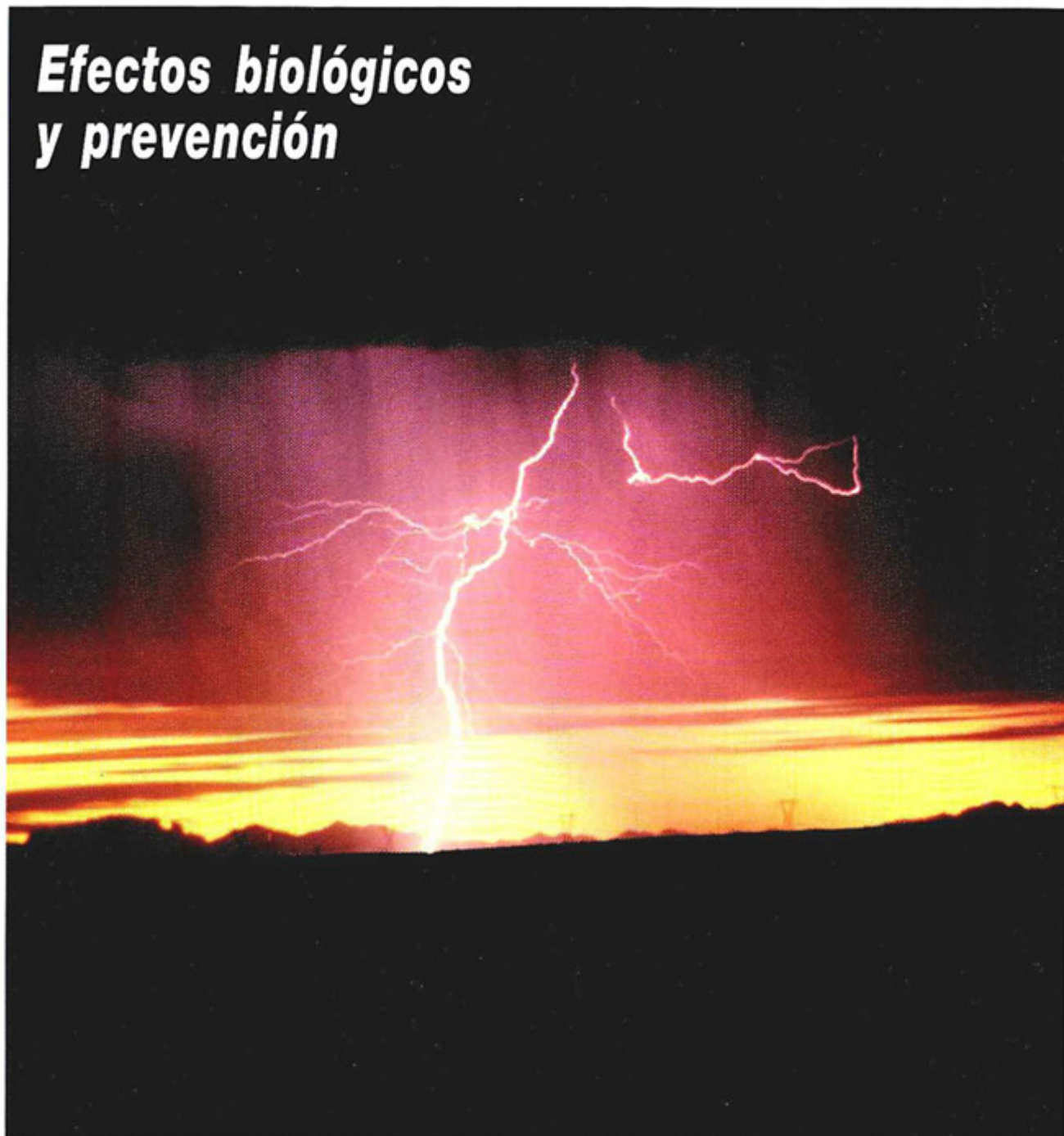
Estos ensayos de producir electricidad a partir de bacterias abren nuevos campos de investigación sobre otro tipo de microorganismos que podrían producir mayor cantidad de energía.

(Fuente: *Nature Science update Philip Ball*, 4 de julio 2003).

BIOFÍSICA

LOS RAYOS

***Efectos biológicos
y prevención***



Horacio Torres-Sánchez

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

Joel A. Rojas Jaramillo

Profesor Asociado,
Universidad Nacional de Colombia.
Biólogo MSc. Fisiología.
Bogotá, Colombia.
E-mail: joelr@ciencias.ciencias.unal.edu.co

En el mes de octubre del año 2002 los medios de comunicación colombianos dieron un gran despliegue informativo al tema de los rayos debido a la desafortunada muerte de varios colombianos, dos de ellos muy reconocidos en el ámbito deportivo. El "Carepa" Gaviria murió instantáneamente ante el impacto de un rayo cuando el equipo hacía una práctica de rutina bajo condiciones de tormenta eléctrica en la cancha del club de fútbol Deportivo Cali. Giovanni Córdoba, el otro jugador que también sufrió las consecuencias del impacto del rayo murió días más tarde en una clínica. Nueve años antes, en el mes de abril de 1991 en circunstancias similares y en la misma zona murió otro jugador, Bonilla, de la segunda división del club de fútbol América de Cali. Lamentables accidentes que se repiten por cientos anualmente en Colombia pueden y deben evitarse.

La gran mayoría de las noticias coyunturales de los medios de comunicación son tema de un par de días y luego desaparecen, pero el riesgo sigue latente. El propósito de este artículo es cumplir con un deber ético de difundir, mediante un análisis científico sencillo, sobre los efectos negativos de los rayos en los seres humanos y cómo evitar tales efectos.

El concepto de resistencia del cuerpo humano

Eléctricamente, el concepto de resistencia se refiere a la tendencia

de un material a oponerse al flujo de una corriente eléctrica. Aunque la fisiopatología de un tejido, ante el paso de una corriente eléctrica no es bien conocida, al menos hay una apreciación sobre su contenido de humedad, temperatura y otras propiedades físicas. A mayor resistencia (R) de un tejido ante el paso de una corriente eléctrica (I), mayor será su potencial para transformar la energía eléctrica en energía térmica (P), para cualquier corriente dada. Esto puede ser descrito mediante la Ley de Joule como:

$$P = I^2 \cdot R$$

Los nervios¹ y los músculos y vasos sanguíneos, debido a su alto contenido electrolítico y de agua, son muy buenos conductores. Los huesos, los tendones y la grasa tienen una muy alta resistencia y tienden a aumentar el calor cuando circula corriente por ellos. Los otros tejidos del cuerpo tienen resistencias intermedias. La piel es la primera resistencia que se opone al flujo de corriente eléctrica dentro del cuerpo. La mayor parte de la energía puede ser disipada en la superficie de la piel, causando importantes quemaduras superficiales, algunas veces resultando en menos daños internos profundos que los que se esperarían si una corriente de menor magnitud fuera hacia los tejidos profundos. La transpiración puede hacer disminuir la resistencia de la piel a 2.500-3.000. La inmersión en agua puede reducir estos valores a 1200 - 1500 Ω , entonces, permitiría fluir

más energía a través del cuerpo, resultando en electrocución con paro cardíaco pero no en quemaduras superficiales. En general, entre mayor sea la duración del contacto con altas corrientes eléctricas, mayor será el grado de destrucción de los tejidos.

Alteraciones en membranas de células excitables

Las señales nerviosas, los procesos de la contracción en los músculos esqueléticos, cardíaco y lisos, están precedidos por la actividad eléctrica de sus células excitables.

En las células, la actividad eléctrica se origina y propaga gracias a cargas llevadas principalmente por iones como el Na^+ , el K^+ y el Cl^- . La membrana celular es el organelo que por su composición y características funcionales permite que las cargas no solamente se sitúen en forma polarizada entre el interior y exterior de una célula, sino que también se pueda regular el flujo de ellas a través de estructuras protéicas llamadas canales iónicos.

La propiedad de acumular cargas positivas y negativas a través de la membrana celular (capacidad) se origina en la doble capa de lípidos que posee, la cual presenta una alta resistencia eléctrica, el flujo de corriente en una célula excitada tiene como vías principales los canales iónicos (de resistencia variable) de naturaleza proteica.

A continuación en la *figura 1* se esquematizan y resumen los hechos de acumulación de cargas y los flujos de corriente.

En la *figura 1A* se indica la acumulación y polarización de cargas eléctricas iónicas, hecho asentado en la doble capa de lípidos. La conductancia iónica depende de canales iónicos, de origen proteico y de resistencia variable; c y r son las corrientes capacitivas y resistivas. En la *figura 1B* se esquematiza una membrana polarizada que ante un estímulo adecuado modifica su conductancia y se despolariza, dando origen a las señales eléctricas celulares.

En las células musculares cardíacas y en las neuronas de los centros respiratorios y en sus efectores los músculos de la respiración, los procesos de polarización, despolarización y repolarización se suceden en forma continua y preceden a las fases del ciclo cardíaco y de la respiración respectivamente.

La actividad cardíaca, en su componente eléctrico, se estudia mediante el análisis del electrocardiograma, que es la forma integrada de ondas eléctricas de despolarización y repolarización originadas en estructuras y sitios específicos del corazón, en la *figura 2*, se presenta un esquema de un electrocardiograma. Así pues, P, QRS y T preceden la ejecución de los eventos mecánicos de contracción, para expulsar la sangre y de relajación para llenar nuevamente de sangre al corazón.

Un porcentaje alto de personas impactadas por la corriente de un rayo desarrollan alteraciones cardíacas y/o respiratorias que pueden ser pasajeras o tan duraderas que llevan a la muerte. En forma semejante a lo que experimentalmente se puede realizar en un laboratorio de electrofisiología es-

timulando células con pulsos de corriente, la energía de un rayo puede alterar los mecanismos celulares dependientes de las corrientes iónicas despolarizantes, originadas por el ión Na^+ , o las repolarizantes conducidas por el ión K^+ .

Es posible inferir que si el paso de la corriente del rayo coincide con el transcurso de la onda T de repolarización de la célula cardíaca, la fase de diástole o de relajación se alterará. Experimentos realizados con modelos animales como la rata, conejos o perros, establecen que corazones impactados con corrientes de 80 mA a 4 A, presentan fibrilación, esta es una contracción incontrolada en el sentido de que ese proceso mecánico pierde el orden y la secuencia de contracción y relajación que deben tener

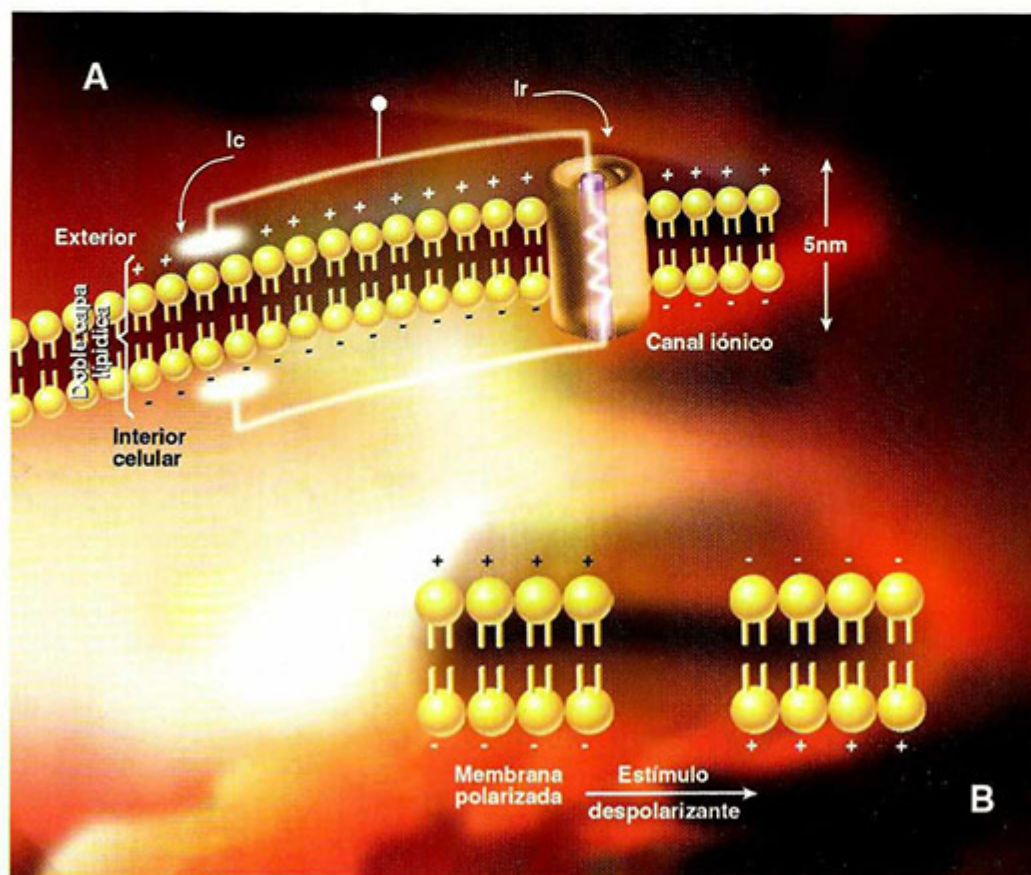


Ilustración: Olga Lucía Dozo M.

Figura 1.
Esquema de la membrana celular.

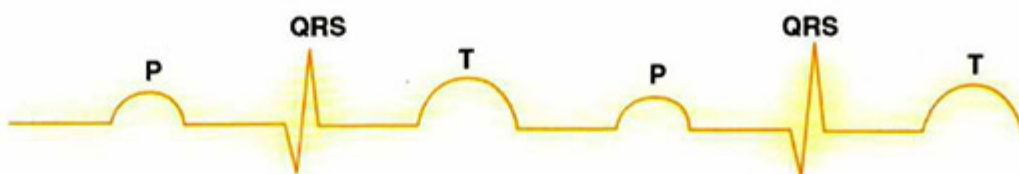


Figura 2. Esquema de un electrocardiograma P, QRS, son ondas de despolarización originadas en la aurícula (P) y en el ventrículo (QRS), estas ondas preceden la fase de expulsión de la sangre, o sístole. La onda T es de repolarización, da inicio a la relajación y llenado del corazón o diástole, sin considerar los efectos térmicos.

todas las células cardíacas, para que la función de bomba del corazón sea eficiente, la fibrilación se puede presentar después de que una corriente de un rayo pase por el corazón.

Algunas observaciones señalan que cuando la corriente de un rayo impacta la cabeza de una persona, se presenta paro respiratorio, aquí pueden afectarse los procesos eléctricos de las membranas neuronales de los centros respiratorios medulares, o de las neuronas motoras que llevan la información a los músculos respiratorios.

Algunos autores han tratado de demostrar que la energía de un rayo no solamente puede afectar el equilibrio o secuencia de los eventos eléctricos en una célula excitable, sino que, además, puede dañar la estructura de proteínas de membranas asociadas con los canales iónicos, originando lo que ellos denominan "electroporación", deduciéndose que el canal destruido pierde su selectividad y control para el manejo de la corriente que pasa a través de él. La electroporación controlada, se usa en laboratorios de biología molecular para crear poros en membranas, la técnica consiste en la aplicación de pulsos de corriente de alta intensidad y corta duración, situación semejante a la que se

puede generar con la energía de un rayo.

Fibrilación ventricular

Para cumplir con su función de bombear sangre por la circulación, el corazón tiene dos cámaras principales de bombeo: una para enviar sangre alrededor del cuerpo (el ventrículo izquierdo) y la otra para bombearla a través de los pulmones (el ventrículo derecho). Las paredes delgadas de los ventrículos están constituidas en su mayoría de músculos y su contracción simultánea de todas las fibras de músculos individuales establece una presión suficiente dentro de los ventrículos para hacer circular la sangre.

Una corriente eléctrica que pasa a través del corazón puede perturbar la coordinación de las fibras musculares de tal forma que en vez de contraerlas simultáneamente ellas se contraen individualmente, cada una a su propio ritmo. Al no establecerse una cabeza de presión en los ventrículos, la circulación cesa, produciendo la muerte en cerca de 4 minutos.² Si los ventrículos son vistos en este estado, cuando las fibras se están contrayendo individualmente, los ventrículos en vez de mostrar contracciones regulares vigorosas (pulsaciones del corazón) se ven en un estado de flacidez con pulsaciones irregulares conocidas como

fibrilación y parecen un "saco de gusanos".

Detención de la respiración

Un choque eléctrico puede afectar la respiración de dos formas: un paro respiratorio que persiste después que la corriente ha cesado de fluir o que el paso de la corriente cause que los músculos del tórax se contraigan impidiendo el movimiento respiratorio. En este último caso los efectos persisten sólo mientras se de el paso de la corriente; debido a que esta corriente fluye sólo unas décimas de milisegundos, los efectos producidos son despreciables.

Hay evidencias³ que el paro respiratorio es únicamente producido cuando la corriente pasa a través del centro respiratorio, el cual está localizado en la parte baja del cerebro. En este caso se recomienda dar primeros auxilios mediante respiración artificial.

Cómo causa daño o mata un rayo

Existen numerosos artículos científicos, de difusión científica e información respecto al peligro de los rayos para los seres humanos durante actividades al aire libre en caso de tormentas eléctricas. Hasta hace unas dos décadas los conceptos sobre prevención contra rayos que predominaban eran la máxima corriente

| Intensidad [mA] | Efecto |
|-----------------|---|
| 1-5 | Hormigueo. |
| 5-10 | Contracción Muscular. |
| 30-50 | Paro respiratorio secundario a tetania del diafragma y músculos torácicos. |
| 50-90 | Paro respiratorio al afectar el bulbo. |
| 90-150 | Fibrilación ventricular. |
| 2000-5000 | Quemaduras cutáneas. |
| 5000-10000 | Asistolia (interrupción momentánea de la actividad contráctil del corazón). |
| 25000 o más | Muerte. |

Tabla 1. Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.

permitida por el cuerpo humano para evitar fibrilación ventricular⁴ y la fórmula de Ossipka⁵ en función del valor de la carga eléctrica crítica.

Actualmente es aceptado que un choque eléctrico con una energía entre 10 y 50 Julios absorbida por

ventricular, siempre y cuando la tensión a la que queda expuesta la persona y el tiempo que dure circulando por el cuerpo cumplan con el criterio de mínimo 10 Julios. Por ejemplo, una persona expuesta a una tensión de 1000 voltios y 90 mA durante 1 microsegundo absorbería una energía de: $E = 1.000 \cdot 0,090 \cdot 0,000001 = 0,00009$ Julios, la cual no le produciría fibrilación ventricular. Sin embargo, esa misma persona expuesta a los mismos 1000 voltios, y 90 mA, pero durante 1 segundo absorbería una energía: $E =$

entre la cabeza y los pies⁷ y $W_R = 30$ Julios como la energía media crítica; entonces, la energía específica⁸ media W que puede causar la muerte está representada por la expresión:

$$W [A^2s] R [\Omega] = W_R [J]$$

$$W = \frac{W_R}{R} = \frac{300}{800} = 0,0375 \left[\frac{J}{\Omega} \right]$$

Las condiciones más favorables para una víctima potencial serían cuando:

$$R = 400 \Omega, W_R = 50J \text{ y } W = 0,125 J/\Omega$$

De un diagrama de distribución de la energía específica del rayo, figura 3, vemos que la probabilidad de W menor que los valores calculados arriba no excede hasta 0,1%.¹⁰

De hecho, el porcentaje de muertes por accidentes cuando un rayo impacta directamente a una persona se ha estimado entre 30 y 90%.¹¹ Así, la probabilidad que una víctima sobreviva por impacto directo parece ser al menos 100 veces mayor que aquella que resulta de la suposición de flujo dentro del cuerpo exclusivamente (figura 4). La única expli-

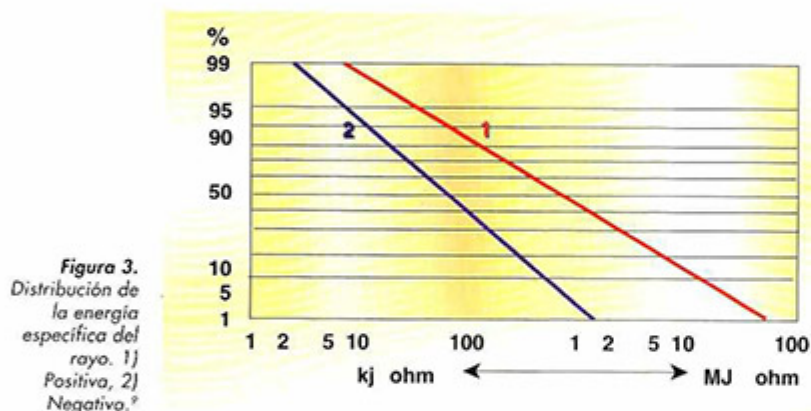


Figura 3. Distribución de la energía específica del rayo. 1) Positiva, 2) Negativa.⁹

un cuerpo humano está dentro del rango de valores en los cuales puede ocurrir fibrilación ventricular⁶. De esta forma, los criterios de tiempo-corriente y Carga eléctrica han sido reemplazados por los de energía.

De todas maneras, la corriente eléctrica, expresada en amperios, es una medida de la cantidad de la energía que fluye a través de un objeto. La tabla 1 presenta los rangos de magnitud de corriente y los efectos que puede producir en el cuerpo humano. Al respecto es importante enfatizar sobre el concepto de energía: una corriente de 90 mA puede producir fibrilación

1.000 * 0,090 * 1 = 90 Julios, la cual sí le produciría fibrilación ventricular.

Un rayo puede matar o causar daños al fluir corriente por el cuerpo humano. Sin embargo, los flameos externos (entre la cabeza y los pies) que se producen alrededor del cuerpo pueden causar más daños (quemaduras) que muerte.

Impacto directo

Hagamos un análisis de la probabilidad de muerte de un accidente por rayo cuando la víctima es impactada directamente. Asumiendo 800Ω como el valor medio de la resistencia a lo largo del camino

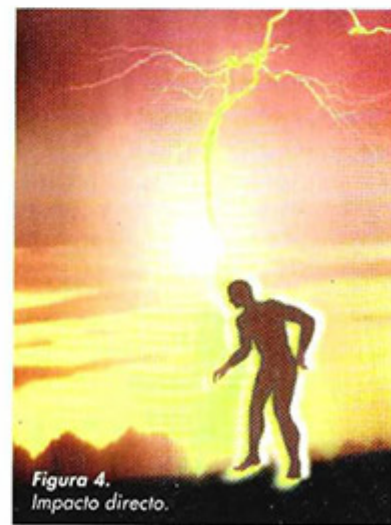


Figura 4. Impacto directo.

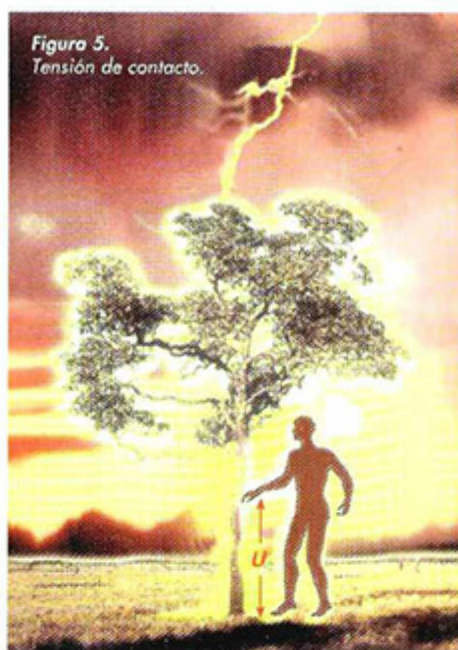


Figura 5.
Tensión de contacto.

Tensión de contacto

En este caso la persona está en contacto físico con un objeto que es impactado por un rayo. La corriente del rayo, en su mayoría, puede fluir dentro del cuerpo humano en el punto de contacto (figura 5).

Sin embargo, si el objeto que es impactado por el rayo y la persona se encuentra al mismo potencial (igual resistencia de puesta a tierra), el riesgo de muerte o daños por rayo se mitiga. Este es el caso de una Jaula de Faraday, como la que se diseñó, instaló y está en operación en el centro interactivo de Ciencia y Tecnología Maloka en la ciudad de Bogotá.

Rayo lateral al cuerpo humano

Este caso aparece cuando una persona está cerca de un objeto que es impactado por un rayo y, al bajar por el objeto puede sal-

cación de este hecho puede ser el flameo externo entre la cabeza y los pies. Esta idea fue propuesta por Berger¹² en 1971. Él asume, por simplicidad, un cuerpo de resistencia 1.000Ω . Cuando la corriente inyectada en el cuerpo alcanza los 1000 Amperios, la caída de potencial entre la cabeza y los pies llega a ser de 1000 kV y, entonces, ocurre un flameo alrededor del cuerpo. Una vez se presenta el arco, la diferencia de potencial alrededor del cuerpo de la víctima cesa alrededor de los 4 kV y la corriente a través del cuerpo cae a 4 A, la cual continúa por tanto tiempo como sea alimentada por la descarga del rayo, probablemente no mayor a unas cuantas décimas de milisegundos en muchos casos. Como lo considera Golde y Lee¹³, en su análisis del trabajo de Berger, tales corrientes y duración pueden o no causar fibrilación, lo cual explica por qué algunas víctimas sobreviven a un impacto directo de rayo.

tar hacia una persona. Se da cuando una posible víctima está cerca del lugar del potencial de tierra.

Por esta razón se recomienda que cuando una persona se va a proteger de los rayos debajo de un árbol lo haga en posición fetal y sin tocar el árbol, para evitar circulación de corriente dentro de su cuerpo. Sin embargo, la probabilidad del "salto" del rayo depende de la resistencia del camino de la corriente del rayo a lo largo de la madera (en el caso de un árbol) (figura 6).

Tensión de paso

Una persona de pie, caminando o corriendo cerca de un punto donde un rayo impacta (o donde la corriente del rayo fluye a tierra a través del objeto impactado) está sujeta a una diferencia de potencial entre los pies (figura 7).

Anteriormente se sospechaba que la tensión de paso causaba muchas muertes bajo estas condiciones de rayo. Actualmen-

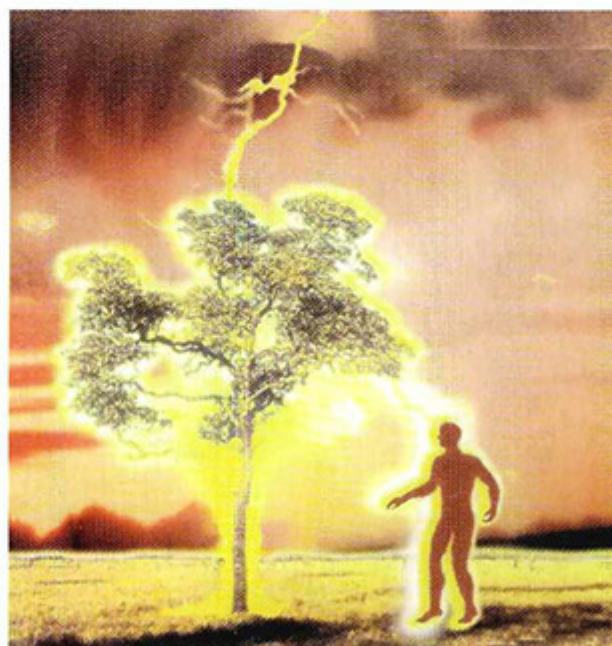
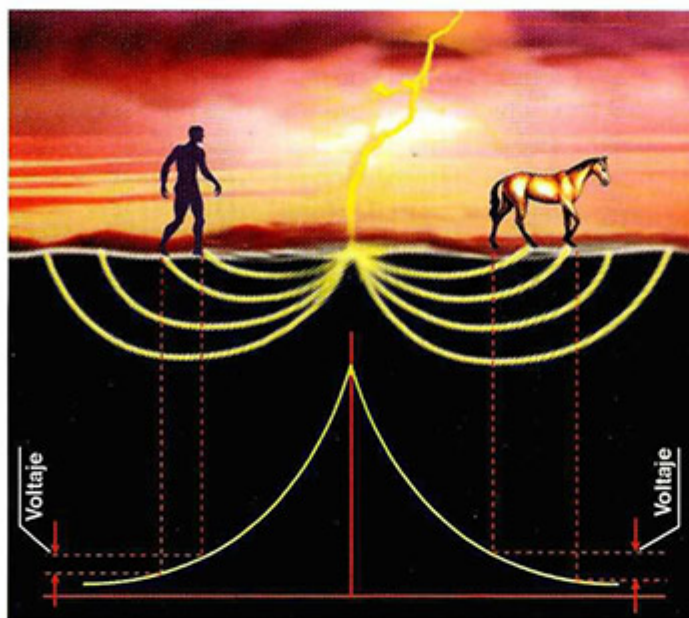


Figura 6.
Rayo lateral.

Figura 7.
Distribución
de la tensión
de paso.



te se sabe que, aún en condiciones de resistencia alta de una persona y tierra, la energía absorbida

por el cuerpo humano, debido a las tensiones de paso es sólo una fracción del rango de la energía consi-

derada peligrosa (entre 10 y 50 Julios), alcanzando valores de sólo 0,5 Julios. Así, la tensión de paso no es la causa más probable de daño por rayo. Sin embargo, algunas veces la corriente de rayo que alcanza la tierra no se dispersa uniformemente, sino fluye como un arco sobre la superficie de la tierra. Cuando una persona se encuentra en el camino de ese arco puede sufrir de quemaduras y parálisis.

Efecto inducido de los rayos

Los impactos a tierra a distancias entre 25 y 3000 metros generalmente inducen más de 1000 voltios sobre conductores aéreos. Este fenómeno es peligroso para un ser humano (por ejemplo en contacto con una malla metálica o una cerca); por ello se recomienda alejarse de las líneas eléctricas, cables aéreos,

| Investigador | Muestra | Intervalo después del accidente | Pérdida cognoscitiva | Morbilidad psicológica | Relación CT /EEG |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|---|--|------------------|
| Shaw y York-Moore (1957) | 28 | > 1 Año | NA | 18% con ansiedad, depresión o histeria | NA |
| Troster y Ruff (1987) | 1 | 1 mes a 2 años | Atención, memoria verbal | Angustia leve | NA |
| Andrews y Darveniza (1989) | 132 mediante teléfono | > 3 años | 6% pérdida de memoria | 4% ansiedad, 10% depresión | NA |
| Andrews y Darveniza (1992) | 10 mediante teléfono | grave | NA | 20% perturbación severa | NA |
| Frayne y Gilligan (1987) | 1 | Grave, 6 semanas | Problemas de concentración y coordinación | NA | CT anormal |
| Frayne y Gilligan (1987) | 1 mediante teléfono | 3 semanas | Memoria verbal, nuevamente aprendizaje | Cambio transitorio de personalidad | CT y EEG normal |

Tabla 2.
Investigaciones de secuelas por rayos.

| Síntomas | Muestra de daños por rayos [%] |
|----------------------------|--------------------------------|
| Desarrollo Neurológico | |
| Perturbación del sueño | 44 |
| Pérdida de memoria | 52 |
| Pérdida de atención | 41 |
| Irritabilidad | 34 |
| Mareo | 38 |
| Fatiga | 38 |
| Desarrollo sensorial | |
| Entumecimiento | 36 |
| Distorsión de los sentidos | 40 |
| Fotofobia | 34 |
| Otros | |
| Rigidez de articulaciones | 35 |

Tabla 3.
Frecuencias de efectos posteriores causados por rayos de informes de 100 sobrevivientes.

cercas ganaderas, mallas eslabonadas, vías de ferrocarril y tendedores de ropa.

Efectos de los rayos sobre las personas

En los últimos 50 años varios investigadores alrededor del mundo han estudiado los diferentes problemas emocionales que han presentado los sobrevivientes a impactos de rayo. La *tabla 2* describe una variedad de aquellos problemas emocionales que van desde ansiedad hasta separación matrimonial, en su mayoría debido a depresión. Así mismo, esta tabla ilustra las principales características de las secuelas psicológicas que varían en severidad y duración. Los informes de los estudios de caso señalan entre otros síntomas: perturbación del sueño, pérdida de memoria, depresión, disfunción sexual, pánico crónico, así como debilidad, mareo y confusión que pueden aumentar si hay daño neurológico o reacción psicológica o

de una sutil interrelación entre los dos (*tabla 3*).

El dilema de la especificidad etiológica ha sido ilustrado por el investigador Engelstatter,¹⁴ quien revisó una lista de síntomas recogidos retrospectivamente de 100 sobrevivientes por rayos. Todos ellos presentaron secuelas crónicas después de 2 o más años del accidente. La *tabla 4* presenta un resumen de las frecuencias de efectos causados por rayos extractados de informes de 100 sobrevivientes. Nueve de diez de las más frecuentes lamentaciones son de una variedad que pueden ser de naturaleza psicológica. Cinco de los 10 más nombrados son síntomas clásicos de depresión (*tabla 3*).

Prevención contra rayos

En los últimos 20 años han muerto una media de 100 personas por año a causa de rayos en los Estados Unidos (1990), país con mucha menor actividad de tormentas eléctricas que Colombia.

Aunque no hay datos estadísticos disponibles a nivel nacional, son invaluable las pérdidas en vidas humanas y bienes semovientes, los costos en equipos eléctricos y electrónicos domiciliarios, comerciales e industriales dañados y los altos valores en pólizas que anualmente pagan las aseguradoras, principalmente en las épocas de mayor actividad de rayos.

Aunque muchos han sido los estudios e investigaciones a nivel mundial y nacional sobre los rayos; en Colombia, a pesar de ser uno de los países con mayor actividad de rayos en el mundo, muy poca ha sido la aplicación que se le ha dado a los resultados de las investigaciones, principalmente a nivel de protección de vidas humanas, bienes semovientes, estructuras y equipos en general.

Es importante, entonces, resaltar que el riesgo de ser alcanzado por un rayo es mayor entre las personas que trabajan, juegan, caminan o permanecen al aire libre durante una tormenta eléctrica. Para la zona central colombiana (Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle y los Llanos) la actividad de rayos es más intensa durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre. En la zona caribe colombiana durante los meses de julio-agosto y en la zona sur (Amazonas, Cauca, Putumayo) durante los meses de diciembre-enero.

En las tres zonas descritas generalmente se presenta la actividad de rayos entre las 2 y las 6 de la tarde y en algunas zonas especiales como el Magdalena Medio en horas de la noche y la madrugada.

RECOMENDACIONES

Con el ánimo de mitigar las probabilidades de riesgo por impactos de rayo, las siguientes son las recomendaciones mínimas para tener en cuenta por personas que trabajen o tengan actividades al aire libre, en caso de proximidad de tormentas eléctricas y que se encuentran en la Norma Técnica Colombiana NTC4552 sobre protección contra rayos:

- A menos que sea absolutamente necesario no salga al exterior ni permanezca a la intemperie durante las tormentas.
- Busque refugio en el interior de edificaciones, vehículos u otras estructuras que ofrezcan protección contra el rayo.
- Siga las órdenes de los brigadistas de emergencia.

• LOS SIGUIENTES LUGARES CONSTITUYEN UNA PROTECCIÓN ADECUADA CONTRA EL RAYO:

- Contenedores totalmente metálicos.
- Viviendas y edificaciones con un sistema adecuado de protección contra rayos.
- Automóviles y otros vehículos cerrados, con carrocerías metálicas.

• DE SER POSIBLE, EVITE LOS SIGUIENTES LUGARES, QUE OFRECEN Poca O NINGUNA PROTECCIÓN:

- Edificaciones alejadas de otras viviendas.
- Tiendas de campaña y refugios temporales en zonas despobladas.
- Vehículos descubiertos o no metálicos.
- Torres de comunicaciones o de energía.

• EN LOS SIGUIENTES LUGARES EXTREME PRECAUCIONES:

- Terrenos deportivos y campos abiertos.
- Piscinas y lagos.
- Cercanías de líneas eléctricas, cables aéreos, cercas ganaderas, mallas eslabonadas, vías de ferrocarril y tendedores de ropa.
- Árboles aislados.
- Torres metálicas (de comunicaciones, de líneas de alta tensión, de perforación, etc.).

• SI DEBE PERMANECER EN UN LUGAR DE ALTO RIESGO DE RAYOS:

- Busque zonas bajas.
- Busque zonas pobladas de árboles, pero evitando árboles aislados.
- Busque edificaciones y refugios en zonas bajas; evite edificaciones sin protección adecuada y refugios elevados.
- Si tiene que escoger entre una ladera y el filo de una colina, sitúese en el filo.

• SI SE ENCUENTRA AISLADO EN UNA ZONA DONDE SE ESTÉ PRESENTANDO UNA TORMENTA ELÉCTRICA:

- No se acueste sobre el suelo.
- Junte los pies.
- Adopte la posición fetal.
- No coloque las manos sobre el suelo.
- No escame bajo un árbol aislado. ☐

Referencias

Andrews C.J.; Darveniza M.: "Special aspects of telephone mediated lightning injury: an Australian perspective". In: *Lightning injuries: electrical, medical and legal aspects*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1992, pp.163-189.

Andrews C.J.; Darveniza M.: "Telephone mediated lightning injury: an Australian survey" *J Trauma* 1989, 2, pp. 665-671.

Berger K.: "Zum Problem des Personenblitzschutzes" *Bull. Schweiz Elektrotech., Ver. 62*, 397-399.

Chai J.C.; Heritage H.A. y Wilson H.Z.: "Lightning Energy Absorption in Humans and Personal Safety" *Proceedings of the International Aerospace and Ground Conference on Lightning and Static Electricity* (Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim, Germany), pp 483-492, May, 1994.

Dalziel C.F.: "Threshold 60-cycle fibrillating currents". *AIEE Trans. PAS-79* pp. 667-673, 1960.

Engelstatter G.H.: "Neuropsychological and psychological sequel of lightning and electric shock injuries". Presented at 4th Annual International meeting of Lightning strike and electric shock victims, Maggie Valley, NC, May, 1994.

Flisowski Z.: "Development trenes in the lightning protection structures" (En Polaco), Varsovia, 1986.

Frayne J.H.; Gilligan B.S.: "Neurological sequel of lightning stroke". IN *Clinical and experimental 31. Neurology*. Baltimore, Williams & Williams, 1987, pp 195-200.

Golde R.H.; Lee W.R.: "Death by lightning". *PIEE Reviews* 123, pp 1163-1179, 1976.

Golde R.H.: "Lightning", Vol. 2. Academic Press, 1977.

Horvath T.: "Computation of Lightning Protection". *RSP*, 1991.

Lee W.R.; Zoledziowski S.: "Effects of electric shock on respiration in the rabbit". *British Journal ind. Med.* 21, pp 135-144, 1964.

Ossypka P.: "Messtechnische Untersuchungen ubre Stromstärke, Einwirkungsdauer, und Stromweg bei elektrischen Wechselstromunfällen an Mensch und Tier". *Bedeutung und Auswertung für Starkstromlagen. Elektromedizin* 8, 153-179, 1963.

Shaw D.; Cork-Moore M.E.: "Neuropsychiatric sequel of lightning stroke". *BR. Med. J* 1957, 2 pp 1152-1155.

Szczerbinski M.: "Numerical estimation of Lightning hazard to humans during outdoor activity". *ICLP*, 1998.

Torres H.: "El Rayo, Mitos, Leyendas, Ciencia y Tecnología". Editorial Unibiblo, Bogotá, Colombia, 2002.

Troster A.I.; Ruff R.M.: "Accidental high voltage electrocution: neurobehavioral sequel in three cases". Presented at National Academy of Neuropsychology meeting, Chicago, November 1987.

Notas:

- ¹ Diseñados para portar señales eléctricas.
- ² Golde, R.H. "Lightning", Vol. 2. Academic Press, 1977.
- ³ Lee, W.R. Zoledziowski, S. "Effects of electric shock on respiration in the rabbit" *British Journal ind. Med.* 21, pp 135-144, 1964
- ⁴ Dalziel, C.F.: "Threshold 60-cycle fibrillating currents" *AIEE Trans. PAS-79* pp. 667-673, 1960.
- ⁵ Ossypka, P.: "Messtechnische Untersuchungen ubre Stromstärke, Einwirkungsdauer, und Stromweg bei

elektrischen Wechselstromunfällen an Mensch und Tier". *Bedeutung und Auswertung für Starkstromlagen. Elektromedizin* 8, 153-179, 1963

⁶ Chai, J.C., Heritage, H. A., Wilson, H. Z.: "Lightning Energy Absorption in Humans and Personal Safety" *Proceedings of the International Aerospace and Ground Conference on Lightning and Static Electricity* (Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim, Germany), pp 483-492, May 1994.

⁷ Este valor varia entre 400 y 1200; Flisowski, Z.: "Development trenes in the lightning protection structures" (En Polaco), Varsovia, 1986.

⁸ La energia especifica es un parámetro característico del rayo: significa la cantidad de energia del rayo disipada cuando la corriente del rayo fluye por una resistencia de 1 Ω.

⁹ Horvath, T. "Computation of Lightning Protection", *RSP*, 1991.

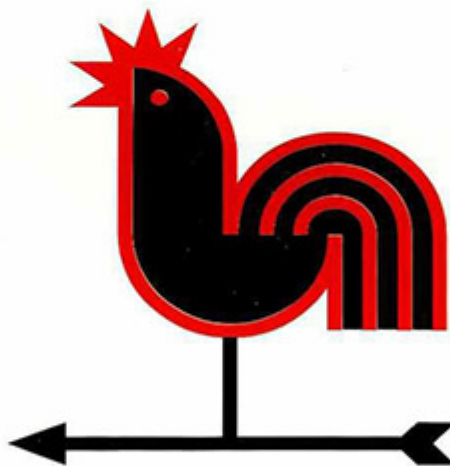
¹⁰ Szczerbinski, M. "Numerical estimation of Lightning hazard to humans during outdoor activity", *ICLP* 1998.

¹¹ Flisowski, Z.: "Development trenes in the lightning protection structures" (En Polaco), Varsovia, 1986.

¹² Berger, K.: "Zum Problem des Personenblitzschutzes" *Bull. Schweiz Elektrotech., Ver. 62*, 397-399

¹³ Golde, R.H., Lee, W. R.: "Death by lightning" *PIEE Reviews* 123, pp 1163-1179, 1976.

¹⁴ Engelstatter GH. "Neuropsychological and psychological sequel of lightning and electric shock injuries" Presented at 4th Annual International meeting of lightning strike and electric shock victims, Maggie Valley, NC, May, 1994.



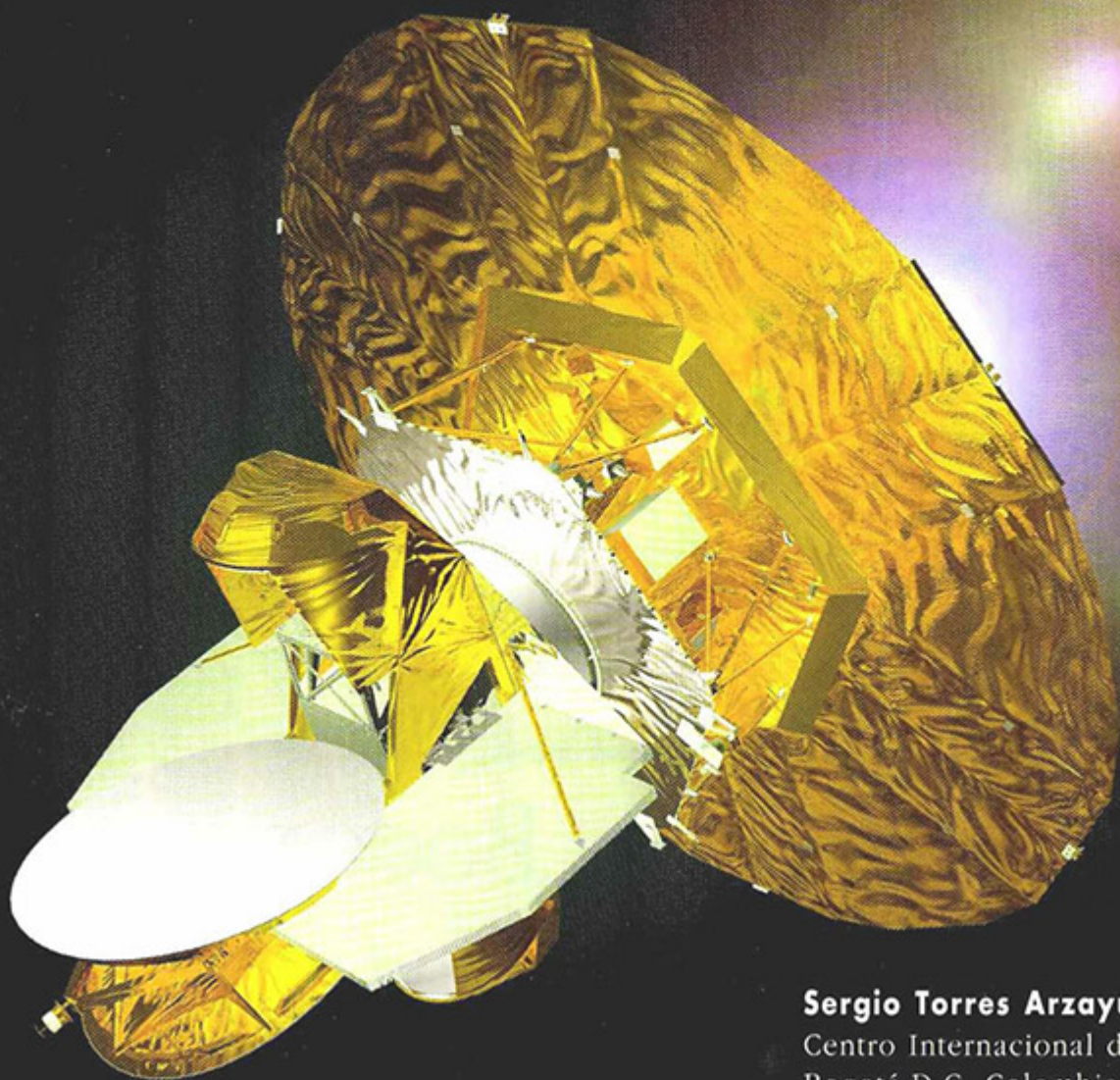
EL MUNDO EN BOGOTÁ

89.9 F.M. ESTEREO

Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría

COSMOLOGÍA

Proyecto WMAP de la Nasa confirma el Big Bang

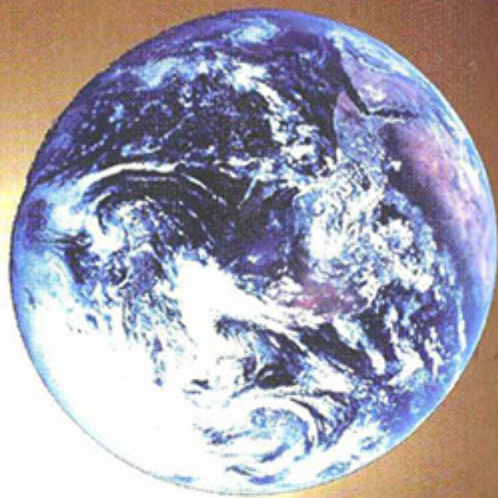


Sergio Torres Arzayús

Centro Internacional de Física,
Bogotá, D.C. Colombia.

E-mail: verada@earthlink.net

Figura 1.
La sonda
espacial WMAP
(NASA proyecto
WMAP).



El pasado 11 de febrero, los científicos Charles L. Bennett de la NASA y David N. Spergel de la Universidad de Princeton presentaron en Washington los resultados del primer año de observaciones con la Sonda Wilkinson de Anisotropías del fondo de Microondas denominada WMAP.¹ Por primera vez se observa y se detecta la época de formación de las primeras estrellas y se mide la polarización de la radiación cósmica de fondo (RCF) y se detecta coherencia a pequeñas escalas angulares tal como se espera de la teoría del Big Bang y a grandes escalas angulares tal como lo predicen los modelos inflacionarios. WMAP logró observar el universo temprano con un nivel de detalle y precisión jamás logrado anteriormente y con el cual queda firmemente establecido el modelo cosmológico estándar basado en la gran explosión o "Big Bang".

El Big Bang es una teoría sorprendentemente simple que explica con muy pocos parámetros el origen del universo y la formación de todo lo que observamos, desde los átomos de hidrógeno hasta los cúmulos de galaxias. La razón por la cual funciona una teoría tan simple es porque los objetos bajo estudio en la astrofísica y la cosmología son sencillos. Estudiar y entender una pulga es infinitamente más complicado que una estrella.

La teoría del Big Bang fue motivada por la posibilidad que brinda la teoría de la Relatividad General de Einstein (1916) de estudiar al universo como un todo. Así fue como el físico belga Georges Lemaître en 1930 y el matemático ruso Aleksandr Friedmann en 1922 encontraron soluciones a las ecuaciones de Einstein en las cuales el espacio se expande, es decir la curvatura del espacio es una función del tiempo. Dependiendo de la cantidad de masa en el universo el espacio se expande indefinidamente o la expansión se frena y luego colapsa bajo su propio peso. Insatisfecho con un universo en expansión, Einstein introdujo un término (llamado "constante cosmológica" o λ) en sus propias ecuaciones para frenar el universo y así someterlo a los prejuicios del momento que exigían un universo estático. Einstein proclama su idea de la constante cosmológica como el mayor disparate de su vida y la abandona para siempre a partir de su visita en 1930 a Edwin Hubble al Observatorio de Monte Wilson en California. Justo el año anterior a la visita de Einstein, Hubble había publicado su trabajo donde ponía en evidencia la expansión del universo basándose en observaciones de corrimiento hacia el rojo de los espectros de estrellas en galaxias lejanas. Es una lástima que Einstein no hubiera estado presente en la rueda de prensa de la NASA el pasado 11 de febrero, donde se presentó evidencia que favorece la existencia de la constante cosmológica.

Un universo en expansión implica un comienzo en el tiempo y un pasado donde la densidad de materia y energía era supremamente alta. La idea incipiente de esta gran explosión se fortalece con el trabajo del físico ruso George Gamow en 1948 cuando realiza un matrimonio exitoso del Big Bang con la física nuclear. De esta unión se producen dos predicciones que llegan a formar parte de los pilares fundamentales del Big Bang: la formación de los elementos químicos primordiales (helio, deuterio y litio) y la existencia de un fondo de radiación que invade todo el espacio como una neblina. La abundancia de los elementos primordiales fue establecida por medio de observaciones de los espectros de estrellas lejanas donde se encontró que de los átomos en el universo el 25% (en masa) es de helio y el 75% restante es hidrógeno. También se ha detectado una cantidad de deuterio de origen

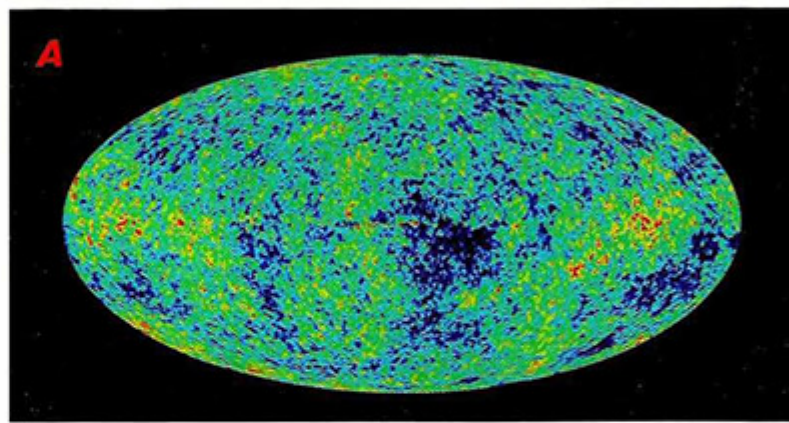
cosmológico igual a 2×10^{-4} , relativa a la cantidad de hidrógeno. Los átomos de elementos más pesados son una pequeña fracción y fueron sintetizados en los núcleos de las estrellas. La neblina de radiación o "radiación cósmica de fondo" (RCF) sería la energía remanente de la explosión primigenia. Los radioastrónomos Arno Penzias y Robert Wilson tuvieron la suerte de detectar la RCF sin proponérselo en 1964. Para su trabajo Penzias y Wilson tuvieron la suerte de heredar una antena usada en estudios de radio comunicaciones por microondas la cual convirtieron en el radiotelescopio más sensible en ese momento. Por su descubrimiento Penzias y Wilson recibieron el premio Nobel de física en 1978.

Es interesante anotar que ya existía evidencia de la RCF 30 años antes del experimento de Penzias y Wilson. Walter Adams y Andrew McKellar habían observado las líneas de emisión resultantes de la excitación producida por la RCF en radical CN que se encuentra en el medio interestelar de cianuro. Los autores Helge Kragh y Steven Weinberg explican el retardo en el descubrimiento de la RCF resaltando el hecho de que por esos años la cosmología no era tomada en serio. De hecho, los científicos que marginalmente tocaban el tema adoptaban el modelo del Big Bang o el modelo rival cuasiestacionario guiados no por resultados empíricos sino por inclinación filosófica.

Algunos historiadores declaran la entrada del Big Bang a la madurez al momento de surgir la evidencia experimental que confirma tres de las predicciones del modelo: a) la expansión y edad finita del universo, b) el fondo de microondas y c) la abundancia de los elementos primordiales. Este evento histórico se puede fijar en la década 1955 - 1965,

lo cual se ve reflejado en el promedio de publicaciones sobre cosmología en revistas científicas que en esa década aumentó de 10 a 50 al año. Sin embargo, muchos fueron los episodios turbulentos por los que pasó la teoría antes de quedar firmemente establecida. Primero aparecieron las discrepancias entre la edad del universo que predice el Big Bang y los cálculos de la edad de la Tierra. Más adelante surge una incómoda situación en la cual la edad del universo obtenida por dos métodos distintos dan resultados in-

consistencia entre ellas y entre los resultados experimentales (ver tabla), considerando que éstos han sido obtenidos de forma independiente. El rango de validez de la teoría comprende edades del universo que van desde los primeros minutos después del Big Bang hasta el presente. Se han desarrollado numerosos intentos por extender la validez de la teoría a las primeras fracciones de segundo después del Big Bang. El modelo inflacionario, elaborado por Alan Guth en 1981 e independientemente por Andrei Lin-



compatibles. Por otro lado los distinguidos cosmólogos Fred Hoyle, Jayant Narlikar y Halton Arp atacan el Big Bang con argumentos contundentes entre otros presentando un mecanismo alternativo que explica la radiación cósmica de fondo. Todas estas dificultades han sido superadas.

El perfeccionamiento de la teoría del Big Bang y la ardua tarea de confrontar sus predicciones con la evidencia experimental tardó más de 40 años desde el descubrimiento de Penzias y Wilson hasta los estudios detallados del universo temprano logrado por WMAP. El hecho que brinda un poderoso sustento a la teoría es la confirmación de un gran número de sus predicciones y la

de en 1982, propone que a la edad de solo 10^{-35} segundos el universo se infla rápidamente de tal forma que su tamaño crece por un factor de 10^{50} o mayor. El resultado de esta tremenda hinchazón es la liberación de una enorme cantidad de energía en forma de fotones, quarks y leptones. Es posible que algún día los físicos encuentren la teoría unificada de la gravedad con las fuerzas nucleares. Igualmente es posible que este logro permita el desarrollo de una teoría del origen del universo más general que comprenda su historia desde el momento mismo del origen. Por la consistencia del Big Bang y la sólida evidencia experimental se prevé que el Big Bang sea incorporado en las teorías más avan-

zadas que seguramente serán desarrolladas por los físicos, de manera similar a como la mecánica de Newton es incorporada en la relatividad general de Einstein.

Los hallazgos de WMAP

La sonda WMAP de microondas (figura 1) fue lanzada al espacio el 30 de junio de 2001 hacia un punto a una distancia de 1,5 millones de kilómetros de la Tierra. Lejos de las interferencias locales que se encuentran en nuestro ambiente inmediato

pero cuya naturaleza aún no se conoce. Estos resultados son consistentes con el Big Bang y dan sustento a los modelos inflacionarios que explican lo que ocurrió durante las primeras fracciones de segundo del universo.

Los resultados se basan en la observación de la RCF a 5 frecuencias distintas en el rango 23 a 94 GHz (microondas) con radiómetros diferenciales. Estos instrumentos son antenas de radio que miden diferencias de intensidad en la señal proveniente de direcciones distintas de la

el momento en el que la RCF se desprende de la materia.

Las anisotropías de la RCF fueron detectadas por primera vez en 1992 por la sonda COBE (*Cosmic Background Explorer*) de la NASA. Con las observaciones del COBE los astrofísicos pudieron comprobar los cálculos que conectan estas anisotropías con las fluctuaciones de densidad en el universo temprano. La diferencia cualitativa más importante entre COBE y WMAP consiste en la resolución angular de sus antenas, lo cual determina los

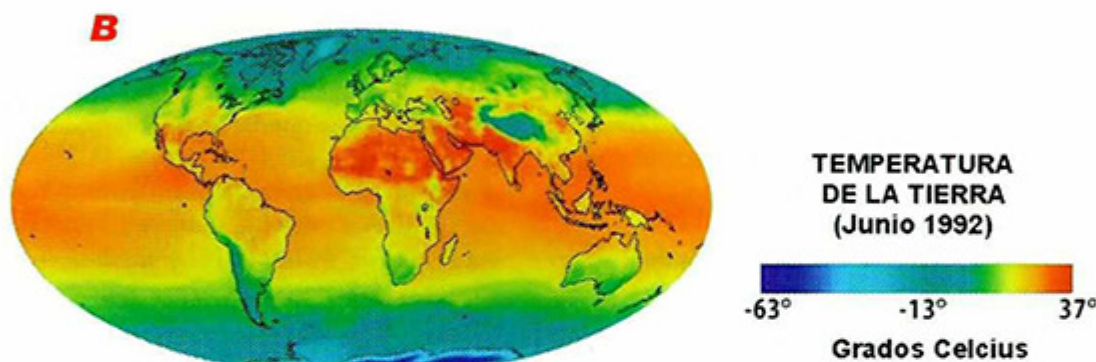


Figura 2.
A. Mapa del universo bebé, apenas cumplidos sus 380 mil años de edad. Las manchas que se observan corresponden a pequeñas diferencias en temperatura. La forma oval del mapa se debe a la proyección usada.
B. Mapa de la temperatura de la Tierra usando la misma proyección. (Cortesía: NASA proyecto WMAP).

y fuera de la atmósfera donde las microondas viajan libremente sin ser absorbidas el WMAP observa la RCF con una nitidez que le permite percibir diferencias de temperatura de una millonésima de grado absoluto (grado Kelvin). Gracias a sus antenas supersensibles el WMAP revela con lujo de detalles las características del universo recién nacido.

Después de un año de observaciones WMAP ha logrado obtener las mediciones más precisas hasta el momento de la edad del universo, la curvatura del espacio, la cantidad de átomos en el universo, la cantidad de masa oscura, la época de formación de las primeras estrellas y la presencia de una forma de energía invisible que domina el universo

esfera celeste. Para los radio-astrónomos la intensidad de esta señal es una medida de la temperatura de la fuente observada. La temperatura de la RCF entonces es la temperatura del universo cuando la radiación se liberó de la materia y comenzó a viajar libremente, hecho que ocurrió cuando el universo cumple sus primeros 380 mil años de edad. El valor de esta temperatura es de $2,725 \pm 0,002$ grados Kelvin (-270.43 Grados Celsius). Esto no quiere decir que el universo era así de frío en esa época temprana. En realidad el universo era 1089 veces más caliente. Lo que ocurre es que la temperatura de la radiación baja con la expansión del espacio, que justamente se ha expandido en un factor de 1089 desde

procesos físicos que pueden ser estudiados. COBE fue diseñada para observar a escalas angulares de 7 grados o mayores, mientras que WMAP puede distinguir detalles a partir de 2 décimas de grado. Este dato es importante ya que la escala angular de 1 grado divide dos grandes dominios de procesos físicos del universo temprano. La escala angular de 1 grado corresponde al horizonte causal cuando el universo tenía 380.000 años.

WMAP confirma y profundiza los hallazgos del COBE. En los mapas de la RCF (figura 2) las anisotropías en la temperatura aparecen como regiones frías y calientes. Estas regiones o "manchas" en el mapa no tienen forma regular. Sus

formas y distribución en la esfera celeste son aleatorias, como si fueran producidas por una fuente de ruido. Por su resolución angular las manchas observadas por COBE son grandes y revelan el efecto sufrido por los fotones de la RCF al interactuar con el campo gravitacional al momento del desacople con la materia. Los físicos se refieren a este mecanismo con el nombre de "efecto Sachs-Wolfe". Por otro lado, las manchas observadas por WMAP son producidas por oscilaciones acústicas en el plasma primordial. La superficie de última dispersión de los fotones de la RCF puede ser comparada con la superficie del cuero de un tambor la cual soporta modos vibracionales característicos. Los modelos cosmológicos predicen las características de estas manchas, permitiendo así confrontar los modelos con las observaciones. La detección de esta señal fue realizada por primera vez en el año 2000 por el grupo del experimento Boomerang.

El Big Bang hace predicciones específicas sobre las características de la RCF. Estas son: a) posee el espectro característico de los cuerpos en equilibrio termodinámico (el espectro de "cuerpo negro" explicado por Max Plank en 1901); b) presenta una polarización debido al proceso de dispersión con la materia (dispersión de Thompson) justo al momento de desacoplarse de ella; c) presenta diminutas variaciones en la temperatura de acuerdo con la dirección de observación. Las anisotropías se producen porque la materia y la radiación convivían acopladas en un estado de plasma donde se producen fluctuaciones acústicas. De hecho estas fluctuaciones son las que más adelante dan origen a la formación de estructuras a gran escala

(galaxias, cúmulos, etc.). El mecanismo de colapso gravitacional, propuesto por E. Lifshitz en 1946, convierte a estas insipientes fluctuaciones en los objetos astronómicos que hoy adornan la esfera celeste. De aquí se desprende otro elemento de coherencia interna del Big Bang: las inhomogeneidades en la densidad de la materia en el universo recién formado determina la estructura del universo a gran escala observada en el presente. El espectro de fluctuaciones en la radiación determinado por WMAP es consistente con las distribuciones de grandes estructuras en el cosmos. Un éxito innegable del Big Bang. El descubrimiento de las semillas que dan origen a la estructura del universo observado hoy es un logro intelectual contundente del siglo XX.

Nuestro universo revelado

Según WMAP vivimos en un universo de geometría plana (curvatura cero) compuesto por átomos (4,4%), materia oscura (22%) y energía invisible (73%). Estos resultados son compatibles con observaciones de estructuras de cúmulos y supercúmulos de galaxias, y con la expansión acelerada del universo que se infiere de observaciones de supernovas lejanas tipo Ia.² Quizá el hallazgo más extraño de este proyecto es el de demostrar que el universo está dominado por esa componente de energía invisible. No sabemos cuál es la naturaleza de esa energía. Los argumentos teóricos favorecen la propuesta de Einstein (generada en otro contexto por supuesto) de la constante cosmológica Λ , según la cual el espacio puede contener una presión negativa contraria a la gravedad. Algo así como una gravedad pero negativa. En los modelos

inflacionarios la constante cosmológica surge de forma natural como manifestación de la energía del vacío cuántico.

La edad del universo determinada por WMAP es de 13.700 millones de años con un error de sólo el 1%. Este resultado coincide (pero supera en precisión) las mediciones de la edad del universo obtenidas de forma independiente y con métodos distintos por el Telescopio Espacial Hubble haciendo mediciones de distancia y corrimiento hacia el rojo de estrellas cefeidas variables en galaxias lejanas.

Según WMAP el universo apenas tenía 200 millones de años cuando comenzó la época de formación de estrellas, lo cual resuelve uno de los acertijos que quedaban pendientes en la teoría del Big Bang. La detección de la época de formación de estrellas es posible gracias a la capacidad de WMAP de hacer mediciones de la polarización de la RCF. No se esperaba que las estrellas aparecieran tan temprano en la evolución del universo, lo cual excluye los modelos de formación que incorporan materia oscura "caliente" (cuyas partículas se mueven a velocidades relativistas) como los neutrinos. Por lo tanto, la materia oscura del universo es del tipo "frio" o CDM del inglés "cold dark matter". La prominencia del modelo LCDM resultante de WMAP tampoco era el resultado esperado. Por muchos años los astrofísicos estaban convencidos de que el universo era abierto y dominado por materia oscura pero no por el término Λ de energía invisible.

Los modelos inflacionarios ganan peso con las observaciones de WMAP al demostrar que las propiedades estadísticas de las anisotropías de la RCF coinciden con las predicciones de estos modelos. Específicamente, las anisotropías resultan ser

| Predicción | Confirmación | Prob |
|---|---|------|
| 1. Expansión del espacio por A. Friedmann en 1922 y G. Lemaître en 1930. | -Observada por E. Hubble en 1929 demostrando la relación entre velocidad y distancia de galaxias lejanas. La velocidad de expansión determinada por el Telescopio Espacial Hubble y consistente con el valor medido por WMAP es de 22 Km/seg por cada millón de años-luz de distancia. | 100 |
| 2. Edad finito del universo por A. Friedmann en 1922 y G. Lemaître en 1930. | -13.700 millones de años con un error del 1%, medida por WMAP y consistente con las edades de las estrellas más viejas y las mediciones de la edad del universo realizadas por el Telescopio Espacial Hubble. | 100 |
| 3. El universo es más caliente y denso en el pasado. G. Gamow, 1946. | -La temperatura de la RCF aumenta a medida que se observa más lejanamente. Mediciones de espectros de nubes de gas intergalácticas revelan una temperatura de la RCF creciente con la distancia. | 100 |
| 4. Composición de elementos primordiales por G. Gamow en 1946. | -75% hidrógeno, 25% helio y una pequeña fracción de deuterio (ver siguiente punto) y litio medidos en espectros estelares. | 95 |
| 5. Presencia de deuterio en el universo. | -Observando líneas de absorción de la luz de cuasars lejanos por gas intergaláctico se ha determinado una abundancia universal de deuterio de 2×10^{-4} relativa al hidrógeno. El deuterio no puede originarse en las estrellas, el Big Bang es el único mecanismo existente para crear este deuterio. | 90 |
| 6. Radiación Cósmica de Fondo (RCF) por G. Gamow, R. Alpher y R. Herman en 1948 y R. Dicke y J. Peebles en 1965. | -Detectada por A. Penzias y R. Wilson en 1964. Firmemente establecido su origen cosmológico y estudiada en gran detalle por decenas de experimentos en tierra, globos y plataformas satelitales. | 100 |
| 7. Espectro térmico de la RCF por G. Gamow, R. Alpher y R. Herman en 1948. | -Distribución espectral de cuerpo negro con desviaciones no mayores que 0.01% y con temperatura de $2,725 \pm 0,002$ Kelvin medido por los proyectos COBE y COBRA en 1990. | 100 |
| 8. Anisotropías en la RCF a escalas mayores que 1 grado. Sachs y Wolfe 1967. | -Detectadas por el proyecto COBE en 1992 con una amplitud característica $DT/T = 10^{-5}$. | 90 |
| 9. Ondas acústicas en el plasma primordial, por R. A. Sunyaev y Y. B. Zeldovich en 1970. | -Detectadas por el experimento Boomerang en el 2000 y confirmada por WMAP y decenas más de experimentos, observando desde la tierra y montados en globos. | 90 |
| 10. Polarización de la RCF. | -Detectada por el experimento DASI en el 2002. | 60 |
| 11. Anticorrelación de la temperatura y la polarización de la RCF. | -Detectada por WMAP en el 2003. | 70 |
| 12. Coherencia de la polarización de la RCF a escalas angulares $> 1^\circ$. | Observada por WMAP en el 2003. | 60 |
| 13. Interacción de la RCF con nubes de gas en cúmulos galácticos. R. A. Sunyaev y Y. B. Zeldovich en 1969. | Observado por Birkinshaw et. al. 1981 midiendo deformaciones del espectro de la RCF en direcciones de cúmulos conocidos. | 70 |
| 14. Formación de estructura a gran escala a partir de inhomogeneidades en densidad del plasma primordial, estudiada por E. Lifshitz en 1946, y J. Silk en 1967. | -La concentración de materia en galaxias y cúmulos de galaxias ha sido medida por medio de observaciones profundas del cielo. Estas mediciones son compatibles con la amplitud de las perturbaciones en el plasma a una edad de 380 mil años, según se infieren de las mediciones de anisotropías en la RCF. | 80 |
| 15. Número de familias de neutrinos por G. Steigman, D. Schram y J. Gunn en 1977. | -Sólo 3 familias. Confirmado por experimentos en el acelerador de partículas del CERN midiendo la vida media del bosón intermedio Z^0 y consistente con la nucleosíntesis en el Big Bang (ver puntos 4 y 5). | 80 |
| 16. El universo es finito (H. Olbers, 1823). | -La noche es oscura. El universo no puede ser infinito en extensión, de lo contrario en cualquier dirección de observación del cielo nos encontraríamos con una estrella y la noche sería tan brillante como el día. | 90 |
| 17. Debe existir materia oscura no bariónica. | -Al momento no ha habido detección exitosa de materia oscura no bariónica que satisfaga los requerimientos de la teoría. Los neutrinos quedan descartados por ser relativistas y tener una masa muy pequeña. La única evidencia favorable viene de la dinámica de galaxias y cúmulos galácticos. | 40 |
| 18. Debe existir un fondo cosmológico de neutrinos. | -Aún no detectado debido a la insuficiente sensibilidad de los detectores disponibles y a los altos niveles de ruido producido por rayos cósmicos y radioactividad natural en el ambiente. | 0 |
| 19. Debe existir un fondo cosmológico de ondas gravitacionales. | -Aún no detectado, y posiblemente no se podrá detectar directamente debido a su baja intensidad. Esta predicción es específica del modelo inflacionario. | 0 |

Tabla de consistencia del Big Bang: Se enumeran las predicciones de la teoría y los hechos que se deberían cumplir para que la teoría sea autoconsistente. Al lado se anota la evidencia experimental correspondiente. Bajo la columna de probabilidad (prob) se le asigna a cada predicción un puntaje que básicamente designa la probabilidad de que la predicción haya quedado probada. Este puntaje no es riguroso, es propuesto por el autor y se basa solamente en su experiencia en el tema y por lo que se refleja en trabajos de otros investigadores del tema. Mayor información sobre el modelo cosmológico estándar se puede encontrar en la Internet.⁴

aleatorias con igual amplitud para todas las escalas angulares. Igualmente, la determinación de la planitud del universo y la detección por WMAP de coherencia de la polarización a grandes escalas es una de las predicciones de los modelos inflacionarios. Por el contrario, otros esquemas teóricos de origen de estructura tales como la "quintaescencia" o el mecanismo de defectos topológicos quedan fuera de competencia con los datos de WMAP.

Interpretación de los resultados de WMAP

Los resultados científicos de WMAP dan comienzo a la nueva ciencia de la cosmología de precisión en la cual se deja a un lado la prueba de modelos cosmológicos para pasar a hacer mediciones precisas del Big Bang. La teoría inflacionaria está fuertemente ligada al Big Bang debido a que ésta resuelve dos problemas fundamentales del Big Bang: el problema de la planitud y el problema del horizonte. La inflación además es un mecanismo que extiende la teoría del Big Bang a los primeros momentos del Universo y las predicciones de algunos modelos inflacionarios están de acuerdo con las observaciones. Sin embargo, el éxito de la teoría del Big Bang no sufriría si más adelante se llega a descartar el mecanismo inflacionario. El éxito del Big Bang se basa en su consistencia interna y en la comprobación de 16 predicciones que hace la teoría (ver tabla). Estas predicciones abarcan un vasto rango de energías y épocas del universo. El Big Bang no es una teoría acabada. La naturaleza de la materia oscura y de la energía invisible son dos grandes huecos que no se pueden ignorar. Algo similar sucede con el modelo estándar de partículas e interacciones: a pesar de explicar de

forma consistente gran cantidad de fenómenos del mundo subnuclear aún quedan preguntas fundamentales por resolver, tales como el origen de la masa y la razón por la cual hay tres familias de partículas. Por supuesto, la coherencia de la teoría del Big Bang también depende de las suposiciones que se han aceptado al punto de partida, es decir la validez de la teoría de la relatividad general y del modelo estándar de partículas e interacciones. No podemos decir que la teoría queda confirmada definitivamente (de hecho este tipo de afirmación no se puede hacer de ninguna teoría).

Los argumentos que esgrimen algunos críticos del Big Bang se basan en aducir a razonamientos puramente *ad hoc* la introducción de elementos artificiales tales como materia oscura y energía invisible. Este tipo de argumentos tienen validez en general bajo la guía de la navaja de Occam usada para evitar los excesos de construcciones teóricas barrocas. No olvidemos, sin embargo, que en el pasado las hipótesis que introducen "materia oscura" o "partículas no visibles" han resultado en grandes contribuciones al avance de la física y la astronomía. Recordemos en este contexto la propuesta de Wolfgang Pauli en 1930 de la existencia de los neutrinos, y la predicción en 1846 por Jean J. Leverrier de un planeta no observado (Neptuno). Irónicamente, las alternativas al Big Bang propuestas por críticos del modelo se ven hoy obligadas a contorsiones cada vez menos elegantes para acomodar el creciente número de observaciones. Si aplicamos el criterio de Occam los modelos alternativos al Big Bang quedarían descalificados. El astrofísico E. L. Wright de la Universidad de California en Los Angeles hace una exposición detallada en la Internet³ de los errores en las alter-

nativas más serias al Big Bang. Éste se halla soportado por su contrastabilidad empírica, que es el único medio a nuestra disposición para averiguar los valores veritativos factuales de una teoría.

Con los resultados del trabajo experimental en cosmología de los últimos 40 años queda claro que hay consenso entre los astrofísicos y cosmólogos en que el Big Bang es una plataforma sólida para explicar el origen y evolución del Universo. El paradigma del Big Bang consistente en un universo en expansión con un pasado caliente y denso donde ocurrió la nucleosíntesis de los elementos primordiales y donde se generó la RCF, queda firmemente establecido. Los avances teóricos que vendrán en el futuro van a tener que lidiar con el problema de la materia oscura y la constante cosmológica. Algunos teóricos exploran esquemas alternativos, tales como la teoría de gravedad modificada (MOND) y teorías en las cuales algunas constantes universales (tales como la velocidad de la luz y la constante de estructura fina) son variables del tiempo. La evidencia experimental indica que los intentos de la teoría por penetrar los terrenos oscuros de la cosmología van a tener que darse dentro del paradigma del Big Bang. □

Referencias:

1. El sitio web de WMAP es: <http://map.gsfc.nasa.gov>
2. Torres S.: "Modelos cosmológicos confrontan la realidad", *Innovación y Ciencia*, Vol. VIII, No. 3, pp. 32-37 (1999).
3. <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm>
4. Torres S.: "Exploremos el Universo", <http://home.earthlink.net/~umuri>



VIII EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGIA 2003

OCTUBRE 15/23

La mejor vitrina para que todas las entidades que trabajan en investigación, educación, ciencia y tecnología en las regiones presenten y comercialicen sus actividades, productos y proyectos a través de espacios privilegiados como la Rueda de Negocios, los Foros de Reflexión, los cursos y los seminarios, para intercambiar experiencias, establecer alianzas y contribuir a crear futuro.

Entre las 180000 personas que visitan **VIII EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGÍA** se encontrarán representantes de instituciones educativas públicas y privadas, profesionales en las diversas áreas del conocimiento, miembros de la comunidad científica, investigadores, representantes de entidades gubernamentales, estudiantes y docentes de instituciones de educación básica, media, superior y público general.

EXPOSICIÓN INSTITUCIONAL

Exposición de programas, realizaciones y actividades de entidades que llevan a cabo labores científicas, tecnológicas y educativas. Participarán gobernaciones, alcaldías, secretarías de educación a nivel nacional, universidades e instituciones tecnológicas, centros de investigación y desarrollo tecnológico, ong's, instituciones educativas de educación básica y media, centros de educación no formal, asociaciones científicas y educativas, cajas de compensación, instituciones gubernamentales, inventores, empresas dedicadas al desarrollo de software y hardware.

EXPOSICIÓN COMERCIAL

Exhibición de productores, comercializadores y proveedores de libros de texto y consulta, equipos e instrumentos para laboratorio, material y ayudas didácticas, servicios profesionales, préstamos educativos, editoriales, internet, medios impresos, programas radiales, videos y televisión educativa.

RUEDA DE NEGOCIOS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LAS REGIONES

Espacio ideal para la oferta y demanda de productores, servicios y proyectos, en donde se busca facilitar el encuentro entre representantes de los sectores educativo, científico y empresarial que deseen realizar negocios, intercambiar información o iniciar alianzas estratégicas.

FOROS DE REFLEXIÓN

Un componente muy importante será la programación académica dentro de la cual se realizarán conferencias, seminarios y talleres a cargo de importantes especialistas nacionales e internacionales, que tratarán los diferentes temas de la feria, entre otros: Regionalización de la ciencia y la tecnología, políticas de ciencia y tecnología, medio ambiente, cambio climático, preservación y aprovechamiento de la biodiversidad, creación, consolidación y desarrollo de nuevas empresas y fomento al espíritu empresarial.

VI ENCUENTRO NACIONAL DE PROFESORES INVESTIGADORES E INNOVADORES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Tema central: *Ciencia, Educación y diversidad cultural.*
Octubre 16, 17 y 18. Fecha límite para la recepción de ponencias: Septiembre 20.

MUSEIÓN *Ser humano, mestizaje y regiones*

El Gran Museo, es una oportunidad sin límites para compartir la labor educativa y cultural de nuestros museos e instituciones encargadas del patrimonio. Participan el Museo Nacional, Museo del Oro, Museo de los Niños, Mnioka, Museo de la Ciencia y el Juego, Biblioteca Luis Angel Arango, Jardín Botánico de Bogotá, Museo de Arte Moderno entre otros.

TALLERES CIENTÍFICOS para el público en general.

PREMIACIONAL MÉRITOCIENTÍFICO

OCTUBRE 10

PREMIACIONAL AL MÉRITO CIENTÍFICO

ACAC busca exaltar, mediante el otorgamiento del Premio Nacional Mérito Científico, a individuos y entidades que hayan contribuido de manera significativa al avance de la ciencia en Colombia. Categorías: Vida y Obra, Investigador de Excelencia, Divulgación de la Ciencia. Fecha límite para la presentación de postulados al premio: Septiembre 19.

Ceremonia de premiación, 10 de octubre, 7:00 pm.



ACAC
[ácc]

www.acac.org

teléfono

(1) 221

315

fax (1) 221

correo electrónico

acac@acac.org

EXPOCIENCIA JUVENIL

Imaginación y Empresa

Es una muestra seleccionada que permite dar a conocer y proyectar el resultado de los mejores trabajos en ciencia, tecnología y expresión artística, vinculados directamente con las regiones y con proyección empresarial, realizados por estudiantes de instituciones de educación básica, media y superior, como también por niños y jóvenes desescolarizados.

ENTRADA A LA FERIA \$3000, asociados ACAC y estudiantes \$1000

ENCUENTRO CON EL FUTURO

Conferencias Sabatinas dirigidas a estudiantes, profesores y al público en general en el Auditorio León de Greiff de la Universidad Nacional. Entrada libre, 8:30am.

Agosto 2

Condiciones para llegar a ser un científico

Agosto 9

Todo sobre Marte y su acercamiento a la tierra en agosto de 2003

Agosto 23

Imágenes en movimiento: Una ilusión, Cine Colombiano

Agosto 30

Mira quien habla, piensa qué quieres

Septiembre 6

La evolución desde el Big Bang hasta la cultura

Septiembre 13

Pruebas del ICFES: Razón de ser o lógica del examen del Estado

Septiembre 20

PELÍCULAS MICROBIANAS

**Un mundo
microscópico
lleno de
secretos**

Fredy Omar Gamboa Jaimes

Bacteriólogo, Ms.C., Ph.D.,
Investigador, Departamento de Microbiología (Facultad de Ciencias)
y Centro de Investigaciones Odontológicas (Facultad de Odontología),
Pontificia Universidad Javeriana,
Bogotá, Colombia.
E-mail: gamboa@javeriana.edu.co

Jacqueline Mayorga Parra

Licenciada en Biología, Master en Microbiología Médica,
Bogotá, Colombia.
E-mail: luya10@hotmail.com

Marcela Gómez Garzón

Bacterióloga, Master en Microbiología Médica,
Bogotá, Colombia.
E-mail: mgomez1-2000@yahoo.com

Las películas microbianas han sido descritas en muchos sitios desde que Antón van Leeuwenhoek examinó los "minúsculos animalículos" en la placa dental de su propio diente. La película microbiana (biofilm, biocapa o biopelícula) es el resultado de la colonización, crecimiento y metabolismo celular microbiano organizado sobre superficies sin vida o tejidos. Las películas microbianas poseen una arquitectura estructural y funcional, que conducen, a los microorganismos inmersos en él, entre otros, a cambios en procesos metabólicos, respuestas a nutrientes y resistencia a agentes antimicrobianos. En definitiva se podría decir que la película microbiana es una estrategia muy antigua de crecimiento, empleada por numerosos microorganismos para favorecer su supervivencia en ambientes artificiales y naturales con continuo flujo de nutrientes. Descubrir los secretos que guardan los microorganismos que conforman la película será de gran interés para la comunidad en general.

¿Porque son importantes las películas microbianas?

Las películas microbianas son importantes en un amplio rango de campos; en la industria, por ejemplo, la corrosión de tuberías se debe a películas generadas sobre ellas y en los sistemas de acueducto su presencia provoca la contaminación de aguas de consumo y aguas residuales; en agronomía, películas de diversos microorganismos, incluyendo bacterias, levaduras y hongos filamentosos, se generan en las raíces de las plantas provocando resistencia al estrés, intercambio genético y metabólico, y cambios fenotípicos de los microorganismos

asociados a la pilósfera de las plantas; en veterinaria, están presentes en el tracto digestivo de ruminantes, favoreciendo la absorción de nutrientes; en medicina, producen o complican enfermedades infecciosas cuando se generan sobre las superficies de tejidos blandos, prótesis y dispositivos médicos implantados en el cuerpo humano (figura 1). En odontología, la placa dental es considerada como una película oral, con una compleja y variada comunidad bacteriana, que en ciertas circunstancias lleva a la iniciación y progresión de enfermedades periodontales.

¿Cómo se forman las películas microbianas?

La mayoría de bacterias que forman películas prefieren un ambiente húmedo y amplias superficies lisas sobre las cuales adherirse y multiplicarse. La formación de la película microbiana se realiza básicamente en tres etapas:

Primera etapa, colonización

La colonización del sitio en donde se ha de formar la película, es el primer paso y empieza con el reconocimiento de la superficie por par-

te de los microorganismos. Este reconocimiento se da gracias a la participación de fuerzas químicas que estabilizan la adhesión a nivel molecular. Hasta este momento la adhesión es reversible (se puede revertir), y se hace irreversible cuando ocurren interacciones selectivas entre las adhesinas (proteínas de adhesión de los microorganismos) y vesículas bacterianas con los receptores específicos en el tejido o superficie inerte. El proceso de colonización microbiana se favorece además por la incorporación y almacenamiento de sustancias que están presentes en el flujo constante de líquidos como sangre u orina y, en el caso de la película dental, la saliva.

Segunda etapa, agrupamiento, crecimiento y formación de la matriz extracelular.

Después que los microorganismos han colonizado el tejido o superficie sin vida, se agrupan a lo largo, se multiplican y forman una matriz extracelular protectora. Esta matriz, fibrosa e hidratada, está constituida fundamentalmente por materiales microbianos extracelulares, glicocálix o limo, y por proteínas del líquido en el que se encuentra in-



Figura 1. Fotografía por microscopía electrónica de barrido en la que se observa la película de *Enterococcus faecalis* formada en un catéter intravascular de teflón. Se observan los biofilms en forma de masas y la biocapa que recubre el catéter a lo largo.

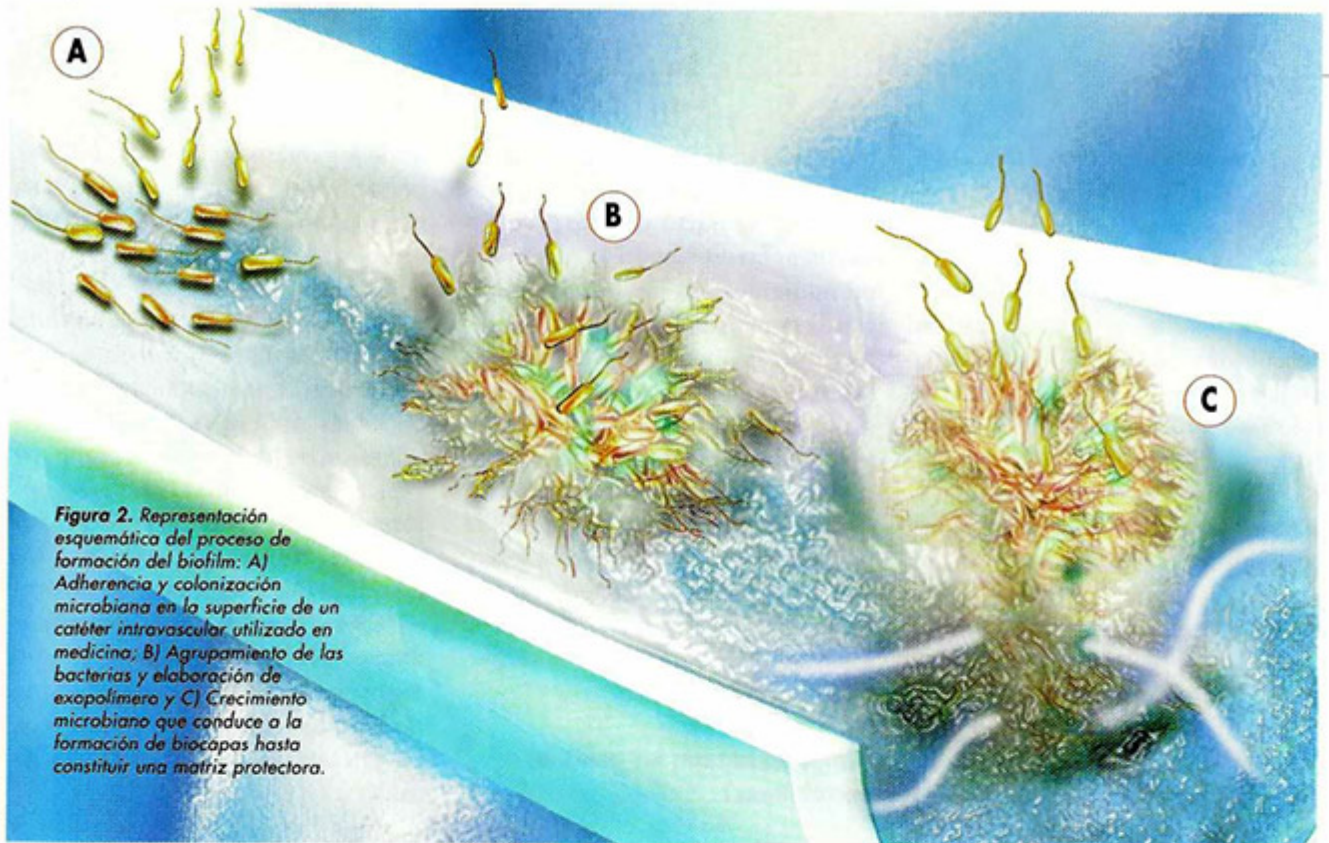


Figura 2. Representación esquemática del proceso de formación del biofilm: A) Adherencia y colonización microbiana en la superficie de un catéter intravascular utilizado en medicina; B) Agrupamiento de las bacterias y elaboración de exopolímero y C) Crecimiento microbiano que conduce a la formación de biocapas hasta constituir una matriz protectora.

merso. El glicocálix o exopolímero tiene, entre otros, constituyentes básicos como glucosa, manosa, galactosa y xilosa.

Tercera etapa, crecimiento de la matriz.

La matriz aumenta de tamaño por el atrapamiento de otros microorganismos, con lo cual asegura un ambiente rico en nutrientes para permitir la multiplicación y sobrevivencia microbiana (figura 2). Además, en esta etapa el intercambio de señales entre los microorganismos favorece la multiplicación y formación de microcolonias. Las señales tienen como fin conducir a la producción de muchas proteínas útiles para los microorganismos de la película. En resumen, la película se convierte en un complejo entramado de especies microbianas entremezcladas, inmersas y sostenidas en una matriz extracelular en la que existen unos canales que facilitan la distribución de los nutrientes.

Es difícil imaginar que las bacterias puedan colonizar biomateriales médicos, en los cuales, una vez instalados en el sitio elegido del cuerpo humano, existe un sometimiento a un paso continuo de fluidos. Sin embargo, la colonización y posterior formación de la película se da por un principio de dinámica de fluidos conocido como flujo laminar, en donde la velocidad del fluido es más grande en el centro y se acerca a cero a lo largo de las paredes de un cilindro. La velocidad cero del fluido a lo largo de las paredes es ideal para la adhesión bacteriana, colonización, formación y crecimiento de la película. Existen muchos aparatos de uso en medicina en los que se ha demostrado la colonización microbiana y posterior formación de película. Entre estos aparatos se encuentran: válvulas cardíacas prostéticas, catéteres del sistema nervioso central, catéteres urinarios, lentes de contacto, dispositivos de uso intrauterino y líneas de agua de unidades dentales.

Características biológicas de las películas microbianas

Las células microbianas (microcolonias) que forman parte de la película microbiana poseen propiedades diferentes a las células microbianas que están en estado libre no formando película. Estas propiedades están dadas por la generación de señales de las células microbianas entre sí, y al establecimiento de gradientes físicoquímicos dentro de la película, que modifican el metabolismo de estas bacterias. En las microcolonias se forman canales de agua bien definidos que permiten el ingreso de nutrientes del fluido externo al interior de los nichos microcoloniales, remueven productos metabólicos por el mismo proceso y permiten el equilibrio iónico y molecular (figura 3). La síntesis de los exopolímeros de la matriz parece estar regulada por una variedad de factores, entre los cuales la superficie de adhesión parece ser de particular importancia. La magnitud y naturaleza de esta pro-

ducción dependen de factores fisiológicos, disponibilidad de carbono y nitrógeno, y del tipo de bacterias que componen la película. Así, por ejemplo, el alto fluido de saliva que se da durante la masticación, brinda una gran disponibilidad de nutrientes que facilita la organización de películas compactas y estratificadas sobre la superficie de los dientes.

Resistencia de las células microbianas de la película

La flexibilidad en el cambio en la estructura y fisiología de las bacterias dentro de la película permite que ellas desarrollen rápidas respuestas fenotípicas, no solo por nutrientes y tasa de crecimiento, sino también por variaciones en temperatura, pH y la continua exposición a concentraciones subefectivas de antibióticos. Estas respuestas fenotípicas incluyen cambios cualitativos, en una amplia variedad de componentes celulares, como proteínas, ácidos grasos, fosfolípidos asociados con el desarrollo de la célula, y cuantitativos en la producción de enzimas extracelulares y polisacáridos. Los cambios en el fenotipo inevitablemente afectan la susceptibilidad hacia un amplio rango de antibióticos, desinfectantes, antisépticos y preservativos. Una consecuencia del crecimiento de las bacterias en la película es una marcada resistencia a los agentes antimicrobianos, por ejemplo se han encontrado bacterias de las películas 500 veces más resistentes a agentes antibacterianos con rela-

ción a las células libres. En resumen, el hecho de que el microorganismo no sucumba ante el tratamiento antimicrobiano puede deberse a factores relacionados con la bacteria y con la película. Los relacionados con la bacteria son debidos a una tasa lenta de crecimiento de esta dentro de la película, a una inherente resistencia a los agentes usados, a la adquisición de resistencia, en cepas previamente susceptibles, por mutación genética o por transferencia de material genético de otras especies, y al surgimiento de preexistentes pero no expresados fenotipos de resistencia. Los rela-

cionados con la película incluyen problemas de penetración del antibiótico o inactivación de este en la película.

Importancia de la matriz extracelular de la película

Con relación a los exopolímeros que se encuentran en la matriz de la película microbiana (figura 4), se tienen dos hechos importantes: 1. mientras no existan adhesinas (proteínas del microorganismo), los exopolímeros son sobreproducidos para que colaboren con la adhesión inicial de células a las superficies; y

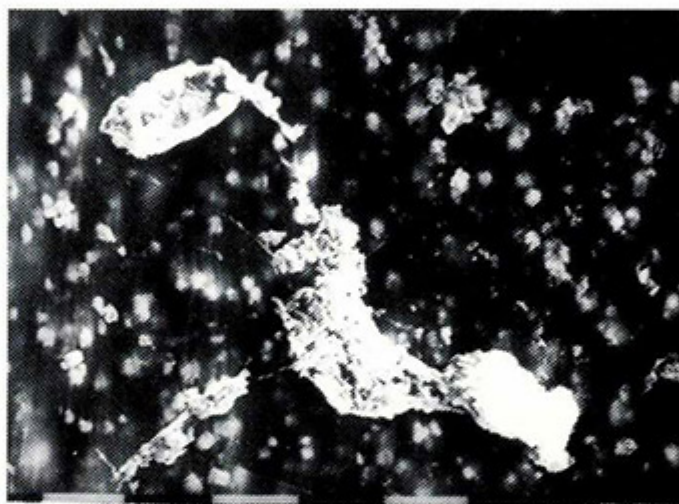


Figura 3. Biofilms de *Enterococcus faecalis* sobre catéter de teflón (microscopía electrónica de barrido). Sobre las microcolonias que han producido exopolisacárido se observan los canales de agua que permiten el flujo de nutrientes.

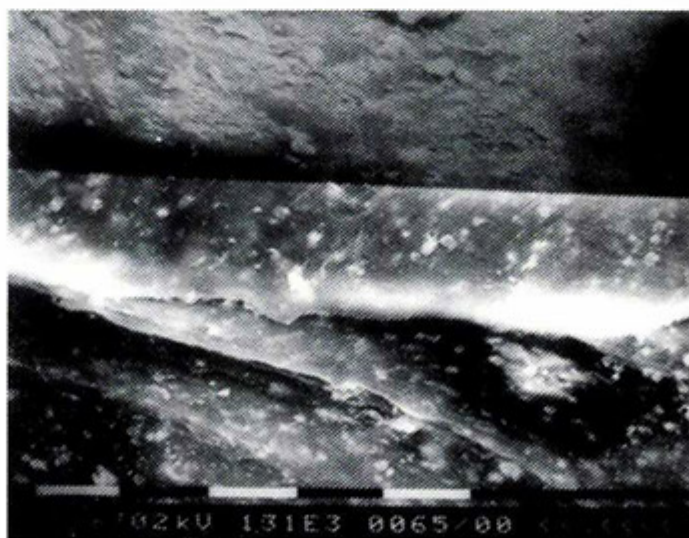


Figura 4. Corte transversal de catéter intravascular de teflón con película microbiana, observado por microscopía electrónica de barrido. Se aprecia una capa blanca de exopolisacárido producido por microcolonias de *Enterococcus faecalis*.

2. los exopolímeros protegen a las células bacterianas contenidas dentro de la película, contra la desecación y la respuesta inmune del hospedero, y restringen la difusión de agentes antimicrobianos hacia el interior de la película. Como se dijo anteriormente el glicocálix constituye una barrera física para la penetración de antibióticos. Este bloqueo depende en gran medida de la naturaleza del antibiótico, la capacidad de unión del glicocálix hacia este, los niveles del agente usado terapéuticamente y la tasa de crecimiento de la microcolonia. Por ejemplo, para antibióticos como la tobramicina y cefsoludina, los efectos de unión al glicocálix son mínimos con lo cual estos pasan al interior de la película, pero para antibióticos cargados positivamente como la gentamicina, la unión a los polímeros polianiónicos de la matriz es alta y su acceso a las células es impedido.

Estrategias para luchar contra las películas microbianas

El doctor Costerton del Centro de Ingeniería de Biopelículas de la Universidad de Montana (USA) presenta las siguientes estrategias para luchar contra las películas microbianas:

1. Recubrir la superficie, en donde se forma la película, con moléculas que neutralicen la adhesión y agregación de los microorganismos a la superficie.
2. Recubrir la superficie con sustancias que impidan la elaboración de la matriz extracelular.
3. Utilizar sustancias que bloqueen las señales emitidas por los microorganismos que se encuentran formando la película.
4. Utilizar antimicrobianos o desinfectantes para eliminar o dis-

minuir los microorganismos inmersos en la película.

5. Hacer un tratamiento combinado en el cual se despeguen las células de la película, para luego someterlas a un régimen de eliminación directa con antimicrobia-

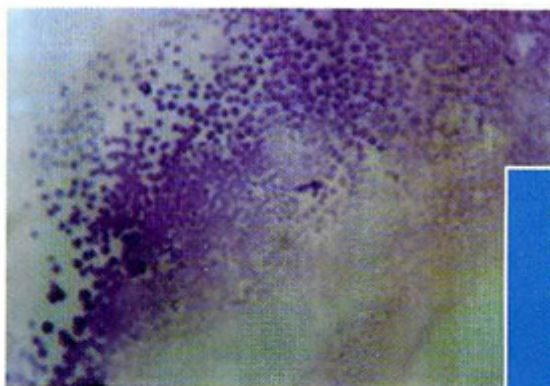


Figura 5. Observación por microscopía de luz (40 aumentos), de un corte semifino de catéter intravascular con biofilm de *Enterococcus faecalis*. Nótese la formación de copos.

nos o con anticuerpos propios del paciente.

Participación de las películas microbianas en infecciones médico-odontológicas

En el ámbito médico-odontológico se tienen problemas principalmente con películas de bacterias que producen infecciones en cavidad oral y en tejido blando, sepsis, infecciones urinarias y endocarditis. Por ejemplo, la adherencia de *Staphylococcus aureus* a biomateriales coincide con la presencia de polisacáridos extracelulares que son responsables de fallas terapéuticas, quizá como resultado de la pobre penetración del antibiótico dentro de la película. En cavidad oral microorganismos como estreptococos orales, se adhieren a la película del esmalte para formar una capa en la superficie del diente con lo cual proveen un sitio (sustrato) de unión para la siguiente colonización por microorganismos potencialmente patógenos periodontales, como

Porphyromonas gingivalis. Se ha encontrado a *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius*, *Actinomyces naeslundii*, *Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella intermedia* y *Veillonella parvula* como formadores de película en placa den-

ES NECESARIO TRABAJAR

DÍA A DÍA EN ESTE

INTERESANTE TEMA

DE ACTUALIDAD CON EL FIN

DE CONOCER SUS SECRETOS

Y PARA QUE EN UN FUTURO

CERCANO, SE PUEDA HACER FRENTE

A ESTAS MOLESTAS ASOCIACIONES

MICROBIANAS.

tal joven. Las infecciones por películas, asociadas con dispositivos médicos implantados, son a menudo crónicas y actúan como una fuente de diseminación en la sangre. La formación de películas sobre superficies de catéteres urinarios puede eventualmente resultar en obstrucción; sin olvidar el hecho de que las bacterias que crecen en estas películas son más resistentes a agentes antimicrobianos. Por ejemplo, la gran resistencia a antimicrobianos que comúnmente presentan especies de *Enterococcus*, ha llegado a ser un problema mayor, cuando estos microorganismos producen infecciones después de la formación de películas en dispositivos médicos implantados, debido a que dentro de la película se hace más fácil la

transferencia de material genético de resistencia a antimicrobianos. En la bacteria *Gardnerella vaginalis*, habitante del tracto genital femenino, se han observado siete tipos de filamentos alrededor de la membrana celular, que son elaborados solamente cuando estos microorganismos están en la película y que conducen a un aumento en la virulencia de esta bacteria.

Técnicas para estudiar las películas microbianas

Determinar la estructura de la película microbiana podría ser de gran beneficio no solo en la predicción de su formación sino también para medir los efectos del tratamiento antimicrobiano. Sin embargo, existen problemas en la recolección de muestras de películas en estado intacto y en la visualización de estas en estado natural. Los estudios estructurales de películas microbianas y su formación han sido llevados a cabo por medio de microscopía de luz, microscopía confocal por exploración con láser y microscopía electrónica de transmisión y de barrido. La microscopía de luz utilizada en conjunto con microscopía asistida por computador es una herramienta efectiva, sobre todo cuando es aplicada en las tempranas fases de desarrollo de la película. La mayor ventaja de la microscopía de luz es que permite el estudio de las muestras biológicas en su forma totalmente hidratada. Tradicionalmente, la microscopía electrónica ha sido el método de elección para el estudio de la composición y estructura de la película debido a su alta resolución; sin embargo, los procedimientos de deshidratación, fijación, inclusión y tinción de las muestras, incluidos en esta técnica, causan una considerable distorsión de la estructura de la película y

cambio de la relación de un componente con respecto a otro. La microscopía confocal por exploración con láser a pesar de tener una resolución inferior a la del microscopio electrónico, elimina o reduce considerablemente estos problemas. Con esta técnica las películas no solamente pueden ser estudiadas en su estado natural hidratado, sin requerir de deshidratación, fijación o tinción, sino que además se logra una visualización detallada en muestras microbiológicas delgadas en donde la aplicación de microscopía de fase o fluorescencia es limitada. En resumen, el uso de microscopía confocal por exploración con láser en conjunto con microscopía de luz y microscopía electrónica, puede mejorar el estado actual del entendimiento de la estructura y naturaleza de películas microbianas mono-especies y hetero-especies, lo que beneficiaría el trabajo en medicina, odontología y en industrias que se ven afectadas por las películas.

Conclusiones

Las películas microbianas predominan en ambientes médicos, odontológicos, industriales y agrícolas, afectando muchos aspectos de nuestra vida. Es necesario trabajar día a día en este interesante tema de actualidad con el fin de conocer sus secretos y para que en un futuro cercano, se pueda hacer frente a estas molestas asociaciones microbianas. Muchos investigadores piensan que en la lucha contra las películas microbianas se debe empezar con la destrucción de sus sistemas de comunicación. □

Lecturas recomendadas

- Wood SR, Kirkham J, Marsh PD, Shore RC, Nattress B, Robinson C.** Architecture of intact natural human plaque biofilms studied by Confocal Laser Scanning Microscopy. *Journal of Dental Research*, 2000; 79 (1): 21-27.
- Helmerhorst EJ, Hodgson R, van't Hof, Veermmann EC, Allison C, Nieuw Amerongen Av.** The effects of histatin-derived basic antimicrobial peptides on oral biofilms. *Journal of Dental Research*, 1999; 78 (6): 1245-1250.
- Lawrence JR, Korber DR, Hoyle BD, Costerton JW, Caldwell DE.** Optical sectioning of microbial biofilms. *Journal of Bacteriology*, 1991; 173 (20): 6558-6567.
- Cook GS, Costerton JW, Lamont RJ.** Biofilm formation by *Porphyromonas gingivalis* and *Streptococcus gordonii*. *Journal of Periodontology Research*, 1998;33: 323-327.
- Cheng KJ, McAllister TA, Mathiesen SA, Balix AS, Orpin CG, Costerton JW.** Seasonal changes in the adherent microflora of the rumen in high-oretre Svalbard reindeer. *Canadian Journal Microbial*, 1993; 39 (1): 101-108.
- Costerton JW, Lewandowski Z, DeBeer D, Caldwell D, Korber D, James G.** Biofilms, the customized microniche. *Journal of Bacteriology*, 1994; 176 (8): 2137-2142.
- Ellen R., Lépine G., Nghiem P.** In vitro models that support adhesion specificity in biofilms of oral bacteria. *Advances in Dental Research*, 1997; 11 (1): 33-42.
- Gilbert P, Das J, Foley I.** Biofilm susceptibility to antimicrobials. *Advances in Dental Research*, 1997; 11 (1): 160-167.
- Joyanes P, Pascual A, Martinez-Martinez L, Hevia A, Perea EJ.** In vitro adherence of *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* to plastic biomaterials. *Clinical Microbiology and Infection*, 1999; 5 (6): 382-386.
- Muli FW, Stuthers JK, Tarpey PA.** Electron microscopy studies on *Gardnerella vaginalis* grown in conventional and biofilm systems. *Journal of Medical Microbiology*, 1999; 48 (2): 211-213.
- Costerton JW, Stewart PS.** Películas bacterianas. *Investigación y Ciencia*, 2001; Septiembre: 55-61.
- Donlan RM, Costerton JW.** Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clinical Microbiology Reviews*, 2002; 15 (2): 167-193.



EDUCACIÓN

Aprender a pensar

Enseñar a pensar

Carlos G. Wernicke

Maestro - Médico Consultor en Psiquiatría y Psicología Pediátrica,
Profesor Titular de Psicopatología Infanto-Juvenil y de Retardos
Mentales,

Universidad del Museo Social Argentino,

Director, Fundación Holismo de educación, salud y acción social,
Buenos Aires, Argentina.

Field Mentor, Endicott College, EE.UU.

E-mail: cwernicke@arnet.com.ar

Los paradigmas: el holismo

Algo funcionó mal entre los babilonios, si bien se distinguieron por sus observaciones astronómicas, no vieron en esos datos lo mismo que nosotros. Como sucede con toda teoría, alguna travesía anómala habrá terminado por derrumbar un edificio cognoscitivo hasta entonces abarcativo de los fenómenos y objetos conocidos.

Algo funciona también esencialmente mal en nuestra sociedad actual. Plenos de información acerca de una miríada de fenómenos y objetos, no acertamos a observarlos e interpretarlos de manera tal que nuestra conceptualización acerca de la vida aumente nuestra felicidad. Como grupo, no conseguimos transformar nuestros aparentemente buenos pensamientos (por lo menos, los de la mayoría) en reconfortantes sentimientos (por lo menos, los de la mayoría).

A pensar se aprende. Lentamente, en el curso de los años, conseguimos armar un mapa con las invariantes y las variantes que se nos presentan. Es un mapa interactivo; según cómo sea el mapa, así interpretaremos las invariantes y variantes, y nuestras interpretaciones a su vez confirmarán el mapa ya existente. Los detalles de los fenómenos y objetos que no se adecúan al mapa son pasados por alto, salvo que ejerzan un gran impacto y/o el mapa sea débil. Por ejemplo: soy gastroenterólogo, experto en acidez gástrica; sé observarla, pensar sobre sus variedades, elegir cómo combatirla. Pero no puedo observar en esta acidez un signo de dolor emocional así expresado. Eso escapa a mi mapa. En términos de desarrollo personal, no fue ese el mapa que me presentaron, que incorporé, al que me enseñaron a prestar atención, digo, "no me sirve observar eso así, no sabría qué hacer con esa diferente visión de un mismo fenómeno." No es sólo cuestión de interpretación, sino también de una observación diferenciada.

No está de más subrayar que estamos refiriéndonos a una selección honesta de los fenómenos observables, que nada tiene que ver con la de quien selecciona a

propósito para satisfacer fines personales ("si provoqué daño emocional a tal grupo, aumentaré mis ganancias," por ejemplo, y finjo que no me doy cuenta del daño emocional que causo, y establezco una "teoría" para defender con mis pensamientos aviesos lo indefendible: una *pseudoteoría*).

A cada mapa, el de cada uno, Kuhn¹ le llamó en relación con la ciencia "paradigma"; Tart² lo define como "un logro intelectual capital subyacente a la ciencia normal, que atrae y guía en forma duradera la obra de numerosos adherentes". Agrega Tart que así también hay paradigmas personales y culturales para la economía, la política, la religión, el sexo, la agresividad, etc. Consideramos que también podría hablarse de paradigmas pedagógicos, artísticos y filosóficos.³ O simplemente del mapa conceptual de la vida de cada cual, interactivo con la aparente realidad circundante y en constante cambio y desarrollo, dividido en numerosos submapas, o subparadigmas, co-



nectados entre sí. Al principio, en desarrollo para armarse por primera vez; luego, para readaptarse a nuevas invariantes y variantes que cobran importancia, en última instancia, para la continuación de la vida.

Dado que un sistema puede definirse como el "producto de una invariancia más una variancia (innovación)",⁴ un paradigma po-

dría definirse como el constructo subyacente que por un lado específica, pero por otro delimita a cada momento los sistemas de la realidad en que vivimos, tanto globalmente como en cada aspecto de nuestras vidas.

Un paradigma holístico será entonces aquél que reconozca la construcción mental de un sistema global y subsistemas fragmentarios como formas de captación y organización de la realidad, con a) interpretación simultánea desde diversas dimensiones, b) la inevitable interacción entre todos los subsistemas (integración) y c) un constante desarrollo objetual-fenomenológico y subjetivo.

De ahí la importancia de tener en cuenta: a) las dimensiones en que el ser humano puede definirse (como ser físico-molecular, biológico, emocional, intelectual, espiritual); b) sus niveles de interacción con la realidad (necesidades primordiales, sentimientos, pensamientos, conductas)⁵ y c) su desarrollo personal, pasando por estadios que modifican su cosmovisión⁶ (su mapa global y la interpretación correspondiente) y utilizan estrategias procedimentales diferentes para, en última instancia, la persistencia de su vida.

Inteligencia

He definido la inteligencia como la capacidad de diagnosticar la mayor cantidad de variables contextuales y reaccionar rápidamente con respuestas que produzcan un beneficio individual.⁷ El ser humano capta esas variables de la realidad según su(s) paradigma(s) y actúa en consecuencia.

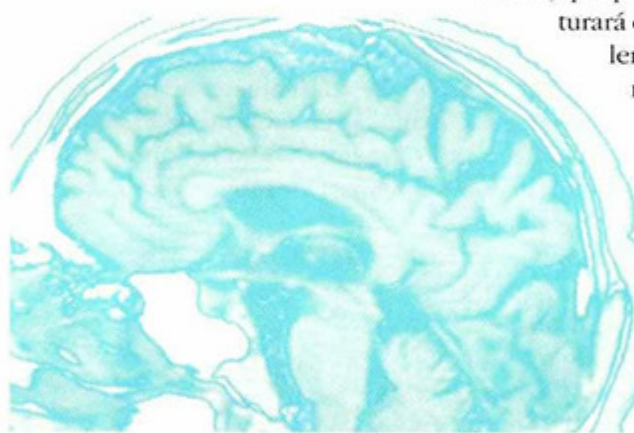
Marina⁸ agrega que la inteligencia es creadora. Su característica esencial, señala, es la invención y promulgación de metas, con lo

que la inteligencia logra autodeterminarse: El ser humano se guiaría a sí mismo según un propio mapa de supuesta realidad futura, un constructo imaginativo a partir de las relaciones emocionales con el mundo.

Las emociones, por tanto, juegan un importantísimo papel a la hora de seleccionar los árboles cognoscitivos que construirán los mapas, sea como atractoras o como repulsoras de determinadas vías de pensamiento. Ciompi^{3,4} subraya los enormes efectos organizativos e integrativos de la emoción sobre la cognición; en forma general, expresa: las emociones serían motoras (motivadoras, como disparadoras o inhibidoras) de secuencias de pensamientos y determinarían su jerarquía, establecerían constantemente el foco atencional y su modificación, abrirían o cerrarían el paso a los recuerdos y conducirían la asociación mnémica de elementos cognitivos; en forma particular, los sentimientos de placer e interés serían por excelencia los atractores de pensamientos, productores de vínculo (interno y externo), y servirían a la búsqueda de estímulos y al alerta psicofísico y con ello a la focalización de la atención; los sentimientos de temor serían en cambio repulsores de pensamientos, advirtiéndolo del peligro a nivel ambiental, cognitivo o conductual. Cabe recordar aquí que pese a la frecuente postura constructivista de que el motor del aprendizaje es el conflicto cognitivo, Piaget insistió en resaltar que el motor del aprendizaje es el afecto.⁹

Por su parte, los sentimientos también tienen su origen. El paradigma emocional global de un su-

jeto se va conformando a partir de las satisfacciones e insatisfacciones que sobrevienen a las necesidades primordiales¹⁰ con que el ser hu-



mano llega al mundo. En edades tempranas o en casos patológicos, cuando el pensamiento no ha adquirido la estructuración suficiente y carece de la potencia necesaria para hacerse cargo de la conducta, o más tarde cuando el sentimiento es avasallante, la conducta queda directamente a merced de la vida emocional, siempre gobernada por el particular conjunto de satisfacciones e insatisfacciones de las necesidades primordiales, constituyen-

tes de la interacción del sujeto con su ambiente desde el momento de la concepción.

Estímulos de todo tipo rodean al sujeto, preparado para tomar del contexto aquellos que le son útiles para su desarrollo. Con base en sus potencialidades propias y a la estimulación ambiental construye modos perceptuales. La percepción, por consiguiente, no es una función propia del sujeto sino del sujeto en contexto, es un sistema funcional, a la vez cognitivo y emocional.

De modo lento y progresivo, el pensamiento va dando forma lógica a la vida sentimental; al principio, va construyendo un mapa hecho de imágenes, que luego serán representaciones; y la organización de éstas permitirá un ordenamiento interno, que prontamente se reestructurará con la adquisición de la lengua comunitaria y finalmente del lenguaje,¹¹

a su vez base de la conceptualización. Así posee el ser humano una doble aproximación a la realidad: Un mapa emocional, que podemos imaginarnos constituyéndose en horizontal, desparramándose como

un líquido que crece, y otro cognoscitivo en vertical, una secuencia temporal lógica, ambos al tiempo que asimilan detalles,⁹ ambos interactuando no a la manera de una cruz, formada por una mancha y un mástil, sino de un retículo tridimensional, manchas que dan lugar a mástiles que dan lugar a manchas: ...improntas emocionales que producen secuencias lógicas que producen improntas emocionales...

Así, el aprendizaje se puede definir de la siguiente manera: con base en la estimulación ambiental de potencialidades propias, es la adquisición de habilidades y capacidades que conduce a la salud y la mantiene, y que no puede explicarse por el paso del tiempo o de estados transitorios (fatiga, drogas); denominando *habilidades* a la conformación de determinados sistemas funcionales, siempre definibles en todas las dimensiones (no son los sistemas los mole-

hallazgo de variables en el contexto más la respuesta en la acción de acuerdo con ellas. Debe recordarse que la sociedad aplaude la rapidez de hallazgo y respuesta, la precisión (la búsqueda y elección de las variables pertinentes), la adaptación (la búsqueda de variables y la emisión de respuestas según los paradigmas imperantes) y la automatización, o el desarrollo de habilidades y capacidades tales que garanticen la previsibilidad del sujeto.

consciente o no; así, el educando puede presentar objetivos simultáneos pero diferentes en diversos planos de conciencia; en ciertas oportunidades, esta divergencia produce en el sujeto conflicto interno, en cuyo caso prevalecerá el objetivo más profundo (menos consciente).

El educador, como se observa, debe ser preparado para su profesión con información que hoy día las instituciones formadoras no tienen en cuenta: mucho más importantes para la armonía biopsicosocial del sujeto que los resultados finales del pensamiento y la conducta, alrededor de los cuales gira la formación docente actual, es el conocimiento de necesidades primordiales, emocionalidad, estructuración del pensamiento-lenguaje en estadios del desarrollo humano, y técnicas relacionadas con la facilitación —y no la incentivación— de estrategias secuenciales de pensamiento.

En otras palabras, un educador que deseara enseñar a pensar debería:

1. Conocer las necesidades primordiales insatisfechas del educando y procurar activamente su satisfacción.

2. Producir ambientes que permitan el surgimiento de sentimientos positivos (respetuosos, tranquilizadores, agradables, armonizantes, productores de alegría), única garantía de elección intraindividual de secuencias de pensamientos y por tanto de trenes de conductas positivas para el sujeto y su comunidad.

3. Facilitar desde la más tierna edad la cuna del pensamiento, esto es, la vida imaginativa representacional, de acuerdo con la etapa madurativa del sujeto.

**QUIENQUIERA ENSEÑAR
A PENSAR DEBERÁ ESTIMULAR
EN EL SUJETO LAS VÍAS
QUE NATURALMENTE
CONDUCE A LA MADURACIÓN
DEL PENSAMIENTO.**

Quienquiera enseñar a pensar deberá estimular en el sujeto las vías que naturalmente conducen a la maduración del pensamiento. Podemos dar a esas vías, siempre en última instancia individuales, el nombre de estrategias procedimen-

culares, biológicos, emocionales, intelectuales, o espirituales, sino lo son las lupas con que elegimos observarlos); *capacidades* al entrenamiento consecutivo de dichas habilidades, y llamando *salud*, de acuerdo con la OMS, al completo bienestar biológico, mental y social —podríamos agregar: molecular y espiritual— del sujeto como sistema funcional global único, de sus partes como sistemas funcionales, y de la sociedad como sistema funcional que agrupa a seres humanos sistémicamente funcionantes.

Estrategias procedimentales

Estamos en una sociedad que aplaude la inteligencia, esto es, el

tales. Dichas estrategias sólo a veces son conscientes; con seguridad no son automáticas en su inicio; se autocorrigen (son flexibles); y sólo en ocasiones son voluntarias. A su vez, para el sujeto el objetivo de su estrategia puede ser



4. Aceptar los ritmos individuales de los educandos, para que éstos puedan llegar a formularse a sí mismos las preguntas necesarias a fin de interesarse en encontrar respuestas a sus propios interrogantes (lo cual a su vez garantiza la motivación).

5. Proponer mecanismos secuenciales de búsqueda de datos y de respuesta tanto verbal como no verbal, e interesarse (atractivamente) por los mecanismos secuenciales hallados por el educando.

6. Proponer estrategias procedimentales propias y probadas, pero asimismo acompañar la autoexperimentación y autoevaluación de estrategias procedimentales halladas por el sujeto con referencia a cada nivel de interacción: necesidades primordiales, sentimientos, pensamientos, conductas.

7. Ayudar a llevar a la conciencia los supuestos previos de las conductas finales.

Ejemplos

El educador muestra estrategias procedimentales referidas a los diversos niveles de interacción; acerca de necesidades primordiales, cómo conseguir afecto, cómo defenderse; acerca de los sentimientos, cómo expresarlos, cómo prestar atención a lo que se siente; acerca de los pensamientos, cómo ordenar la secuencia, cómo presentar el resultado; acerca de la conducta, cómo adecuarse, cómo controlarla. Al respecto, el educador permite en el grupo el diálogo consciente; escucha y facilita el intercambio de otras estrategias personales diseñadas para arribar a un determinado resultado; da lugar a su experimentación en la

práctica; ayuda en la autoevaluación grupal e individual. Esta actitud pedagógica, válida tanto en una sala de lactantes como entre universitarios, es a todas luces respetuosa y productora de conviven-



cia democrática y aviva la autoafirmación y la autoestima; es del todo distinta de aquella que masifica a los educandos exigiéndoles sólo resultados y evaluando sólo conductas finales.

Un ejercicio: se pide a los educandos que, de pie –por ejemplo en el aula– caminen hacia un segundo lugar, en seguida, que retornen a su posición inicial; que se dirijan entonces a un tercer lugar, vuelvan al segundo y finalmente al primero. Se los hace retornar a sus asientos y se inicia una conversación: Para sorpresa del educador, cuando éste pregunta cómo hizo cada uno para recordar dónde había estado antes y cómo logró volver, se encontrará con casi tantas estrategias procedimentales como participantes tenga el grupo; aparecerán pensamientos en secuencias, pero también emociones atrayentes y repulsivas. Si el educador sabe observar, verá en cada uno de los educandos posturas corporales –biológicas– diferentes durante el ejercicio y durante el relato; no se sorprenderá si se le recuerda que con cierta lupa habríamos podido

observar moléculas abandonando cuerpos e ingresando en otros, intercambiando y modificando individuos para siempre; y aún más, si bien en nuestra sociedad mucho menos frecuente, podríamos maravillarnos con los movimientos luminosos de cada brillante esfera de energía, incorporando, produciendo y emitiendo vida. □

Referencias

1. **Kuhn T.S.:** *La estructura de las revoluciones científicas*. F. de C. Económica, México 1971, orig. 1962.
2. **Tart C.:** *Psicologías transpersonales*. Tomo I. Paidós, Buenos Aires, 1979, orig. 1975.
3. **Wernicke C.G.:** *Castigo y pedagogía*. *Cadernos Pestalozzi*. Vol. II, No. 3, Sociedade Pestalozzi do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, 2000.
4. **Ciampi L.:** *Die emotionalen Grundlagen des Denkens*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1997.
5. **Wernicke C. G.:** *Qué es holismo*. *Tiempo de Integración* año V. No. 22, Buenos Aires 1991.
6. **Wilber K.:** *Sexo, ecología, espiritualidad*. Gaia, Madrid, 1998, orig. 1995.
7. **Wernicke C. G.:** *Pedagogía y diversidad humana*. Introducción de la edición en idioma castellano de "Enseñando y aprendiendo con Hanna", de L. Wise y C. Glass, Primera Ed. Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 2001.
8. **Marina J. A.:** *Teoría de la inteligencia creadora*. Anagrama, Barcelona, 1993.
9. **Piaget J.; Inhelder B.:** *Psicología del niño*. Morata, Madrid, 1969.
10. **Wernicke, C.G.:** *Pedagogía y necesidades básicas*. Educación Hoy, No. 0, Montevideo, Uruguay, 1993.
11. **Quirós, J.B. de, y Schragar, O.:** *Fundamentos neuropsicológicos en las discapacidades de aprendizaje*. Ed. Méd. Panamericana, Buenos Aires, 1980.

Innovación y Ciencia

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

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

»cupón de suscripción

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

DIA / MES / AÑO / Suscripción anual \$21000 oo - Precio por ejemplar \$5500 oo, número regular: \$8500 oo, edición especial - Asociado ACAC, gratui-

NOMBRE

CC O NIT DIRECCIÓN TELÉFONO

CIUDAD CORREO ELECTRÓNICO FAX

PROFESIÓN ESPECIALIDAD

FORMA DE PAGO

EFECTIVO TARJETA DE CRÉDITO DINERS # Credibanco y Credencial se reciben directamente en nuestra oficina.

CHEQUE VENCE CUOTAS NÚMERO DE SEGURIDAD SI NO

ACEPTO RENOVACIÓN AUTOMÁTICA

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» en:
 Banco de Occidente, cta.# 26880746-8 · Banco Agrario, cta.# 0230-002930-5 · Banco Popular, cta.# 160-203196
 Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax:

o por correo a la sede
de ACAC en Bogotá (1)

2216950

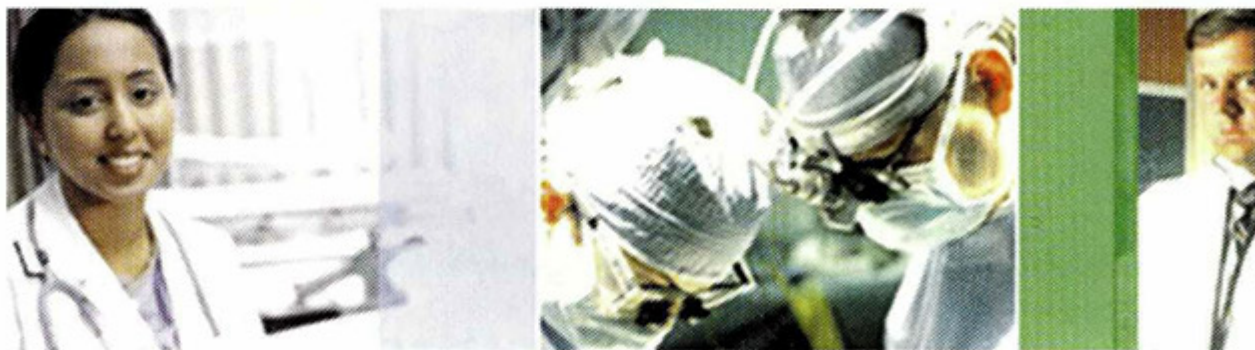
FIRMA

**Soluciones
únicas
para una
gama de
enfermedades
genéticas**

- Genzyme Corporation, es un laboratorio de investigación dedicado al desarrollo de terapias para trastornos hereditarios raros. Ha hecho de las "enfermedades huérfanas" una prioridad.

- US\$188 millones invierte anualmente en todo el mundo esta Compañía en Investigación y Desarrollo.

- 400 Científicos trabajan continuamente para encontrar nuevas oportunidades para mejorar la salud de miles de pacientes con enfermedades genéticas.





La ciencia médica ha identificado más de 5 mil enfermedades raras, conocidas como enfermedades huérfanas por su pequeña población de pacientes y porque no han sido una prioridad para la investigación científica ni tampoco una preocupación de las autoridades sanitarias de los gobiernos del mundo. Sin embargo, las complicaciones devastadoras de estos trastornos hereditarios en individuos que sufren estas enfermedades justifican investigaciones

avanzadas y han motivado el desarrollo de agentes terapéuticos que producen soluciones clínicas y les brindan la perspectiva de un futuro mejor a estos pacientes. Ese ha sido el objetivo y prioridad de Genzyme Corporation, su compromiso surge de una visión única y de una predisposición a correr riesgos donde otros no los correrían.

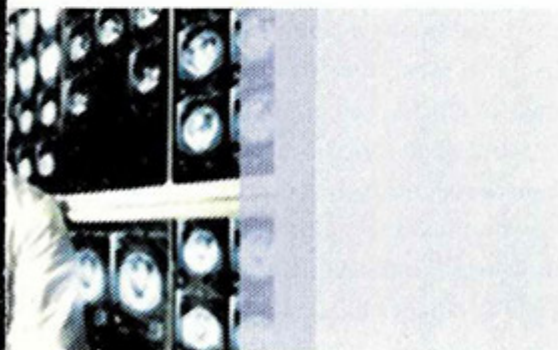
Este Laboratorio de Investigación se fundó en 1981 y tiene su sede en Cambridge (USA), desde ese momento se dedicó al descubrimiento e investigación de productos y servicios que mejoren la calidad de vida de pacientes con enfermedades genéticas e invierte anualmente US\$188 millones, aproximadamente el 19% del total de sus ventas en el mundo. Después de 22 años esta Compañía es líder en investigación biomédica y continuamente está explorando

nuevas tecnologías, como la terapia génica y transgénica, que prometen cambiar la manera en que las enfermedades genéticas son tratadas en la actualidad.

TERAPIA GÉNICA

Podrá algún día permitir a los médicos modificar directamente la porción alterada del ADN responsable de muchos trastornos genéticos. La compañía está buscando que este tipo de terapia permita a los pacientes con enfermedades de depósito lisosomal recibir un solo tratamiento o un número limitado de ellos, para que a través de sus propias células continúen produciendo la enzima requerida por años o quizás por toda la vida.

Más de una docena de estas investigaciones se han realizado en colaboración con institucio-



PUBLICIDAD

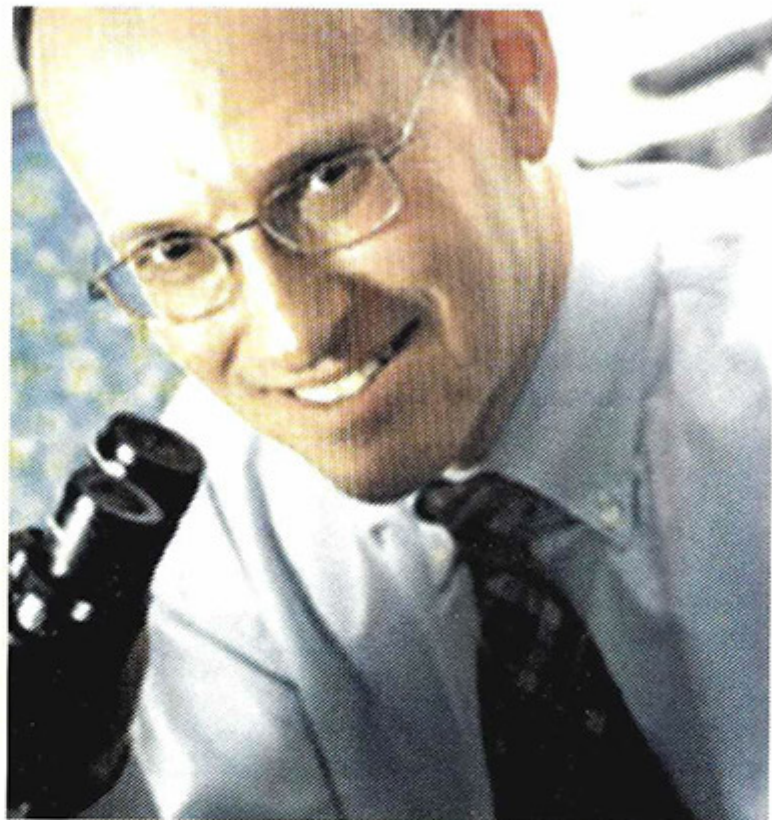
nes académicas y científicas alrededor del mundo.

INGENIERÍA TRANSGÉNICA

La investigación en este sentido hace posible que las proteínas humanas sean "fabricadas" en un animal doméstico o en una planta cultivada. Las proteínas así producidas se logran en concentraciones mucho mayores que en los tradicionales sistemas de cultivo. Hasta la fecha, este laboratorio de investigación ha trabajado en más de veinte proyectos relacionados con la producción de proteínas transgénicas.

TERAPIA DE REEMPLAZO ENZIMÁTICO

Consiste en sustituir una enzima que no está funcionando en el organismo por una producida en cultivo celular con las técnicas más modernas de biotecnología a través de un proceso de ADN recombinante, es así como Genzyme ofrece a los pacientes



con enfermedad de Gaucher o de Fabry este tipo de tratamiento.

UN CUIDADO ESPECIAL

400 científicos continuamente están trabajando para identificar nuevas oportunidades de tratamiento para enfermos con trastornos de depósito lisosomal, de los cuales se han descrito más de 40 tipos diferentes, actualmente el programa de investigación de este Laboratorio se enfoca en siete en-

fermedades: MPS 1, Fabry, Gaucher, Pompe, Niemann Pick Tipo B, Angiodema Hereditario y Pénfigo Vulgar.

Igualmente, orienta su investigación a la producción de medicamentos basados en polímeros para enfermedades inmunes y cáncer, constituyéndose en el mayor avance en el uso de polímeros para la industria farmacéutica. En el área de la Terapia Celular ha desarrollado medicamentos para restaurar la

piel y cartílagos en caso de quemaduras graves. Produce materiales biomédicos para evitar adherencias después de cirugías complejas. Ha innovado en productos biotecnológicos para evitar el desgaste óseo en pacientes con osteoartritis.

Genzyme es líder mundial en pruebas genéticas, anualmente practica cerca de 400 mil "test" pre y post natal para determinar diferentes enfermedades.

Adicional al tratamiento médico que se les ofrece a los pacientes con este tipo de enfermedades, Genzyme ha desarrollado una red de servicio de apoyo que abarca

prácticamente todos los aspectos para que ellos cuiden de su salud. Es así como la mayoría de ellos recibe asesoría para encontrar la cobertura de su tratamiento en cada país, igualmente los vinculan a ellos y a sus familiares a asociaciones donde permanentemente les dan información sobre nuevas terapias, información clínica para que aprendan a manejar su enfermedad y en general ofrece un acompañamiento a los pacientes.

MAYORES INFORMES

Genzyme de Colombia S.A.
Calle 114 No. 9 - 45
Tel: 629 2797 - 629 2730 Bogotá.



NOVEDADES EDITORIALES

EMOCIONES Y RAZONES PARA INNOVAR EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: SIETE EXPERIENCIAS DE LA ESCUELA BÁSICA

Bogotá, D.C. Colombia
Uson Jaeger, Aurelio Heinz (Compilador).- Instituto Para la Investigación Educativa y desarrollo Pedagógico- Universidad Nacional de Colombia, Universidad Pedagógica Nacional, Universidad de los Andes, CED Isabel II, CED Nueva Esperanza, CED Gerardo Paredes, Fundación Instituto Alberto Merani Mayo 2003



Existen abundantes textos sobre innovaciones e investigaciones pedagógicas en didáctica de las ciencias pero pocos son aquellos que tratan de divulgar, para los maestros, de una forma amena y a la vez rigurosa, en forma de relatos, buenas ideas emanadas de este tipo de experiencias. Este es el caso del libro, *Emociones y Razones para Innovar en*

la Enseñanza de las Ciencias publicado por el Instituto Para La Investigación Educativa y Desarrollo Pedagógico (IDEP). El Libro recopila siete experiencias pedagógicas innovadoras en la enseñanza de las ciencias que se vienen desarrollando en Bogotá desde el año 2001 y que fueron seleccionados de un banco de 25 propuestas en convocatoria pública. El texto está escrito por un grupo de 39 maestros de Bogotá, 13 expertos en pedagogía y didáctica de las ciencias y 20 practicantes universitarios de Bogotá para ser leído por la inmensa mayoría de los maestros de la ciudad. En este sentido, el texto es una estrategia de socialización novedosa, de motivación y transferencia hacia las buenas prácticas en la enseñanza de las ciencias. En esencia, el libro se fundamenta en la idea, manifestado ya por Jerome Brunner y otros pedagogos de que los seres humanos piensan en términos de *relatos*, y que esta forma de escritura, conecta *afectiva e intelectualmente* con sus intereses y mundo. De hecho cada relato es un viaje a los sentimientos, vivencias y pensamientos de los maestros, pero no del maestro aislado y solitario en los muros de su aula, sino de maestros **trabajando en equipo**, aunando esfuerzos, por mejorar su práctica de aula. Todo ello implica, ante todo transformar las concepciones predominantes y fosilizadas de lo que es la ciencia en el medio escolar, y poder analizar con lente de aumento, como los estudiantes aprenden y pueden desarrollar algunas formas de "pensar, actuar y ser" semejante a la de los científicos.

ACTIVIDADES MATEMÁTICAS PARA EL DESARROLLO DE PROCESOS LÓGICOS

Bogotá, D.C. Colombia
Carlos Julio Luque Arias, Lyda Constanza Mora Mendieta y Jorge Edgar Paez Ortegón
Departamento Matemáticas
Universidad Pedagógica Nacional
Noviembre 2002

Este libro presenta un conjunto de actividades, con el propósito de mostrar ambientes académicos de trabajo matemático; es decir, ambientes en los cuales el estudiante esté en condiciones de crear conocimiento matemático nuevo para él, así este conocimiento ya forme parte de la cultura matemática existente.



Los autores diseñaron un grupo de siete actividades que se describen en cada uno de los capítulos del libro, estas actividades son el producto de la investigación desarrollada por la Universidad Pedagógica Nacional, dentro del proyecto sobre *"Actividades para el desarrollo del pensamiento lógico: El proceso de Contar"*.

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SERIE NTC-ISO 9000

Bogotá, D.C. Colombia
Dirección General de Comercio y Promoción de la Competencia
Ministerio de Desarrollo Económico
2002

El Ministerio de Desarrollo Económico, consciente de la importancia creciente de los sistemas avanzados de gestión integral, ha creído que es mediante la implantación de una verdadera cultura de la calidad como se ha de avanzar en el frente de la competitividad, por lo que pretende promover a través de esta publicación la adopción de criterios de excelencia como cultura empresarial en la pequeña, mediana y gran empresa nacional.



METODOLOGÍA PARA LA ORGANIZACIÓN DE TALLERES DE CAPACITACIÓN EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA - GUÍA DE CONSULTORES-

Bogotá, D.C. Colombia
PROYECTO Gestión Ambiental más Productividad (GA+P)
MIF FOMIN, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID), KONRAD ADENAUER STIFTUNG, ACOPI, GA+P Y CINSET

Esta publicación es un manual, concebido como una herramienta integral para la realización de talleres de capacitación sobre Producción Más Limpia para pequeñas y medianas industrias (PYMES). Es un instrumento diseñado para servir de apoyo a las personas encargadas de organizar, desarrollar o servir como instructores que conduzcan a los industriales hacia la construcción de nuevos conocimientos sobre gestión ambiental empresarial, mediante los cuales descubran prácticas y formas de producción que cumplan con el propósito de hacer empresas más competitivas y de prevenir los daños al medio ambiente. Este texto, está estructurado en tres ejes temáticos principales: la organización del taller, la pedagogía para la conducción del proceso y los conceptos básicos sobre la Producción Más Limpia.

ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LAS PYME DEL SECTOR DE SERVICIOS - GUÍA CONSULTORES-

Bogotá, D.C. Colombia
PROYECTO Gestión Ambiental más Productividad (GA+P)
MIF FOMIN, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID), KONRAD ADENAUER STIFTUNG, ACOPI, GA+P Y CINSET



Es una guía que tiene por objeto ofrecer a los consultores orientaciones prácticas sobre cómo reducir los impactos ambientales en empresas medianas y pequeñas

del sector de servicios (PYME). Esta guía presenta una amplia gama de alternativas para que las empresas puedan reducir el consumo de materias primas e insumos, energía y agua, y minimizar la generación de desechos. En la guía se estudian actividades con características ambientales propicias para realizar esfuerzos de prevenir la contaminación, ellas son: lavanderías de ropa, talleres de mecánica automotriz, talleres de pintura y latonería, talleres de lubricación de vehículos automotores, lavaderos de carros, restaurantes, hoteles y gestores de residuos.



ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LAS PYME DEL SECTOR DE MANUFACTURERO - GUÍA CONSULTORES-

Bogotá, D.C. Colombia
PROYECTO Gestión Ambiental más Productividad (GA+P)
MIF FOMIN, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID), KONRAD ADENAUER STIFTUNG, ACOPI, GA+P Y CINSET

Es una guía que tiene por objeto ofrecer a los consultores orientaciones prácticas sobre cómo reducir los impactos ambientales en pequeñas y medianas empresas (PYMES) del sector manufacturero. Las PYMES industriales están representadas por diversos sectores manufactureros, los cuales, según su desempeño ambiental, se pueden clasificar como de Alta Significación Ambiental (ASA), de Alta Recuperación Potencial (ARP), o de Potencial Preliminar Descontaminable (PPD). Este manual está dirigido especialmente a aquellos sectores que generan altas cargas contaminantes líquidas, sólidas o gaseosas (ASA), y que por esta razón, tienen mayores posibilidades de implementar medidas de mejoramiento enmarcadas dentro del concepto de Producción Más Limpia.

MANUAL DE PROYECTOS

Bogotá, D.C. Colombia
Clara Estella Juliao
Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia ACAC
Abril 2003

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia ACAC, publicó el Manual de Proyectos, escrito por Clara Estella Juliao, una herramienta para comprender los elementos básicos en la formulación y desarrollo de proyectos.

Este manual se convierte en una guía para las personas interesadas en descubrir las oportunidades que brinda la planeación y construcción estructurada en cualquier propósito que se plantee.

Los lectores encontrarán las diferencias existentes entre proyectos de acción y proyectos de investigación, la descripción de procesos, así como fichas guías y cuadros resumen que presentan herramientas claves para la comprensión del ciclo de vida de los proyectos.

SERIE LIBROS ROJOS DE ESPECIES AMENAZADAS DE COLOMBIA

La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia es el resultado de la colaboración interinstitucional y una muy amplia participación de la comunidad científica colombiana. Este proceso fue iniciado en 1996 por el Ministerio del medio Ambiente y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt quienes convocaron a un taller en Villa de Leyva a un grupo de profesionales de la comunidad científica nacional y del Sistema Nacional Ambiental (SINA) para compartir con Bernardo Ortiz de la UICN y con Franklin Rojas de la Fundación PROVITA de Venezuela experiencias de elaboración de los libros rojos a nivel mundial, y sentar las bases para iniciar un proceso de realización de los libros rojos del país. Después de cuatro años de trabajo y gracias a la vinculación de la comunidad científica nacional, el Ministerio del Medio Ambiente, el Instituto Alexander von Humboldt, el INVEMAR, el Instituto de Ciencias Naturales, Conservación Internacional-Colombia, y la Fundación Inguedé, ponen a disposición del público en general el primer grupo de libros rojos que sintetizan la situación actual de las especies amenazadas de aves, invertebrados marinos, peces continentales, peces marinos, reptiles, plantas criptógamas y un primer volumen de plantas fanerógamas.

Hacen parte de esta primera colección de Libros Rojos:

Libro rojo de Plantas Fanerógamas de Colombia.

Volumen I: Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae y Lecythidaceae.

Calderón, E., G. Galeano & N. García (Eds.)

Instituto Alexander Von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia. Junio 2002



Libro rojo de reptiles de Colombia

Castaño – Mora, O. V. (Ed)

Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, Conservación Internacional. Bogotá, D.C. Colombia.

Junio 2002

Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia

N. Ardila, G. R. Navas y J. Reyes (Eds.)

INVEMAR, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia.

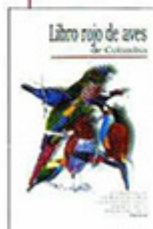
Junio 2002

Libro rojo de peces marinos de Colombia

Mejía, L. S. Y A. Acero (Eds.)

INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia.

Junio 2002.



Libro rojo de briófitas de Colombia

Linares, E.L. y J. Uribe-Meléndez

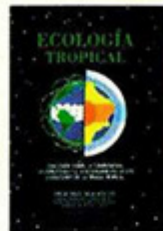
Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia.

Junio 2002.

Libro rojo de aves de Colombia

Renjifo, L. M., A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattan y B. López-Lanús (Eds.)

Instituto Alexander Von Humboldt, Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia. Junio 2002.



ECOLOGÍA TROPICAL

Una Visión sobre la composición, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas de la franja tropical

Bogotá, D.C. Colombia

Miguel Angel Mejía Acevedo
Facultad de Ciencias. Departamento Biología.

UNIBIBLIOS. Universidad Nacional de Colombia

Abril de 2003

Un libro de lectura obligada para el público en general que quiera entender más el ambiente físico en que vive, necesario, en las bibliotecas de ingenieros y profesionales del agro y de todos aquellos que pretendan actuar de alguna forma como manejadores y gestores del ambiente. En este texto se dan las bases conceptuales de las interrelaciones entre los componentes y el funcionamiento de nuestro entorno natural.

Con los fundamentos teóricos presentados en este libro se podrá comprender, analizar y tomar decisiones sobre los impactos que causan las acciones del hombre sobre el medio, el planteamiento de alternativas que conduzcan a conservar, reducir la perturbación y el daño sobre los sistemas ecológicos, su uso sostenible y el manejo adecuado de ellos.



ACERCÁNDONOS A LA BIOÉTICA COMO UNA NUEVA INTELIGENCIA

Bogotá, D.C. Colombia
Colección Pedagogía y Bioética
Programa de Bioética
Universidad del Bosque
2002

Esta colección pretende fomentar la curiosidad y el entusiasmo por el estudio de la bioética, e inducir al lector a profundizar la literatura e investigar los temas que se presentan. El tomo 10 de esta publicación, comprende una breve reseña de aspectos históricos de la bioética y los problemas actuales que nos exigen e interrogan acerca de las interrelaciones necesarias y requeridas para afrontar la vida. Hoy en día vivimos un mundo complejo, donde el pensamiento y los sistemas éticos anteriores ya no son suficientes para convertirnos en actores de vida, responsables del futuro. Es por esto, que la bioética hace parte de esa "nueva inteligencia".



EL PRINCIPIO DE LA CONSERVACIÓN DEL IMPULSO Y LAS LEYES DE LA COMUNICACIÓN DEL MOVIMIENTO EN EL SIGLO XVII

Bogotá, D.C. Colombia
Fabio Vélez Uribe
Universidad Pedagógica Nacional
Diciembre 2002

Esta investigación busca reconstruir la discusión del siglo XVII sobre las leyes de la comunicación del movimiento con sus momentos de ingenuidad y rigor. Mediante la historia de los conceptos, este texto pretende proporcionar elementos muy valiosos para la elaboración de una pedagogía natural de las ciencias, en particular de la física.



GUAJIRA, MEMORIA VISUAL

Riohacha, Guajira
Vladimir Daza Villar
Banco de la República, Riohacha
Julio 2002

Esta publicación es una compilación de fotografías alusivas a las décadas cruciales de los años veinte, treinta y cuarenta del siglo XX, las cuales permiten mostrar el proceso de cristianización de la cultura wayúu, relacionándola con la fundación de Uribe y la consolidación de Riohacha como la ciudad comercial de la Guajira. Este libro resalta la importancia de la fotografía como documento, ya que esto es posible porque la fotografía histórica puede ser leída e interpretada a manera de un texto.



ECORREGIÓN EJE CAFETERO: Un territorio de oportunidades

Pereira, Risaralda
Sistema Nacional Ambiental
Julio 2002

Esta publicación hace parte de la formulación del Proyecto Colectivo Ambiental del Eje Cafetero donde era necesario generar procesos a largo plazo, en los cuales los actores sociales e institucionales de las distintas regiones participaran en la identificación de prioridades ambientales regionales y plantearan alternativas de solución que posteriormente se concretaran en procesos de gestión ambiental y colectiva en ecorregiones estratégicas. Es así como, como se desarrolló esta investigación para el Eje Cafetero con un enfoque histórico, multidisciplinario y participativo. Este trabajo fue posible a la cooperación interinstitucional entre el FOREC, el Ministerio del Medio Ambiente, la Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales, la Corporación Alma-Mater, las Corporaciones Autónomas regionales de Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle y a la cofinanciación del Programa Ambiental BID, subprogramas de inversiones ambientales y el FOREC, bajo la coordinación de la CARDER.



LAS "MULAS" DEL EJE CAFETERO

Pereira, Colombia
Corporación ALMA MATER
Red de Universidades Públicas

del eje Cafetero, CONVENIO UNDCP – DNE, PROGRAMA PARA LA DESCENTRALIZACIÓN DEL PLAN DE DROGAS.

Esta publicación resume los resultados de la investigación realizada en el Eje Cafetero por un equipo de profesionales de las Universidades de Caldas, Quindío y Tecnológica de Pereira reunidos por la Corporación Alma-Mater. Este equipo motivado por la presencia y el registro de cantidades relativamente pequeñas por parte de correos humanos ("mulas") de esta región, realizó un estudio basado en la observación, comparación, entrevistas y análisis documental, con actores del tráfico y funcionarios estatales encargados de su control y judicialización. Concluidas las actividades programadas el grupo investigador menciona: "Decimos que hay "mulas" porque hay empresarios del narcotráfico, que estos existen porque hay demanda de drogas ilegales y que en el Eje Cafetero se desarrolló el comercio mediante los correos no porque en nuestros genes biológicos o sociales exista el cromosoma que nos impulsa a ello sino, simplemente, porque confluyeron un conjunto de circunstancias que dieron origen a la situación y que de allí para adelante han generado su propia dinámica, la cual se mantiene por sí misma". Esta investigación apenas inicia, pero contribuye a brindar elementos de juicio a los potenciales correos para no convertirse en objetos de manipulación por parte de los contratantes.



CUARENTA AÑOS DE PERIODISMO MÉDICO

Bogotá, D.C. Colombia
Juan Mendoza-Vega
Academia Nacional de Medicina
2002

En este libro aparece una selección de las Crónicas y Columnas Médicas del Espectador realizadas por el autor. Su lectura es una lección de historia, una visión secuencial de la vida colombiana en el acontecer mundial. Es un libro que nos devuelve la flecha del tiempo y nos permite ver como aparecen las figuras más distinguidas de la medicina colombiana, sus realizaciones, el impacto de sus profesionales y de sus instituciones sobre la vida, la ciencia y la sociedad.



BATALLAS CONTRA LA LEPRO: ESTADO, MEDICINA Y CIENCIA EN COLOMBIA

Medellín, Colombia
Diana Obregón Torres
Fondo Editorial Universidad EAFIT
y Banco de la República
Julio 2002

A partir de una síntesis de la literatura histórica sobre la lepra en la Europa medieval, la autora examina las circunstancias sociales, políticas y culturales de esta enfermedad desde el período colonial en la Nueva Granada hasta 1961 cuando se eliminó el aislamiento obligatorio en los llamados lazaretos de Agua de Dios y Contratación.

El desconocimiento del modo de transmisión de la lepra, su largo periodo de incubación y su lenta evolución, justificaron las medidas más severas de segregación de leproso que se aprobaron virtualmente en todos los países endémicos. En Colombia, dos procesos se desarrollaron en forma paralela en el último tercio del siglo XIX: la profesionalización de la medicina y la reconstrucción de la lepra como una enfermedad infecciosa. A comienzos del siglo XX, con la modernización del Estado colombiano, la formación de una burguesía nacional y la inclusión de la nación en la economía mundial a través de la expansión del comercio, la lepra se convirtió en un obstáculo para el progreso y la civilización y la persecución a los enfermos de lepra se hizo más rigurosa. Esta política fracasaron en su propósito de controlar la expansión de la enfermedad y las consecuencias sociales, culturales y sanitarias de ello se perciben todavía.

CARTILLA DE BIOÉTICA

Bogotá, D.C. Colombia
Yolanda Sarmiento de Escobar
Colección Bios y Ethos
Universidad del Bosque
Mayo 2002

Esta cartilla tiene como objetivo interesar a los maestros y alumnos sobre los temas de bioética. En un lenguaje sencillo y ágil, nos habla desde cuando surge la bioética y como los extraordinarios avances logrados por la investigación científica traen como consecuencia, un desarrollo en el campo de la tecnología, los cuales nos deben llevar a una reflexión en relación con la vida.

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

Innovación y Ciencia

TEMAS

Ciencias Naturales, físicas y sociales, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia.

LENGUAJE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo y breve 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*)".
- Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.

EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

FORMATO

Texto impreso y copia digital en diskette o CDrom, preferiblemente en formato Word.

MATERIAL GRAFICO

Es importante anexar la mayor cantidad posible de material gráfico acompañado de notas explicativas (pie de fotos) y sugerencias de ubicación dentro del texto. Este material puede incluir:

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositiva.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 dpi) en formato tif, jpg o eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa y/o digital).

- Tablas o cuadros sin demasiado texto o columnas.

El material fotográfico no debe ser tomado de libros o revistas y debe indicarse su autoría o fuente si es necesario.

Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista el material será devuelto al autor.

REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

a) *Artículo de revista científica:*

1. 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.

b) *Artículo de libro:*

1. Day, R.A.: Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Organización Panamericana de la Salud. Washington DC., p.242, 1990.

RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en la página de contenido de la edición.

IDENTIFICACION DEL AUTOR

Nombre y títulos,
Cargo actual,
Entidad,
Ciudad, país.
E-mail:
Dirección postal

RECOMENDACIONES

Los artículos que hayan aparecido en otras publicaciones, los informes de investigación en curso y aquellos textos cuyos temas sean muy especializados y de interés exclusivamente local no serán considerados para publicación.

FUNDACION



Investigación
y experiencia
para el
desarrollo
social

El CENTRO DE PUBLICACIONES de las Fundaciones FES y FRB tiene el propósito de divulgar las investigaciones y experiencias desarrolladas en las áreas de educación, salud, medio ambiente, desarrollo social, niñez y juventud a través de sus publicaciones.

Contamos con un fondo editorial de más de 100 títulos, entre libros, videos, juegos y otro material educativo. Además de la revista *Alegría de enseñar*.



FUNDACION ANTONIO
RESTREPO BARCO



*Consulte nuestro catálogo
donde podrá encontrar
los mejores títulos
para maestros, padres
y empresas del sector social
y educativo en:
www.fundacionfes.org/*