



# Innovación y Ciencia

VOLUMEN VIII, Nº 2, 199

## Amenaza sísmica en Bogotá

¿Cuál es el origen  
del VIH?

Novedades  
en la WEB

CARTEA POSTAL, REPUBLICA 799. Precio \$42000,00



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

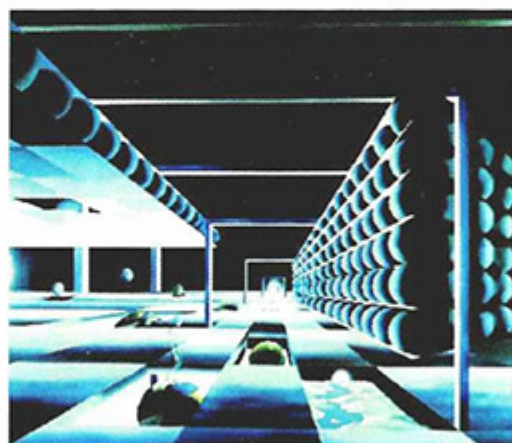
# **EXPOCIENCIA - EXPOTECNOLOGÍA 99** **"CONOCIMIENTO PARA EL PRÓXIMO MILENIO"**

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia A.C.A.C., entidad líder durante 29 años en el fomento de la ciencia y tecnología en Colombia, organiza cada dos años Expociencia-Expotecnología, el evento más importante que se realiza sobre este tema en Sudamérica. El lema para su VI versión es "Conocimiento para el Próximo Milenio".

En los albores del tercer milenio, es cada vez más claro que la verdadera riqueza de un pueblo la constituye el conocimiento que posea su gente y su capacidad para utilizarlo. Es por ello que la educación, especialmente orientada hacia las ciencias y tecnología, debe constituirse en la máxima prioridad para el desarrollo de nuestro país.

Expociencia - Expotecnología 99 será la verdadera puerta de entrada para la Colombia del próximo milenio y la mejor vitrina para que todas las entidades que trabajan en educación, ciencia y tecnología, presenten y comercialicen sus actividades, productos y proyectos y, a través de los foros, cursos y seminarios puedan intercambiar experiencias, establecer alianzas y contribuir a crear futuro.

- PARTICIPE EN :**
- **EXPOSICIÓN COMERCIAL**
  - **EXPOSICIÓN INSTITUCIONAL**
  - **EXPOSICIONES ESPECIALES**
  - **ENCUENTRO EMPRESARIAL EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN**
  - **EXPOCIENCIA JUVENIL - FERIA INTERNACIONAL DE LA CREATIVIDAD**
  - **EXPOCIENCIA UNIVERSITARIA**
  - **EVENTOS ACADÉMICOS**





VI

EXPOCIENCIA

EXPOTECNOLOGÍA 99

CONOCIMIENTO PARA EL PRÓXIMO MILENIO

SEPTIEMBRE 24 A OCTUBRE 3 DE 1999  
CORFERIAS, SANTA FE DE BOGOTA - D.C. - COLOMBIA



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



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

**Presidente**

Eduardo Posada Flórez

Innovación y Ciencia es la revista  
de divulgación científica y tecnológica de la Asociación  
Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC.

**Coordinadora editorial**

Rosario Martínez

**Comité editorial**

Nehora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina,  
Eduardo Posada, Rosario Martínez, Carmen H. Carvajal

**Asesoría editorial**

Mauricio Pérez Gil

**Consejo editorial internacional**

José Fernando Escobar, Leon Lederman,  
Isabel Llano, Rodolfo Llinás.

**Consejo editorial nacional**

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

**Corresponsales**

Juan Carlos Salcedo, Andrés M. Pérez-Acosta,  
Fredy Medina, Edgar Reyes

**Publicidad**

Clara López, Gloria Zamora

**Secretaría**

Yenny Yuliett Arias

**Corrección de estilo**

Angela Fuentes

**Producción editorial y diseño gráfico**

Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

**Fotografía**

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

**Preprensa electrónica**

Elograf Ltda

**Impresión**

D'Vinni Editorial Ltda

**Distribución**

Distribuidoras Unidas S.A.

**DERECHOS RESERVADOS.**

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

Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447  
del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140.  
Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal.  
Venc. dic 98.

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,  
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581.  
Fax: 2216950. Tels: 3150734 - 2213313 - 2217348.  
e-mail: acac2@col1.telecom.com.co  
Santafé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$4.200.  
Suscripción (5 números al año): \$19.000.  
**Impresa en Colombia.**

# CONTENIDO



**PORTADA:**

Ante la eventualidad de un terremoto en Santa Fe de Bogotá, se presentan los resultados de un estudio de microzonificación sísmica y vulnerabilidad de la ciudad.

## NOTA DEL EDITOR

Competitividad y ciencia.

7

## NOTICIAS Y COMENTARIOS

¿Cuál es el origen del virus de la inmunodeficiencia humana?

8

Hace treinta años... el ser humano llega a La Luna.

12

¿Cómo se llegó a la tabla periódica moderna?

18

## WEB Novedades en Ciencia

El problema del año 2000.  
La biblioteca Luis Angel Arango abre sus puertas al mundo.  
Anatomía humana y patológica en Internet.  
El proyecto humano visible.

24

## VISTAZOS

Acceso de alta velocidad sobre cobre.  
Consolidado punto de acceso a Internet para Colombia.  
Predicciones en Internet.  
Computación sin corriente.  
Drogas estimulantes e hiperactividad.  
Identificadas neuronas cerebrales que perciben tridimensionalidad.  
Realidad virtual contra los desórdenes de la alimentación.  
Prueba experimental de la proyección de emociones en el dibujo infantil.  
Los delfines pueden dar informe sobre su comportamiento previo.  
Videos que detectan diferencias en la enseñanza de las matemáticas.  
Un famoso mechero convertido en soplete.

26



# Innovación y Ciencia

Volumen VIII, N°2 - 1999

## ARTICULOS

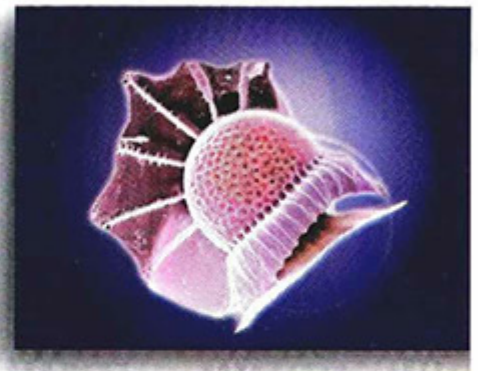
### Astrofísica. Una herramienta para conocer el universo.

Se describen las técnicas de uso común en astronomía para obtener información sobre las estrellas. El autor presenta técnicas de uso común para calcular variables astrofísicas como: distancia, temperatura, luminosidad y tipo espectral. Se revisan los procesos de formación, evolución y estados finales de las estrellas así como sus correspondientes periodos de tiempo

34

### Dinoflagelados. Organismos olvidados de la biodiversidad en Colombia.

Los dinoflagelados son organismos unicelulares de tamaño microscópico que flotan sobre las aguas (marinas o dulces) y forman parte de un grupo de organismos conocidos como fitoplancton, los cuales son responsables de más del 85% del oxígeno producido en la tierra por organismos fotosintetizadores. El concepto diversidad no implica tamaño. Para la biodiversidad es tan importante un dinoflagelado como lo es una ballena o una orquídea.



44

### Futuros terremotos en Santa Fe de Bogotá... Estimación de escenarios de pérdidas.

Con el fin de mitigar el riesgo sísmico que amenaza a Santa Fe de Bogotá, Ingeominas y la Universidad de los Andes realizaron un trabajo conjunto –el primero en el país– de microzonificación sísmica del suelo y de la estimación del grado de vulnerabilidad de las edificaciones y los servicios públicos.

52

### ¿Cambiará la tecnología nuestros sistemas de enseñanza?

La educación, hoy en día, es para toda la vida. Esto generará una gran demanda de servicios educativos que las instituciones actuales difícilmente podrán satisfacer. El autor sostiene que si la universidad no se transforma rápidamente, en un futuro próximo podría llegar a ser irrelevante. Se dispone de gran cantidad de facilidades tecnológicas como los multimedia, la realidad virtual, la inteligencia artificial e internet pero estas herramientas no están siendo utilizadas adecuadamente.



62

### Huellas de ADN en la escena del crimen.

El material genético del ser humano ha acumulado tal grado de variación a lo largo de la evolución que se calcula que existen millones de diferencias en la secuencia del ADN de dos personas no emparentadas. Gracias a la existencia de genes polimórficos y a la técnica de PCR es posible utilizar vestigios biológicos para esclarecer crímenes, reconocer cadáveres e identificar lazos consanguíneos con un altísimo nivel de certeza.

70

## NOVEDADES EDITORIALES

78



# NOTA DEL EDITOR

## Competitividad y ciencia

Desde hace varios años, el Instituto para el Desarrollo de la Administración (IMD) de Suiza ha venido realizando un estudio mundial sobre competitividad, comparando los indicadores más representativos de la actividad económica en cuarenta y siete países. En él se destacan Estados Unidos, que ocupa el primer lugar desde 1995, varios de los llamados "Tigres asiáticos" y países europeos de reconocida tradición. Teniendo en cuenta todos los indicadores, el mejor ubicado de América Latina es Chile, que ocupa el lugar treinta y tres, mientras que Colombia, Venezuela, México y Brasil se mantienen desde el comienzo en el bloque de los diez últimos.

Sin embargo, en lo que sigue, queremos destacar el papel otorgado al recurso humano y, hecho novedoso en este tipo de trabajo, a la inversión en ciencia y tecnología. Este último factor no figura en los cálculos de los economistas de los países industrializados sino desde hace poco tiempo y sobra decir que, con pocas excepciones, nunca se ha tenido en cuenta en los países de América Latina, en los cuales la ciencia todavía se considera un lujo reservado a las naciones avanzadas, sin mayor impacto sobre el desarrollo.

Esto último es especialmente marcado si comparamos, como lo hizo Guillermo Cardozo en un reciente artículo, algunos indicadores económicos y de desarrollo científico y tecnológico de nuestro continente con los de un bloque de países del sudeste asiático, entre ellos Singapur, Corea, Taiwan o Hong Kong, varios de los cuales aparecen en los primeros lugares del estudio del IMD. Sin detenernos a analizar la influencia que los regímenes gubernamentales o las políticas económicas han tenido en el desarrollo de esas naciones, resulta claro que una de las estrategias centrales que ellas han adoptado en las últimas tres décadas, ha sido la de apoyar a la educación y el desarrollo científico y tecnológico. Es así como la inversión en este último sector pasó de un 0.15 por ciento del producto interno bruto a finales de los setentas a más del 1.5 por ciento en la mayoría de ellos hoy en día, en contraste con Latinoamérica en la cual el promedio se ha mantenido en un lamentable 0.4 por ciento, sin una tendencia clara a aumentar. Gracias a ello, y a una ambiciosa política de formación de recursos humanos, indicadores tales como el número de artículos científicos, el de patentes o el de investigadores se han incrementado decenas de veces y, lo que es aun más importante, el producto interno bruto per cápita ha pasado de valores inferiores al promedio latinoamericano a comienzos de los setentas a ocho veces la media actual de nuestra región.

El punto que vale la pena destacar es que ese vertiginoso crecimiento económico está basado en el establecimiento de una industria de punta, moderna y competitiva,

que en la mayoría de los casos ha logrado desarrollar su propia tecnología gracias al esfuerzo mancomunado de universidades y centros de investigación.

Los anteriores ejemplos no sirven sino para confirmar la urgente necesidad de tomar la decisión política de apoyar el desarrollo científico y tecnológico como una estrategia vital para el desarrollo, especialmente dentro del marco de altísima competencia en que vivirá la sociedad del conocimiento en la que estamos entrando.

Además de establecer estrategias audaces en el sector de la educación, tanto escolar como universitaria, es indispensable apoyar el fortalecimiento de grupos y centros universitarios dedicados a la investigación básica en ciencias naturales y sociales, ya que ésta es la que a la larga genera los grandes avances tecnológicos. Del mismo modo, se deben fijar políticas de apoyo al sector productivo, a través del establecimiento y la consolidación de centros de desarrollo tecnológico, y de fomento a la creación de nuevas empresas que tengan mucho mayor requerimiento de conocimiento.

La teoría enunciada en la década pasada de que la tecnología está disponible en el mercado internacional y que resulta mejor negocio comprarla que hacer investigación y desarrollo, cayó afortunadamente en el olvido, pues es para todos evidente que desarrollarla resulta a la postre mucho mejor que adquirirla y que aun para negociar tecnología adecuadamente se requiere tener en el país personas del mismo nivel que los que la crearon. Sobra decir que ese resultado no se logra si no se dispone de científicos activos del más alto nivel y de grupos de investigación fuertes y bien estructurados.

Es justo destacar que el estudio del IMD muestra un claro avance de Colombia puesto que la coloca en el primer lugar -en el sector de ciencia y tecnología- a nivel latinoamericano. Ese resultado es fruto de los esfuerzos adelantados por el gobierno y la comunidad científica en la presente década que se tradujo en un incremento de la inversión en ese sector y en una notable mejora de los otros indicadores representativos. Si bien distamos mucho de los países industrializados y de los asiáticos, la mejora es digna de mencionarse. Esperamos que los recortes que se han producido a raíz de la crisis fiscal no afecten esa promisoriosa tendencia en los próximos meses, comprometiendo años de ardua labor.

Afortunadamente las declaraciones del gobierno en los últimos días hacen prever una positiva evolución en ese sector, en apoyo de la cual ha venido recientemente el gran economista Jeffrey Sachs, quien a su paso por nuestro país destacó enfáticamente la necesidad de que se incremente la inversión en ciencia y tecnología.

DR. EDUARDO POSADA F.  
Presidente A.C.A.C.

# Cuál es el origen del **V**irus de la **I**mmunodeficienci **H**umana

**D**esde la aparición del síndrome de inmunodeficiencia adquirida, sida, detectado por primera vez en 1981, se ha planteado un sinnúmero de hipótesis que intentan dar respuesta a un gran interrogante: ¿Cuál es el origen del VIH, agente causal del sida?.

De acuerdo con estudios publicados en 1987 por Robert C. Gallo del Instituto Nacional de Cáncer de Estados Unidos, la primera señal que hizo presagiar la existencia de una nueva enfermedad fue la aparición de un tipo poco frecuente de cáncer, el denominado sarcoma de Kaposi. Este sarcoma es un tumor que afecta las mucosas, la piel o ciertos órganos internos cuya existencia se había detectado fundamentalmente en África y entre italianos y judíos de avanzada edad. La aparición del foco de sarcoma de Kaposi entre jóvenes blancos de clase media, muchos de los cuales presentaban un historial de homosexualidad, instó a que en 1981 Michael Gottlieb de la facultad de medicina de la Universidad de California, Frederick P. Siegal, del Centro Médico Monte Sinaí, y Henry Masur del Hospital de Nueva York, publicaran los primeros informes sobre la existencia de un nuevo síndrome.

Se estableció rápidamente que este nuevo síndrome afectaba sobre todo a varones jóvenes homosexuales y se caracterizaba por una acentuada disminución de células T(CD4), que era común la ocurrencia de infecciones oportunistas y en algunos casos el sarcoma de Kaposi. Todo esto indicaba que se estaba ante una forma infecciosa de inmunodeficiencia, a la cual se le dio el nombre de "sida". Además, se establecieron sus principales mecanismos de transmisión; sin embargo, a pesar de haber logrado establecer hallazgos tan importantes, las causas que originaban esta enfermedad eran completamente desconocidas.

Surgieron entonces muchas hipótesis sobre sus causas. Se dijo que la enfermedad derivaba del contacto con espermatozoides, o de la ingestión de nitrato amílico, estimulante utilizado por algunos homosexuales. Se llegó a proponer incluso que no existía agente específico del sida, sino que el deterioro de los siste-



mas inmunológicos observado en los pacientes se debía a la sobreexposición crónica a proteínas foráneas portadas por los glóbulos blancos de la sangre de otras personas o por ciertos agentes infecciosos. Pensando en una única causa, varios investigadores propusieron algunos virus conocidos, por ejemplo el Epstein-Barr o los citomegalovirus, miembros de la familia del virus herpes. Sin embargo, esos agentes se conocían desde hacía tiempo, mientras el sida, según todos los indicios era una enfermedad nueva. Por otro lado tampoco mostraba una afinidad con las células T.

La mayoría de investigadores apoyaba la idea de un agente infeccioso nuevo. En 1980, Robert C. Gallo había descrito retrovirus con capacidad infecciosa en seres humanos, éstos eran dos virus T-linfotrópicos: HTLV-I (responsable de una forma singular de leucemia/linfoma de las células T) y otro muy semejante, denominado HTLV-II. Para 1983 Luc Montaigner y

sus colegas Françoise Barré-Sinoussi y Claudé Chermann del Instituto Pasteur, informaron sobre el aislamiento de un nuevo retrovirus que fue denominado HTLV-III o virus linfotrófico humano tipo III, el cual se acordó, posteriormente, llamarlo VIH o virus de la inmunodeficiencia humana, que se determinó como agente causante del sida.

La identificación del agente causante del sida constituía sin duda un gran paso que planteaba además un nuevo interrogante, ¿cuál era el origen del VIH?

Las hipótesis acerca de su origen no han cesado hasta el día de hoy, y han prosperado rápidamente; se ha dicho, por ejemplo, que un gobierno fue el que creó el virus, que una vacuna poliovirus lo introdujo, o que una especie no identi-

**La  
identificación  
del agente  
causante del  
sida constituía  
sin duda un  
gran paso.**

ficada es el principal hospedero. Sin embargo, hasta ahora nadie ha logrado encontrar una respuesta realmente convincente y demostrable al respecto.

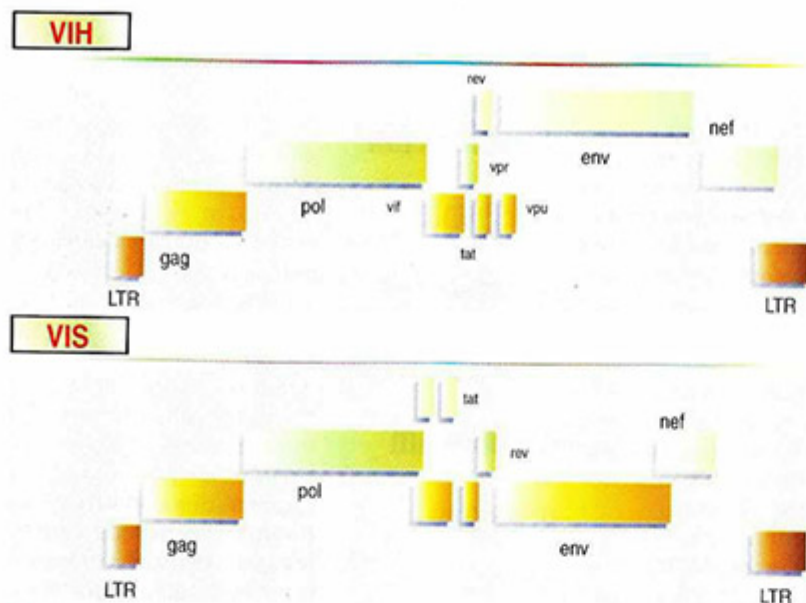
Para abordar el origen del VIH Max Essex y Phyllis J. Kanki, de la Escuela de Salud Pública de Harvard, empezaron por buscar virus similares en primates. Los monos y antropoides constituyen a menudo los únicos animales que resultan sensibles a virus de gran importancia en la patología del hombre, por ejemplo los de la fiebre amarilla y de Marburg. En algunos casos se cree incluso que los monos silvestres actúan como reservorios de patógenos y constituyen la fuente de infecciones humanas.

Para 1982 Isao Miyoshi de la Universidad de Kochi, describía en el macaco japonés un virus de características similares al HTLV; a éste se le denominó STLV o virus T-linfotrófico de los simios. A partir de ese momento la balanza se inclinó por una hipótesis que sugería los primates como el origen del VIH.

Las proteínas de estos dos tipos de virus eran muy similares, hasta el punto de que los anticuerpos inducidos en sus hospederos por las proteínas de uno podían reconocer las del otro, fenómeno conocido como reacción cruzada. El material genético de STLV se organizaba de modo similar al de HTLV, y del 90-95 por ciento de su secuencia de nucleótidos era idéntica u homóloga a la de este segundo virus. Tal proximidad molecular se acompañaba de semejanzas en sus propiedades biológicas.

A partir de ese momento, se adelantaron estudios dirigidos a la determinación y distribución del virus entre las especies de primates del mundo, obteniendo como conclusión que los primates podrían haber infectado poblaciones humanas con una versión del STLV du-





**Figura 1.** Representación esquemática del genoma del VIH y del VIS. El gen gag determina las proteínas del núcleo; el env, de las envolturas y el gen pol, las enzimas necesarias para la replicación. En algunos casos, las secuencias de nucleótidos de los genes se solapan y en otras no son contiguas. Los dos genes que no son comunes para ambos genomas se muestran en negro.

rante los últimos cuarenta millones de años. En ese sentido, Gallo propuso que el HTLV se originó en África, donde infectó simultáneamente poblaciones humanas y de primates, extendiéndose al continente americano a través del comercio de esclavos y al archipiélago japonés, que constituye otra área endémica, por marineros y comerciantes portugueses. Con independencia de cómo se asociaron a sus huéspedes HTLV y STLV, los datos no dejaban lugar a dudas de que sus orígenes se encontraban estrechamente vinculados.

Esos antecedentes animaron en 1984 a Max Essex y Phyllis Kanki a emprender la búsqueda de un virus de los simios emparentado con el VIH. Así, estos científicos hallaron anticuerpos del VIH en macacos asiáticos (*Macaca ssp*) del Centro de primates de Nueva Inglaterra, con ello se evidenciaba la presencia en monos de virus emparentados con el VIH.

Paralelamente, veterinarios patólogos de algunos centros de primates de Estados Unidos, señalaron la aparición en monos, de brotes epidémicos de una enfermedad parecida al sida, la cual no se observó en macacos asiáticos. Luego se logró aislar y caracterizar el virus responsable de esa infección

que hoy se conoce como virus de la inmunodeficiencia de los simios (VIS).

El VIS infectaba el mismo subgrupo de linfocitos T(CD4) que el virus humano, las propiedades biofísicas y bioquímicas de sus proteínas mostraban un notable parecido con las del VIH. Los anticuerpos humanos mostraban importantes grados de reactividad frente a las proteínas del virus del mono.

Estudios genéticos posteriores han demostrado que la secuencia de nucleótidos del VIS y del VIH es del orden del 50 por ciento. En ambos virus la organización de los genes estructurales y de los genes reguladores es virtualmente idéntica. Por lo tanto, fue evidente el fuerte paralelismo con el VIH.

Estudios seroepidemiológicos de macacos silvestres no revelaron la presencia de VIS, éste se limitaba a pequeñas poblaciones de monos cautivos que presentaban un índice elevado de inmunodeficiencias adquiridas, desarrollado quizás durante el cautiverio. Para 1985, los elevados niveles por infección con VIH en África Central evidenció la

importancia de verificar si esos virus se encontraban en especies africanas de primates. Se tomaron entonces muestras de sangre de primates africanos representativos: chimpancés (*Pan troglodytes*) en libertad y en cautiverio; monos verdes africanos (*Cercopithecus aethiops*), babuinos (*Papio ssp*) y mono patas (*Eritrocebus patas*); en las que se analizó la presencia de anticuerpos que reaccionaran con proteínas del VIS de macacos. En los resultados no se halló rastro de infección por VIS en chimpancés, babuino, ni patas. Sin embargo, más del 50 por ciento de la población libre de mono verde africano presentaba señales claras de infección por VIS, pero éstos no presentaban signos de inmunodeficiencias adquiridas.

No cabe duda que el VIS es el virus animal más afín al VIH. Aunque, de acuerdo con el análisis secuencial su parentesco es sólo del 50 por ciento, demasiado pobre



para asegurar que el VIS fuera un precursor inmediato de VIH.

Según un reporte de Jon Cohen publicado en la revista *Science*, se expone una nueva hipótesis mediante la cual Beatriz Hahn y sus colaboradores de la Universidad de Alabama, sustentan que diferentes especies de chimpancés son portadoras de diferentes clases de virus, y que una particular clase de chimpancé encontrada en una región de Gabón, Camerún y Guinea

**La cacería de chimpancés, una práctica común en África Ecuatorial, puede ser el enlace entre la infección de chimpancés y humanos.**

Ecuatorial es el origen de las infecciones de VIH en el hombre. La región había sido identificada antes como el probable epicentro de la enfermedad humana.

Hahn y sus colegas en sus estudios encontraron chimpancés de la especie *Pan troglodytes* infectados con VIS. Ellos sugieren que este virus puede haber estado por cientos o miles de años, y que la cepa viral ha estado evolucionando en unas subespecies específicas de chimpancés los cuales están geográficamente aislados por ríos.

La conclusión de Hahn es que *Pan troglodytes* (cuyo hábitat natural coincide precisamente con las regiones en África que han presentado infecciones en humanos por VIH por largos periodos) parecen ser el origen del VIH que ahora infecta a humanos. La cacería de chimpancés, una práctica común en partes del oeste de África Ecuatorial, puede ser el enlace entre la infección de chimpancés y humanos.

Es evidente que desde el mismo momento en que se determinó el VIH como agente causal del sida, no

han cesado las hipótesis que intentan explicar su origen, algunas parecen dar respuestas a este interrogante, sin embargo ninguna de ellas aclara completamente este panorama, tal vez pasará mucho tiempo antes de que se logre esclarecer el origen de un virus y de una enfermedad que ha alterado profundamente el modo de vida de cientos de personas en el mundo.

**Figura 2.** Región de África donde se han encontrado en chimpancés virus estrechamente relacionados con el VIH-1.

**Liliana Barrios**  
Licenciada en Química,  
Universidad Distrital Francisco José  
de Caldas.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia.

**Edgar Antonio Reyes**  
Licenciado en Química,  
Universidad Distrital Francisco José  
de Caldas.  
Estudiante de Maestría en Biología,  
Pontificia Universidad Javeriana.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia  
e-mail:  
eareyes@javercol.javeriana.edu.co

### Lecturas recomendadas

*Essex, Max y Kanki, Phyllis: Origen del Virus del Sida. Investigación y Ciencia. Diciembre de 1988.*

*Cohen, Jon: Aids traced to chimp Subspecies. Science. Vol. 283. Febrero 5, 1999.*

*Gallo, Robert: El virus del Sida. Investigación y Ciencia. Marzo de 1987.*

*Revista Science: Mayo 15, p. 966, 1992.*

# Hace treinta años...

el ser  
humano  
llega a

# LA LUNA



*Figura 1. La ausencia de biosfera y de erosión dejarán esta huella prácticamente intacta por muchos años.*

## José Gregorio Portilla B.

Profesor,

Observatorio Astronómico Nacional,

Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional de Colombia.

Santa Fe de Bogotá, Colombia.

e-mail: gportill@ciencias.ciencias.unal.edu.co

**E**l día 21 de julio de 1969 pasará a la historia como el día en que el hombre pisó por primera vez otro mundo.

Una hazaña sin precedentes considerada hace algunos años como imposible. Y sin embargo, con la perspectiva que da la historia no deja de ser sorprendente semejante derroche de decisión, recursos y valentía que implicó la visita a nuestra Luna. Desde mediados de julio de 1969 hasta diciembre de 1972 la superficie de la Luna fue explorada por seis misiones tripuladas: en total doce hombres tendrían (y tienen por ahora) el privilegio de ser los únicos seres humanos en recorrer las llanuras lunares.

### Tecnología

En la actualidad, y como lo era hace treinta años atrás, ir a la Luna es asunto complicado. Los sorprendentes avances tecnológicos que se observan en áreas tales como informática o ingeniería genética (campos en donde surgen avances radicales prácticamente cada semana) no ocurren de forma sensible en cuanto a la navegación espacial. Los cohetes de última generación como el *Ariane V* y el *Titan IVA*, aunque más flexibles y seguros, funcionan con el mismo principio con que se impulsó el cohete alemán *V2* en la Segunda Guerra mundial.

En el envío de naves al espacio se ha venido utilizando un modo muy primitivo con el fin de lograr velocidades del orden de las decenas de kilómetros por segundo requeri-

das para poder ir de un lugar a otro entre los cuerpos del sistema solar. Este modo (completamente ineficiente desde el punto de vista práctico) es la utilización de cohetes químicos con comburentes líquidos o sólidos que duran encendidos unos cuantos minutos, lo que implica que casi todo el peso del cohete y su estructura son expulsados en el breve tiempo que dura el cohete en funcionamiento. El cohete *Saturno V*, construido por los norteamericanos para ir a la Luna, está constituido realmente por tres, uno encima del otro junto con la nave espacial propiamente dicha; todo el conjunto pesa aproximadamente 2950 toneladas y su altura equivale a la de un edificio de treinta y ocho pisos. En el momento del despegue, la expulsión

de material es tan enorme (agua y bióxido de carbono producto de la quema de gasolina con oxígeno líquido) que al cabo de 160 segundos el primer cohete agota toda la gasolina y oxígeno que había en su interior (2150 toneladas). Para ese entonces el conjunto ha reducido su peso a unas 800 toneladas, esto es, apenas ha sobrevivido el 27 por ciento del peso original del cohete. Al agotarse la primera etapa, es decir, un cohete que ha tardado en

**A** finales de los años sesenta los seres humanos realizaron el más grande portento tecnológico y científico.

construirse dos años a un costo exorbitante, debe desprenderse éste del resto del conjunto con lo que se eliminan 130 toneladas de metal que terminan chocando y hundiéndose en el océano Atlántico. Inmediatamente después se activa el cohete de la segunda etapa y salen expulsadas 445 toneladas de gases en los siguientes seis minutos y medio. Agotada la reserva de comburentes se elimina este segundo cohete (de nuevo, 32 toneladas terminarán impactando contra el



Figura 2. La tripulación del Apolo XI, conformada por Neil Armstrong, Michael Collins y Edwin Aldrin.

océano) para dar inicio al encendido de la tercera etapa, cuya finalidad es alcanzar la velocidad necesaria para que la nave espacial propiamente dicha se dirija, por su propia inercia, rumbo hacia la Luna.

El cohete *Saturno V* no es más que un instrumento que permite llevar la nave espacial de una velocidad nula hasta cerca de 10.8 Km/seg. Para ello ha tardado unos cuantos minutos. Después de ese impulso, y agotado todo el combustible, la nave espacial tiene la suficiente velocidad para moverse como un satélite artificial en torno a la Tierra en una órbita elíptica que interceptará la órbita lunar. La nave espacial se mueve entonces libremente sometida a los campos gravitacionales de la Tierra, la Luna y el Sol. El viaje tarda unos tres días, tanto de ida como de regreso. Es evidente en la descripción de este proceso, que el viaje a la Luna, en nuestro actual estado tecnológico, es un ejemplo de derroche de recursos a una escala exagerada.

La razón para seguir utilizando cohetes es que no se han encontrado otras formas para lograr que objetos tales como una nave espacial (cuyas masas van desde unos pocos kilogramos hasta centenares de toneladas) adquieran velocidades de las decenas de kilómetros por segundo. Por ello, a pesar de que los viajes espaciales actuales sean considera-

dos como un auténtico desperdicio de medios, supremamente ineficientes y obviamente muy costosos, descansan en principios físicos muy sencillos. No es de extrañar que se diga con frecuencia y sin demeritar el logro en sí, que el hombre fue a la Luna con la tecnología de la olla a presión.

### Guerra fría

Colocar hombres en la superficie de la Luna fue una decisión política del gobierno demócrata del presidente J.F. Kennedy motivado por la enorme pérdida de prestigio tecnológico de Estados Unidos frente a una Unión Soviética que se había dado el lujo de colocar el primer satélite artificial y el primer ser humano en el espacio. En una época de guerra fría, espionaje, recriminaciones y exacerbante propaganda no era de extrañar que los soviéticos anunciaran sus triunfos tecnológicos con toda la fanfarria posible, remarcando al mundo que esto era posible gracias a su particular régimen político y económico.

Kennedy asumió la presidencia de un Eisenhower que había descuidado en un principio el desarrollo de la tecnología espacial. Sólo cuando los soviéticos colocaron el primer satélite artificial a finales de 1957, y presionado por la opinión pública, Eisenhower decidió crear la NASA

(Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio) e impulsar el proyecto Mercury (la puesta en órbita de un hombre en el espacio).

Con el advenimiento de Kennedy al poder nadie se hacía ilusiones de que este joven presidente fuera a apoyar decididamente las investigaciones en el plano espacial. El presupuesto asignado para la NASA en 1961 era más que mezquino. El presidente y sus asesores se vieron en apuros para tratar de encontrar a un funcionario que aceptara el cargo de administrador de la NASA.

Sin embargo, dos hechos trastornaron la historia y obligarían a Kennedy a adoptar decisiones urgentes y en otro sentido. El primero fue el vuelo del soviético Yuri Gagarin, primer ser humano en salir al espacio y dar una órbita alrededor de la Tierra.

Enfrentado con la bulliciosa prensa nacionalista norteamericana que veía con tristeza que no importaba qué planearan sus encopetados científicos, los en apariencia agrarios soviéticos lo harían primero, Kennedy buscó consejo en sus asesores científicos quienes le aseguraron que habría una buena probabilidad de adelantarse al oso ruso en el plano espacial si se concentraban los esfuerzos en una misión: enviar hombres a la Luna.

Kennedy no necesitó pensarlo demasiado. Los científicos creían que ésta era una empresa factible al alcance de pocos años, pues lo más importante era contar con una abundante financiación por parte del gobierno. La apuesta era muy alta, pero el prestigio e influencia de la nación en el mundo no daba lugar a cicaterias. En un discurso pronunciado el 25 de mayo de 1961, cuarenta y tres días después del vuelo de Gagarin, el presidente anunció a la nación su compromiso de la exploración lunar: "Ya es tiempo para tomar pasos más largos, tiempo para una nueva empresa americana... Vamos al espacio porque cualquier cosa que la humanidad emprenda, los hombres libres deben compartirla... Creo que esta nación debe emprender el objetivo, antes de que esta década finalice, de colocar un hom-

bre sobre la superficie de la Luna y regresarlo de forma segura a la Tierra”.

Aquí debe recalcar el hecho de que fue la firme determinación por parte de los políticos y administradores de la nación los que dieron luz verde al proyecto. Kennedy y su equipo tomaron la decisión aún cuando los científicos y técnicos no estaban muy seguros de los detalles específicos de cómo llevar seres humanos a la Luna y traerlos a salvo de regreso. Los avances técnicos de principios de los años sesenta permitían en teoría el viaje hasta la Luna, pero existía un cúmulo de problemas e interrogantes a todos los niveles que había que resolver de forma casi que inmediata. Pero eso por entonces no importaba. La época de las vacas flacas había llegado a su ocaso. La administración y la academia volvían a estar de acuerdo en que cualquier problema técnico en apariencia insalvable es susceptible de ser resuelto cuando se dispone de recursos abundantes y bien administrados.

### La acción engendra optimismo

De repente la NASA se convirtió en la envidia de las instituciones burocráticas norteamericanas: no sólo disponía de dinero para comprar grandes extensiones de terreno (para la construcción de laboratorios, institutos de investigaciones, sitios de prueba y lanzamiento de misiles), reclutar ejércitos de ingenieros y científicos, contratar con las grandes industrias aeronáuticas, etc., sino que también el prestigio tecnológico estadounidense reposaba en sus hombros.

Muy pronto se definió el procedimiento adecuado para optimar el viaje. Se decidió construir un cohete de tres etapas llamado *Saturno V* (el cual es considerado aún, después de treinta y cinco años de haberse

diseñado, como el cohete más gigantesco y confiable que se haya construido alguna vez). La nave espacial, ubicada en la parte superior del cohete, fue llamada *Apolo*. Empresas como Boeing, McDonnell-Douglas, Grumman e IBM eran las encargadas de su construcción. El asesinato de Kennedy en noviembre de 1963 no afectó en nada el ritmo frenético de las investigaciones y el plan de trabajo, pues su sucesor, L. B. Johnson, era aún más entusiasta de los vuelos espaciales que el mismo Kennedy.

Entre 1965 y 1966 se realizaron las misiones tripuladas *Gemini* tendientes a estudiar el efecto de la gravedad en los seres humanos por periodos de unos cuantos días como

también en la factibilidad de la realización de acople y desacople de naves, aspectos considerados vitales para poder viajar a la Luna. En 1967 un accidente en una simulación cobró la vida de tres astronautas, hecho que amenazó en un momento dado la continuidad del programa, pero las investigaciones y modificaciones del caso fueron realizadas con eficiencia de tal forma que a los pocos meses del incidente las labores se desarrollaban normalmente.

A estas alturas ya no había nadie que pudiera detener la determinación de los norteamericanos.

En diciembre de 1968 fue lanzado el *Apolo VIII*. Los hombres que hicieron parte de la tripulación pasaron a la historia como los primeros seres humanos en salir de la influencia gravitacional de la Tierra, los primeros en sentir la influencia gravitacional de la Luna y los primeros en ver con sus propios ojos el lado oculto de nuestro satélite. Pero no se trataba de una misión de descenso hasta la superficie. El gran paso fue dejado por la tripulación del *Apolo XI*, en julio de 1969. El sueño de Kennedy y el de una nación orgullosa se veía por fin materializa-

do después de tantos esfuerzos y sacrificios. Un planeta paralizado observó por televisión con justificado asombro a Armstrong y Aldrin caminando en un lugar donde ningún ser vivo había estado antes.

### Pérdida de interés

Después de haber saboreado la victoria, Estados Unidos continuó enviando misiones de exploración enfocadas más hacia el plano científico. Así llegaron hasta la Luna las misiones *Apolo XII, XIV, XV, XVI y XVII*. Para entonces varios factores hicieron que se perdiera el impulso de la exploración lunar y planetaria que llevaban los norteamericanos. La opinión pública norteamericana al igual que los medios masivos de comunicación habían perdido el interés en los viajes tripulados hacia la Luna: el asunto se había convertido en una simple rutina. La guerra del Vietnam obsesionaba desde comienzos de los sesenta a políticos y militares norteamericanos, por lo que grandes sumas de dinero habían sido destinadas para su continuación. Ello implicaba que otros proyectos estarían condenados a recibir poca financiación, entre ellos la exploración espacial. Tampoco ayudó mucho que los rusos resultaran vencidos en la carrera hacia la Luna y que no mostraran en apariencia la más mínima intención de llevar hombres hasta allá. Sin competidores, seguir en la carrera no tenía sentido. Sin financiación y sin interés los norteamericanos terminaron por abandonar los planes de exploración de otros sitios de la Luna (el lado oculto, por ejemplo) y la eventual construcción de una estación lunar habitada permanentemente.

### ¿Hasta cuándo?

El espíritu de la Nueva Frontera del presidente Kennedy, que continuó Johnson, permitió el advenimiento de una época de optimismo desenfadado (fue la época en que Clark y Kubrick escribieron y llevaron al cine *2001 Odisea del Espacio*, la época en que la televisión creó el fenómeno cultural de *Viaje a las*

**El sueño de Kennedy y el de una nación orgullosa se veía por fin materializado después de tantos sacrificios.**

MISIÓN	FECHA	LUGAR DE EXPLORACIÓN
Apolo XI	Julio 1969	Mar de la Tranquilidad
Apolo XII	Noviembre 1969	Océano de las Tormentas
Apolo XIV	Ene/Feb 1971	Frau Mauro
Apolo XV	Jul/Ago 1971	Montes Apeninos
Apolo XVI	Abril 1972	Descartes
Apolo XVII	Diciembre 1972	Motes Taurus

■ **Tabla.** Misiones tripuladas a la Luna.

*Estrellas*), un tiempo en donde aquellos con metas y miras audaces sintieron que los planetas del sistema solar y el entorno estelar estarían muy pronto a nuestro alcance. Tristemente el desarrollo histórico de los últimos años nos recuerda que dichas previsiones eran exageradas. Las misiones espaciales tripuladas del último cuarto de siglo se han limitado a la puesta en órbita de transbordadores y estaciones espaciales, a una distancia de la Tierra inferior a los 700 kilómetros. Desde un punto de vista formal, los viajes

espaciales actuales se han limitado a la ejecución de vueltas una y otra vez a nuestro planeta a una distancia sorprendentemente corta comparada con las distancias que nos separan de los planetas y estrellas. Desde diciembre de 1972 no ha existido un sólo astronauta que se haya alejado a más de 1000 km de la superficie terrestre (1/6 parte del radio de nuestro planeta). Como están las cosas, Marte y otros lugares del sistema solar permanecerán, por lo menos en los próximos veinte años, inexplorados por seres humanos.

Aunque existen muchas propuestas, algunas de ellas muy brillantes e ingeniosas, tendientes a revolucionar la propulsión de naves espaciales tales como la propulsión por fisión y fusión nuclear, lo cierto es que por diversos motivos, cada uno de ellos tendrá que esperar un tiempo prudencial antes de que encuentren una aplicación exhaustiva.

En este aspecto hay que ser realistas y prácticos: primitivo como es nuestro sistema de propulsión por cohetes químicos, constituye hoy por hoy la base de un próspero negocio que se acerca a los cien mil millones de dólares anuales en ganancia y que comprende básicamente la puesta en órbita de satélites artificiales para el cumplimiento de muy diversas tareas.



■ **Figura 3.** El cohete Saturno V. A pesar de haberse diseñado hace más de treinta años, todavía ostenta el título de ser el cohete más grande que se haya construido jamás. A diferencia de prácticamente todos los demás tipos de cohetes, un Saturno V nunca explotó.

## Epílogo

Ya han transcurrido treinta años desde viaje del *Apolo XI*. Las nuevas generaciones que han surgido apenas si pueden creer que a finales de los años sesenta los seres humanos realizaron el más grande portento tecnológico y científico que hayan sido capaces de realizar alguna vez. Y sin embargo, en el momento de escribir estas líneas, no existen planes concretos y realistas por parte de alguna nación industrializada que permitan mantener la idea de que al menos en los próximos quince años observemos de nuevo a seres humanos explorando nuestra Luna, desentrañando los misterios de su origen, evolución y composición. No deja de ser irónico que uno de los periodos más tenebrosos de la historia, que amenaza incluso la existencia de la raza humana en el planeta, haya dejado entre sus "secuelas" la exploración parcial de nuestro satélite natural.

## Lecturas recomendadas

*Apollo 11 Mission Report.* NASA SP-238, 1971.

*Asker, J.* *Aviation Week & Space Technology*, Agosto 31, p. 47. 1992.

*Cook, W., Cook, G.* *U.S. News & World Report*, Julio 11, p. 50. 1994.

*Chaikin, A.* *Newsweek*, Julio 25, p. 48. 1994.

*Frieling, T.* *Aviation Week & Space Technology*, Mayo 20, p. 67. 1991.

*Heinz-Hermann, K.* *Spaceflight*, Vol. 35, febrero, p. 48. 1993.

*Heppenheimer, T.A.* *American Heritage*, Noviembre, p.61. 1992.

*Longsdon, J., Dupas, A.* *Scientific American*, Junio, p. 36. 1994.

*Murray, C., Cox, C.* *Apollo: The Race to the Moon*. New York: Simon & Schuster, 1989.

## LA FUNDACIÓN CORONA

CONTRIBUYE AL PROGRESO DEL PAÍS  
MEJORANDO LA CALIDAD DE LA GESTIÓN  
DE LOS PROCESOS SOCIALES Y  
FACILITANDO EL ACCESO DE  
LA POBLACIÓN MÁS POBRE  
A LOS BENEFICIOS QUE GENERA  
EL DESARROLLO.

CON ESTE PROPÓSITO TRABAJA

EN LAS SIGUIENTES ÁREAS:

DESARROLLO EMPRESARIAL, EDUCACIÓN,  
SALUD Y GESTIÓN LOCAL Y COMUNITARIA.

### FUNDACIÓN CORONA

Calle 100 No. 8A-55 - Torre C - Piso 9

Teléfono: 610 5555 - Fax: 610 7620 - Bogotá

e-mail: fundacion@corona.com.co

www.fundacioncorona.org.co

### desarrollo empresarial



*Crea y fortalece instituciones  
y programas de mejoramiento  
de la gestión empresarial y  
tecnológica de las  
micro y pequeñas empresas.*

### educación



*Contribuye a mejorar la calidad  
de la educación básica y  
la pertinencia de la formación  
para el trabajo.*

### salud



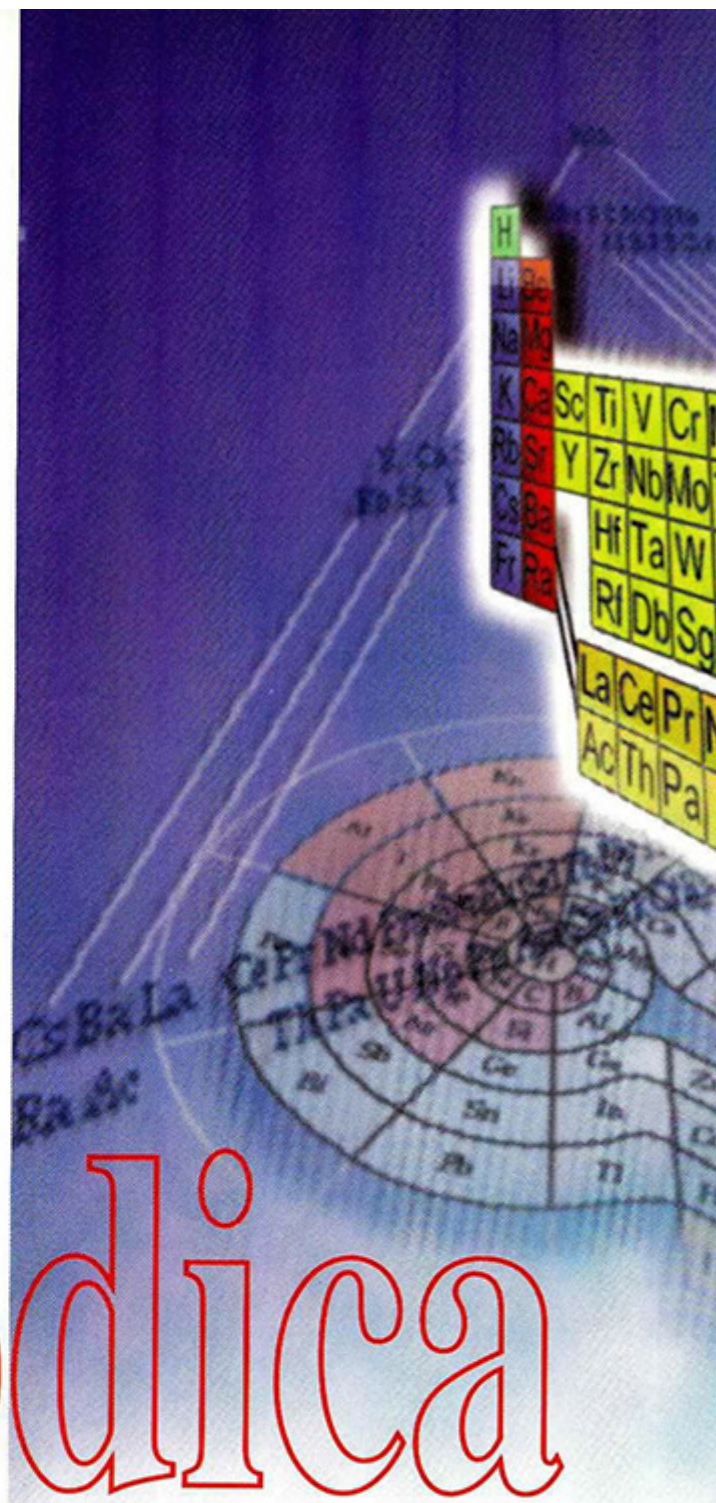
*Mejora la gestión hospitalaria  
y el acceso de la población  
más pobre a  
los servicios de salud.*

### gestión local y comunitaria

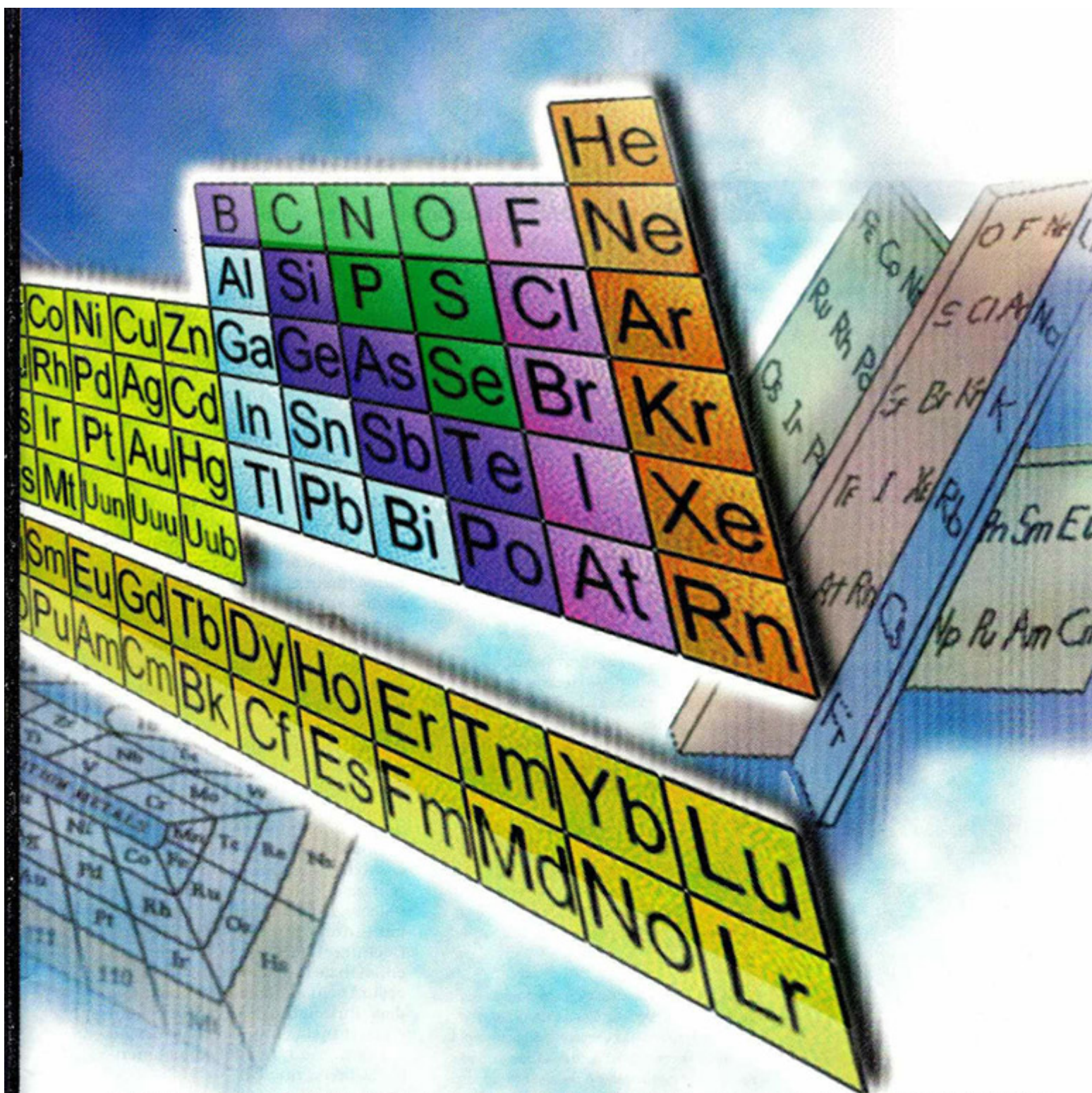


*Fortalece la capacidad de gestión  
tanto de las comunidades  
organizadas como  
de los gobiernos locales.*

# ¿Cómo se llegó a la tabla periódica moderna?



**L**a tabla periódica es una de las mayores síntesis realizadas hasta el momento, de una gran cantidad de datos que, sin ella, sería muy difícil entender. Su historia se remonta hace más de doscientos años, desde entonces ha evolucionado y aumentado su tamaño en una manera considerable. Sin embargo, a pesar de los grandes hallazgos que se han presentado en este transcurso de tiem-



po y que siempre se han intentado cuestionar con fundamentos teóricos, esos nuevos resultados acaban por incorporarse manteniendo intacta su estructura fundamental.

El calificativo "periódica" aplicado a la tabla refleja la agrupación de los elementos de acuerdo con la repetición regular de las propiedades químicas de los elementos. Si ésta no existiera, nos habríamos tenido que aprender

los 113 elementos conocidos, el 114 aún está en discusión. Gracias a este sistema periódico, los químicos sólo deben dominar las propiedades de unos cuantos elementos típicos, pues el resto pertenece a uno de los grupos o familias que presentan propiedades químicas similares.

La tabla periódica moderna nació el 17 de febrero de 1869, día en que Dimitri Ivanovich Mendeleiev terminó la primera de

sus numerosas tablas. Ésta constaba de 63 elementos, ordenados según su peso atómico creciente, pero dejaba espacios libres para elementos no descubiertos, prediciendo su peso atómico. Pero, antes de Mendeleiev, otros habían elaborado algún tipo de sistema para ordenar y describir los elementos. En la **tabla 1** se encuentra el resumen de los aportes principales de cada uno de ellos para llegar a la tabla periódica moderna.

AÑO	AUTOR(ES)	CARACTERÍSTICAS
1787	Antoine Lavoisier Antoine Fourcroy Louis-Bernard Guyton Claude-Louis Berthollet	Propusieron una lista de los 33 elementos encontrados hasta ese momento, presentada en un esquema unidimensional.
1817	Johann Dobereiner	Hizo una distribución en virtud de similitud química, en grupos de 3. Cuando se ordenan por tríadas, según su peso atómico, las propiedades de un elemento se hallan entre las de los otros dos.
1834	Peter Kremers	Sugirió la posibilidad que un elemento perteneciera a dos tríadas perpendiculares.
1857	Jean-Baptiste-André Dumas	Abandonó las tríadas para enunciar un sistema de ecuaciones que reflejara el aumento del peso atómico en varios grupos de elementos que presentaban similitud química.
1862	Alexandre-Emile Béguvier de Chancourtois	Planteó una configuración geométrica. Dispuso los elementos en un orden creciente de acuerdo con su peso atómico a lo largo de una espiral inscrita en un cilindro con una inclinación de 45 grados con respecto a la base. Los elementos que coincidían verticalmente, tendían a presentar propiedades similares.
1864	John Newlands	Estableció la "ley de las octavas". Ordenación de los elementos por peso atómico, cada uno presentaba propiedades similares a los elementos situados ocho puestos atrás y ocho puestos adelante. Utilizó por primera vez una secuencia de números ordinales (basada en el peso atómico).
1868	Julius Lothar Meyer	Similar a la de Mendeleiev, pero no clasificó correctamente algunos elementos. Predijo la existencia de algunos elementos y las propiedades de sus compuestos, al igual que corrigió el valor del peso atómico de algunos de los elementos conocidos.
1869	Dimitri Mendeleiev	Su tabla predijo la existencia de todos los elementos conocidos hasta hoy. Describió el fenómeno de la periodicidad química como una ley de la naturaleza.

**Tabla 1.** Resumen de los principales aportes logrados para llegar a la tabla periódica moderna.

A partir de este momento empezaron a surgir los inconvenientes para el modelo. El primero de ellos fue el descubrimiento del

argón, helio, neón, criptón y xenón, pues estos elementos se mantenían al margen del resto de los elementos y parecían no formar

ningún tipo de compuesto con los demás. Por esta razón se les denominó "gases nobles". Por estos elementos hubo quien sugirió que éstos ni siquiera pertenecían a la tabla periódica; ni Mendeleiev había predicho la existencia de estos átomos. Sólo seis años más tarde se logró incorporarlos a la tabla, como una columna adicional entre los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo y astato) y los metales alcalinos (litio, sodio, potasio, rubidio, cesio y francio).

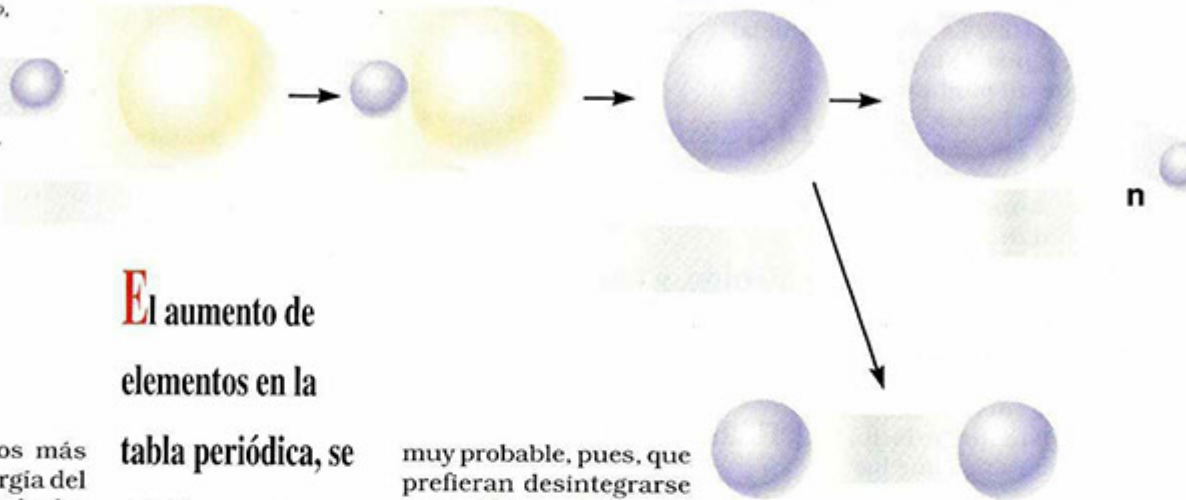
Los problemas presentados durante todo el siglo XX han tenido respuesta en la tabla periódica que conocemos actualmente. En ella se encuentran los 113 elementos, el 114 aún está en discusión, reportados hasta el momento. Su transformación desde Mendeleiev ha sido poca, salvo por las incursiones de los elementos que él había pronosticado y que han llegado a confirmarse totalmente. Sin embargo, su predicción se limita a los elementos que se encuentran en la naturaleza (1 al 106), pero no a aquellos que han sido producto de la manipulación humana.

Este aumento de los elementos que se habían predicho en la tabla periódica, se debió básicamente al cambio radical sufrido en la estructura del conocimiento de la física y, especialmente a las observaciones hechas por Henri Becquerel (1852-1908) sobre la emisión de radiación capaz de atravesar incluso hojas metálicas. Ese descubrimiento de la radiactividad en sustancias naturales dio origen a una nueva rama del conocimiento: la física nuclear.

## Síntesis de elementos

Los elementos cuyo número atómico es muy elevado,  $Z > 100$ , sólo pueden producirse por fusión de dos núcleos atómicos, lo que se consigue acelerando un haz de iones de los átomos más ligeros hasta que adquieran una energía elevada (unos 250 millones de electron-voltios), momento en el que se dispara sobre un blanco que con-

**Figura 1.** Síntesis de elementos mediante el proceso de fisión suave. Inicialmente el proyectil choca con gran fuerza contra el núcleo blanco, produciéndose uno de mayor tamaño que los anteriores. En este momento este núcleo tiene dos posibilidades, formar uno nuevo liberando un cuanto gamma y un neutrón (n) o, por el contrario, desintegrarse espontáneamente formando dos núcleos de menor tamaño.



**El** aumento de elementos en la tabla periódica, se debió especialmente a las observaciones sobre la emisión de radiación capaz de atravesar incluso hojas metálicas.

tiene los núcleos más pesados. La energía del haz de iones ha de determinarse con gran precisión ya que, por una parte, los proyectiles tienen que vencer la repulsión electrostática (la barrera de Coulomb) de los núcleos blanco, pero, por otra, no conviene que sea mucho mayor, para evitar que el núcleo resultante de la fusión se rompa de nuevo en otros dos núcleos y no se consiga nada.

Cuando las masas de dos átomos que colisionan son muy diferentes, la barrera de Coulomb es menor. Los elementos 101 al 106 fueron sintetizados así, bombardeando los actínidos más pesados con iones ligeros. Este método fracasó en el caso de los elementos superpesados porque cuanto mayor sea la carga total, mayor es el recalentamiento que sufre el núcleo resultante, lo que le proporciona energías de excitación entre 40 y 50 millones de electrón-voltios. Antes de que éstos puedan adquirir una estructura nuclear ordenada tienen que deshacerse sucesivamente de muchos neutrones y cuantos gamma; es

muy probable, pues, que prefieran desintegrarse espontáneamente sin aguardar a todo este proceso de enfriado.

Mediante la fusión del plomo o del bismuto con núcleos atómicos semipesados, el núcleo fusionado adquiere una energía de excitación de sólo 10 a 20 millones de electrón-voltios, de modo que puede enfriarse por emisión de un simple neutrón y alcanzar así un estado estable, que previene la desintegración espontánea. Este efecto de estabilización está determinado tan sólo

por la estructura de capas del núcleo superpesado.

Para producir nuevos elementos era entonces necesario la construcción de equipos sofisticados que les permitiera realizar una aceleración en los iones. Este aparato fue propuesto por Schmelzer en Alemania. Esta instalación debería permitir también la investigación sistemática de todo tipo de reacciones nucleares que pudieran contribuir a la producción de elementos superpesados.

Ésta fue, además, una oportunidad para los alemanes de introducirse en este campo que era

dominado hasta ese momento por los rusos y por los norteamericanos. En diciembre de 1969 se cristalizó este proyecto y se constituyó el Instituto de Investigaciones en Iones Pesados (GSI), en Darmstadt. En 1975 se instaló allí un acelerador de iones superpesados UNILAC (Acelerador Universal Lineal), concebido por Schmelzer.

### Elementos 107, 108 Y 109

Gracias a esta técnica, el grupo del GSI demostró que el proceso de la fisión suave sí funciona (**figura 1**). El primer elemento en sintetizarse de esta manera fue el número 107 (que fue llamado bohrio, en honor a Niels Bohr). Se utilizó un proyectil de cromo 54, sobre láminas delgadas de bismuto 209. El 24 de febrero de 1980, se pusieron de manifiesto los primeros núcleos del elemento 107, cuarenta y dos años después del descubrimiento del francio y tras el descubrimiento de dieciséis elementos consecutivos en Estados Unidos.

Con hierro 58, y usando de nuevo blancos de bismuto 209, se obtuvo dieciocho meses más tarde el elemento 109 (que posteriormen-

te fue denominado meitnerio, en honor a la física Lisa Meitner). Sin embargo, hasta 1988 no se pudo realizar nuevamente el experimento y comprobar el resultado.

Pero, ¿qué había pasado con el elemento 108? La respuesta inicial fue la leyenda de la existencia de un pantano de desintegración espontánea entre los elementos conocidos y todos los elementos superpesados, que debían constituir una isla de estabilidad. Los elementos con un número impar de protones y neutrones, como el bohrio y el meitnerio, deberían ser más resistentes a la fisión espontánea que los núcleos de números de nucleones pares.

Sin embargo, esta leyenda quedó aniquilada, cuando el 14 de marzo de 1984 se descubrió el elemento 108 (al que se le dio el nombre de hassio, debido al lugar de Alemania, donde se encuentra el GSI).

### Los elementos 110, 111, 112 y 113.

En 1988, el GSI comenzó a construir un nuevo sistema de aceleración, por lo que durante seis años no se logró un nuevo adelanto en este campo. El 9 de noviembre de 1994, se identificó nuevamente un elemento desconocido, mediante la fusión del níquel 62 con plomo 208, tras la emisión de un neutrón, el núcleo resultante se transformó en el isótopo  $^{269}110$ , que tuvo que ser identificado por su cadena de desintegración al presentar átomos hijos ya conocidos.

Poco después, el 17 de diciembre de 1994 (día en el que se celebraban veinticinco años de la fundación del GSI) se descubrió el elemento 111, por irradiación del bismuto 209 con níquel 64. La vida media de este nuevo elemento es de 1.5 milisegundos.

La investigación en esta área continuó y se intentó brindar mayor potencia para obtener elementos mayores cada día. Es así como se hicieron ensayos con el proyectil zinc 70, que es muy rico en neutrones, sobre una lámina de plomo 208. En febrero de 1996 (cien años después de que Becquerel observara la radiactividad natural, que conmocionó las bases de la física, y quince años después del descubrimiento del primer elemento artificial) consiguieron identificar el elemento 112 en dos cadenas de desintegración.

El proceso continuó y, el siguiente paso, fue la identificación del elemento

113, el cual lograron sintetizar mediante la utilización de zinc 70 y bismuto 209.

El elemento 114 parece haberse obtenido, de acuerdo con un informe hecho por el Instituto Unido para la Investigación Nuclear, en Dubna, cerca de Moscú, a partir de la fusión del germanio 76 con el plomo 208. Si esto llega a confirmarse, significaría el ingreso del elemento 114 al sistema periódico.

## El elemento 114 parece haberse obtenido, a partir de la fusión del germanio 76 con el plomo 208.

### ¿Cuál es el futuro de esta rama de la ciencia?

Parece ser que es un área bastante fértil, en la cual aún queda mucho por explorar. Por el momento, lo más importante es obtener nuevamente el elemento 114 para confirmar el trabajo realizado en Dubna y poder continuar avanzando en la conquista de los elementos químicos. El panorama es, pues, bastante amplio y, no será raro que éstos elementos consignados hasta ahora sean sólo una muestra de todo lo que puede hacer el hombre en su afán por descubrir el mundo.

Edgar Antonio Reyes M.

Licenciado en Química,  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Estudiante de Maestría en Biología,  
Universidad Javeriana.

Santa Fe de Bogotá, Colombia.

e-mail:

eareyes@javercol.javeriana.edu.co

### Lecturas recomendadas

*Armbruster, Peter: La síntesis de elementos superpesados. Investigación y Ciencia. Noviembre de 1988.*

*Serri, Eric R.: Evolution of the periodic table. Scientific American. Sept. 1998.*

*Serri, Eric R.: The electron and the periodic table. American Scientist Vol. 85. Noviembre-Diciembre de 1997.*

*A brief history of the development of periodic table.*

*Western Oregon University. ([http://www.wou.edu/LiberalArtsScience/Physical\\_science](http://www.wou.edu/LiberalArtsScience/Physical_science)).*

# 2001

# ALLEGRO

© MANTAGOSTINO



NUEVO ALLEGRO 2001.  
SE ACABARON LAS ODISEAS  
DEL ESPACIO, DEL CONFORT  
Y DE LA TECNOLOGÍA.



EL ALLEGRO  
ES UN ÉXITO DESDE SU  
LANZAMIENTO.  
MILLONES DE PERSONAS SE REENCONTRARON CON LA ALEGRÍA DE MANEJAR CON EL ALLEGRO.  
Y AHORA, CON EL NUEVO ALLEGRO  
2001 SEDÁN Y ALLEGRO 2001 HATCHBACK, LA VAN A RENOVAR PARA SIEMPRE.  
EL NUEVO ALLEGRO 2001 PRUEBA QUE MAZDA CONTINÚA FIEL  
A SU FILOSOFÍA: HACER CADA VEZ MÁS PERFECTA LA RELACIÓN  
ENTRE USTED Y LA MÁQUINA.  
NUEVO ALLEGRO 2001. EN EXHIBICIÓN EN TODOS LOS CONCESIONARIOS MAZDA Y  
EN LOS GARAJES  
MÁS INTELIGENTES DEL  
PAÍS.

TODOS LOS DETALLES DE LOS VEHÍCULOS QUE SE MUESTRAN EN ESTE ANUNCIO, ESTÁN SUJETOS A CAMBIOS  
SIN AVISO, Y VARÍAN SEGÚN LA LOCALIDAD. CONSULTE CON SU CONCESIONARIO AUTORIZADO MAZDA.



**mazda**

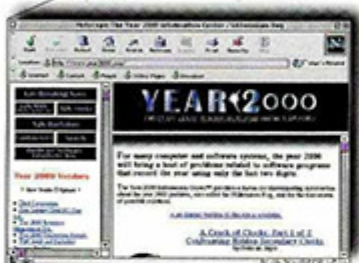
# WEB

## Novedades en Ciencia



<http://www.2000.gov.co>

### El problema del año 2000



#### Naturaleza del problema

Aunque también se le conoce como la falla del milenio, el Y2K (*Year 2000, year two K.*), en realidad no es un error de programación. Sería más adecuado decir que se trata de una de las más grandes imprevisiones de la historia.

En los años sesenta y setenta cuando los primeros computadores comenzaron a aparecer en las empresas, el costo de la memoria y de los dispositivos de almacenamiento era muy elevado. Según el texto de *El problema del año 2000*, de Leon Kappelman, en 1963 el espacio en almacenamiento en disco en los *main frames* era 10.000 veces más costoso que en 1996. Por ello los ingenieros de software se dedicaron a crear programas y dispositivos que utilizaran la menor cantidad posible de ese espacio y valioso espacio.

Una de las estrategias fue presentar los años con dos dígitos, en lugar de cuatro. Esa resultaba una muy buena forma de ahorrar espacio y dinero debido a que muchos programas usan fechas para diver-

sos cálculos y operaciones. El problema es que los ingenieros continuaron creando los programas de la misma manera, a pesar de que los precios de la memoria RAM y el espacio en almacenamiento en disco comenzaron a bajar de forma acelerada en los años ochenta.

Aunque se ha hablado mucho sobre el tema, el problema del año 2000 plantea la probabilidad real de que los sistemas de cómputo y equipos electrónicos que manejan fechas, funcionen incorrectamente o dejen de funcionar del todo cuando llegue el año 2000. Como dichos sistemas y equipos están presentes en casi todas las áreas activas de la sociedad, las posibles fallas que experimentarían podrían afectar, de manera significativa, la vida diaria del país.

#### Metodología para el manejo del problema del año 2000.

##### I. Etapa de concientización

Definición y entendimiento del problema. Conformación del equipo y elaboración de un primer plan de trabajo.

##### II. Etapa de diagnóstico

Definición de prioridades y planificación de acciones correctivas futuras con base en el análisis de funciones generales, procesos asociados y componentes de soporte.

##### III. Etapa de renovación

Preparación de un ambiente de renovación, definición de estrategias de acción para cada componente crítico. Evaluación de métodos y estimación de costos.

##### IV. Etapa de validación

Preparación de un ambiente de pruebas y realización de las mismas, siguiendo metodologías de

acuerdo con el tipo de activo y renovación realizada.

##### V. Etapa de implementación

Elaboración del cronograma de implementación asignando los recursos humanos y tecnológicos necesarios. Pruebas para corroborar la integridad funcional de los sistemas renovados. Mitigación de riesgos por intercambio de datos con terceros. Revisión de planes de reanudación de operaciones en emergencias y planes de contingencia.

##### VI. Planes de contingencia

Evaluación, planificación, desarrollo y ejecución. Criterios y planes de fin de la operación de contingencia y reinicio de procesos primarios.

##### VII. Auditoría

Detalle de los pasos a seguir y herramienta de formulario para completar.

##### VIII. Guía de impacto legal

Conceptos básicos, conforme a nuestra legislación sobre responsabilidad contractual y extracontractual aplicables a los riesgos que suscite el cambio de fecha año 2000. Guía para la mitigación del riesgo por impacto legal año 2000.

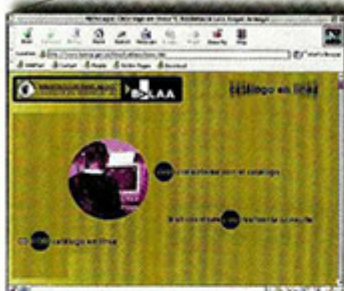
#### Sitios recomendados:

[www.2000.gov.co](http://www.2000.gov.co)  
[www.comp.risk](http://www.comp.risk)  
[www.infomgmtforum.com](http://www.infomgmtforum.com)  
[www.itaa.org/transact/2koutlooksub.htm](http://www.itaa.org/transact/2koutlooksub.htm)  
[www.itaa.org/year2000.htm](http://www.itaa.org/year2000.htm)  
[www.year2000.com](http://www.year2000.com)  
[www.compinfo.co.uk/y2k.htm](http://www.compinfo.co.uk/y2k.htm)  
[www.computerworld.com/year2000/](http://www.computerworld.com/year2000/)



<http://www.banrep.gov.co/blaa/catlinea/home.htm>

## La biblioteca Luis Angel Arango abre sus puertas al mundo.



La biblioteca Luis Angel Arango ha abierto su página en Internet con catálogo para consulta de textos, y otros temas académicos y culturales, su diseño es agradable y dinámico y enlaza con otros lugares de gran interés sobre diferentes temas. Su dirección es:

<http://www.banrep.gov.co/biblio/menu/catlinea/catlinea.htm>

Uno de los servicios más llamativos de la biblioteca es la conexión en línea con el sistema de información, el cual

puede ser consultado de manera remota.

Para consultar el catálogo en línea es necesario configurar su computador de la siguiente manera:

En primer lugar debe crear una carpeta para guardar el programa de emulación de terminales 3270 requerido para tener acceso a la base de datos, que bajará en el siguiente paso.

Si usted tiene windows 3.11 o NT 3.51:

- Vaya a administrador de programas.
- Seleccione accesorios.
- Seleccione archivos.
- Seleccione nuevo.
- Seleccione elementos de programa.
- Oprima «aceptar».
- Seleccione propiedades de elementos de programa.
- En descripción, escriba el nombre del ícono.

i. En línea de comando escriba: `c:\tn3270\qws3270x.exe`.

j. Oprima aceptar.

k. Haga doble click en el ícono que creó para conectarse.

l. Si usted está conectado saldrá IBM-3278-2-E, en la parte inferior de la pantalla.

m. Si la pantalla sale en negro, escriba `lubr` y oprima enter.

n. Si aparece un menú seleccione la opción «b. notis», luego escriba `lubr` y oprima enter.

Cada vez que necesite consultar el catálogo en línea: conéctese a Internet y presione en el ícono que usted ha creado en su escritorio.

No es necesario ejecutar su navegador (*explorer* o *netscape*) ni ingresar a la página de la biblioteca en internet.

Para más información remítase a la página antes mencionada con el fin de lograr configuraciones para otros tipos de sistemas operativos.



[http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)

## Anatomía Humana y Patológica en Internet

### El Proyecto Humano Visible



El proyecto Humano Visible es una iniciativa de la Biblioteca Nacional de Medicina (*National Library of Medicine*) de Estados Unidos, para crear una completa representación anatómica detallada, en tres dimensiones, del cuerpo humano de un hombre y una mujer. Actualmente el proyecto se halla en fase de recolección de imágenes transversales por TAC, IRM y criosección, de cadáveres de hombres y mujeres, con un intervalo de un milímetro.

El objetivo a largo plazo del proyecto Humano Visible es producir un sistema de estructuras de conocimiento que de forma transparente enlazarán formas de conocimiento visuales con formatos de conocimiento simbólico, como los nombres de las partes del cuerpo.

Algunos programas permiten extraer vistas planares y axiales de vistas de hombre y mujer.

La dirección es:

[http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)

### TECNOLOGIA

## Acceso de alta velocidad sobre cobre

**L**a multinacional Ericsson ha desarrollado una completa solución para accesos multiservicios: el Anx-DSL. Este sistema es una infraestructura de acceso para servicios interactivos de banda ancha y banda angosta, que incluye video, datos y voz. La solución de acceso consiste en un módem, colocado en la terminal del cliente, y un rack módem, ubicado en el terminal del operador. La solución ADSL ofrece una máxima velocidad de 8 Mbit/s para recibir datos y 1 Mbit/s para enviarlos, además de los canales tradicionales de banda angosta.

Esta solución integrada con otros sistemas satisface las necesidades de usuarios residentes y corporativos para acceso a internet, así como también accesos remotos de intranet. Éste ha sido diseñado tanto para accesos de banda ancha como para accesos de banda angosta y puede ser aplicado en redes AXE, entre otras. La solución cubre también las necesidades de los operadores para construir una creciente infraestructura IP; ésto es, una base perfecta para ofrecer servicios de internet/intranet a usuarios individuales, empresas e ISPs, (Proveedores de Servicios de Internet).

## Consolidado punto de acceso a internet para Colombia

**A** partir de este año, el tráfico de internet con origen y destino a Colombia, ya no tendrá que emplear los canales internacionales que venía utilizando para efectuar la comunicación.

Las multinacionales Cisco System y Alcatel, la empresa Polycom y la Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones (CCIT), firmaron un convenio que consolida, luego de varios meses de conversación, el primer punto de acceso a la red NAP (*Network Access Point*) de Colombia.

Con el acuerdo pactado y la consecuente puesta en marcha del punto de acceso colombiano, se pronostica que internet en el país gozará de un fuerte impulso y crecimiento.

El año pasado, el punto de acceso a la red que concentraba el tráfico de Colombia se encontraba en Estados Unidos, lo que significaba que si desde Bogotá se enviaba un correo electrónico a cualquier lugar de la misma ciudad, éste viajaba virtualmente a ese país para ingresar a su destinatario, aunque éste se encontrara a pocas cuadras.

Además de las entidades que firmaron el convenio, doce empresas que prestan el servicio de acceso a internet en el país, se unieron para utilizar el mismo sistema de comunicación internacional. Hasta ahora, cerca de cincuenta empresas que operan internet en Colombia debían transmitir su señal a través de satélite, cada una por separado, por lo que debían pagar individualmente los costos. Este desarrollo agilizará notablemente el flujo de información, fortalecerá el comercio electrónico e impulsará nuevas aplicaciones a partir de accesos más rápidos a la red, lo que dará como resultado una mayor velocidad y ahorro de tiempo para todos, entre otras ventajas.

## TECNOLOGIA

### Predicciones en internet

La Escuela de Negocios Sloan del Instituto de Tecnología de Massachusetts, (MIT), guardó una cápsula de tiempo de internet que contiene curiosidades que van desde el testimonio de Alan Greenspan ante el Senado de Estados Unidos acerca del enloquecimiento de la bolsa en la red mundial hasta recomendaciones sobre dónde encontrar lugares seguros para los niños en internet. La cápsula, que está encriptada en la dirección del WEB de la

Escuela de negocios del MIT se abrirá en cinco años, período que parece una eternidad en tiempo de internet. El contenido de la cápsula podrá ser muy primitivo al final de este tiempo pero habrá gran interés en averiguar si se cumplen las predicciones de algunos clarividentes con respecto a lo que será internet en el año 2004:

"La práctica de la medicina se revolucionará mediante el estudio continuo de la bioquímica de cada individuo y del envío de esta información (vía internet) a grandes servidores que tendrán información genética detallada y datos médicos". Charles Vest, Presidente de MIT.

"Internet significa una enorme promesa para la humanidad en cuanto al aprendizaje a distancia y al acceso universal a educación de la mejor calidad... Le ofrece a los países en vías de desarrollo la mejor oportunidad para situarse en la economía global. Observen, por ejemplo, lo que está sucediendo en la India en lo que se refiere a la producción de software. Nuestra misión consistirá en facilitar el acceso a la autopista de información al mayor número de personas. Si no lo hacemos, la brecha que existe entre los que tienen y los que no tienen, será la brecha entre los que poseen tecnología y los que no la tienen". Kofi Annan, Secretario General de la Naciones Unidas

## NANOTECNOLOGIA

### Computación sin corriente

Hasta hoy la transferencia de información en computadores se ha realizado con el uso de corriente eléctrica, es decir, por transmisión o flujo de carga.

En 1994 algunos físicos propusieron una técnica alterna para la transmisión de información que involucra la propagación de un estado de polarización de una estructura parecida a una célula o celda a otra próxima. Ellos propusieron que cada celda tuviera cuatro pozos cuánticos de dimensión cero, uno en cada esquina y que estos pozos cuánticos estuvieran acoplados por un túnel de barrera.

El experimento dio como resultado que cuando dos electrones se adicionan a la celda, la repulsión de Coulomb produce que ellos se ubiquen en esquinas opuestas, creando dos posibles estados degenerados de polarización. Si tales celdas llamadas "autómatas celulares", se colocan en una línea y la primera celda es polarizada con un campo eléctrico externo, ésta polariza a la segunda, la cual a su vez polariza a la tercera y así sucesivamente. De esta manera, la información puede ser transferida a lo largo de una línea de celdas como una pola-

rización reversal sin una corriente. Así, asignando un estado de polarización como 1 y otro estado como 0, pueden ser procesadas señales binarias.

En la mayoría de las compuertas formadas por un autómata celular, dos valores de entrada tales como 1 y 0 resultan en una salida total de 1. Por lo tanto, arreglos largos de celdas pueden mejorar operaciones lógicas complejas.

La tecnología autómata celular ofrece una rápida conmutación y bajo consumo computacional, que en teoría podría incluso disminuir a la escala molecular.

Sin embargo, algunos problemas están asociados a la manufactura de un número largo de celdas con resolución sub-atómica, así como al control sobre la posición de todo el manejo de la carga. Como una solución inicial al problema, esta arquitectura puede ser implementada reemplazando la polarización eléctrica de la celda con algún otro campo de polarización.

Si esta tecnología se logra implementar, y se da la posibilidad de manufactura y robustez en la fabricación, el concepto de "el autómata celular", sin duda será impuesto con facilidad.



### Drogas estimulantes e hiperactividad

Es paradójico pensar que se utilicen drogas estimulantes para combatir la hiperactividad. Es todavía más paradójico si sabemos que estas drogas estimulantes actúan sobre la dopamina, neurotransmisor que incita a la actividad. Luego de estudios recientes realizados en la Universidad de Duke, Estados Unidos, los científicos han postulado una teoría: las drogas estimulantes como ritalina actúan sobre la serotonina, neurotransmisor que tiene un efecto calmante, y no sobre la dopamina como se ha pensado siempre.

Los científicos llegaron a esta conclusión después de realizar experimentos con ratones alterados genéticamente y que presentan características similares a las de los niños que padecen el síndrome de hiperactividad y deficiencia de atención. A estos ratones se les inactivó el gen que produce la proteína encargada de transportar la dopamina (DAT). La función de esta proteína es recoger la dopamina producida

por la actividad nerviosa y devolverla a las neuronas.

Al darle drogas estimulantes a estos ratones notaron que los síntomas desaparecían sin que hubiera un cambio en los niveles de dopamina. Las drogas que elevan los niveles de serotonina en el cerebro tienen efectos similares sobre el comportamiento de los ratones lo cual sugiere que este neurotransmisor podría ser, más bien, el responsable de disminuir la hiperactividad.

Los resultados observados por estos científicos no necesariamente son aplicables al ser humano, y está pendiente mayor investigación pero, si éste fuese el caso, se podrían diseñar terapias para simular los efectos de la serotonina.

La hiperactividad en los niños está asociada con la falta de atención, razón por la cual, los ratones de este estudio fueron investigados con relación a este problema. Los colocaron en un laberinto en forma de estrella con ocho brazos conectados entre sí en la parte

central. En cada uno de los brazos colocaron alimento que los ratones debían encontrar con facilidad pasando de un brazo a otro sin devolverse. Los ratones normales aprendieron a realizar esta tarea, sin problema alguno, mientras que los ratones alterados genéticamente nunca lograron aprenderla: se devolvían a los brazos que ya habían visitado o se levantaban y miraban hacia distintos lados. Las drogas estimulantes (que elevan los niveles de serotonina) corrigieron la falta de atención y les permitieron realizar la tarea efectivamente.

Aunque es necesario continuar estas investigaciones, los resultados hasta el momento son alentadores y parecen indicar que en un futuro cercano será posible diseñar drogas que actúen más específicamente y que no tengan los efectos negativos de las drogas psicoactivas que existen en el mercado.

### Identificadas neuronas cerebrales que perciben tridimensionalidad

Otro descubrimiento importante se acaba de lograr en esta "década del cerebro": las neuronas de la corteza visual encargadas del procesamiento de la distancia de los objetos, con el cual alcanzamos la percepción de tridimensionalidad.

El equipo responsable de esta identificación está compuesto por los neurocientíficos Allan C. Dobbins, Richard M. Neo, József Fiser y John M. Allman, del Instituto Tecnoló-

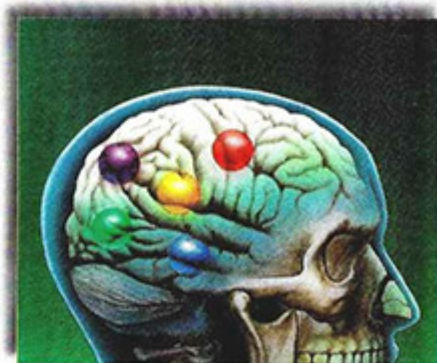
gico de California (Caltech) en Pasadena. Dobbins y sus colaboradores reportaron el hallazgo en la revista *Science* del 24 de 1998.

Las neuronas mencionadas están ubicadas en la corteza visual primaria y en el área V4 (vía ventral de la corteza inferotemporal), anatómicamente comunes a los monos y a los seres humanos. La investigación se realizó en dos monos de las especies *Macaca fascicularis* y *Macaca mulatta*.

Los investigadores norteamericanos mostraron a los monos unos objetos luminosos en una pantalla de computador a diferentes distancias: 22.5 cm, 45 cm, 90 cm, 180 cm y 360 cm. Mientras tanto, registraron la actividad neuronal en tres zonas corticales vecinas: V1, V2 y, el área clave descubierta: V4.

Conductualmente hablando, desde hace mucho tiempo estaba claro que los seres

humanos tenemos la capacidad de hacer juicios exactos sobre el tamaño de los objetos, a pesar de que éstos cambien de distancia. A este fenómeno perceptual se le denomina "constancia de tamaño"; pero, lo que no se sabía era cómo procesaba el cerebro la información aparentemente cambiante y luego infería la constancia.



# EL CAFE ES BUENO PARA TODOS

<http://www.cafedecolombia.com>



“El café es 100% natural y nos dá la energía necesaria para realizar con éxito todos nuestros proyectos, que son los proyectos de Colombia.”

TORO

## EL CAFE



### Pasos Para Preparar En Casa Un Café Frio



- 1 Endulzar al gusto de 2 a 3 tazas de café, preferiblemente oscuro
- 2 Enfriar el café
- 3 Agregar en la licuadora el café y tres cubitos de hielo
- 4 Licuar por 20 segundos
- 5 Servir y degustar inmediatamente



Centros de Preparación de Café  
E - MAIL: [cpetazor@colomsat.net.co](mailto:cpetazor@colomsat.net.co)  
Bogotá: Tels: 346 1809 / 249 3612

## PSICOLOGÍA

## Realidad virtual contra los desórdenes de la alimentación

**L**a anorexia y la bulimia son dos graves problemas de salud que sufren especialmente mujeres jóvenes, quienes tienen una autopercepción distorsionada de su propio cuerpo. La chica anoréxica, que objetivamente no tiene problemas de peso, asegura que está gorda y deja de comer. Lo peligroso del asunto es que esta decisión puede llevarla a la muerte.

Psicólogos y psiquiatras han tratado de buscar corregir estos desórdenes por todas las vías posibles; no obstante, faltaba una: la realidad virtual. Un equipo de investigadores de varias universidades de la Comunidad Valenciana en España, dirigido por la psicóloga Cristina Botella, es pionero en el mundo en esta "terapia virtual" contra la anorexia y la bulimia, aseguró María José Falcó en *Gaceta Universitaria* del 11 de enero pasado.

Con ayuda de un casco y un computador, ya se han tratado con éxito a pacientes del Hospital Provincial de Castellón (Valencia). A través de estos dispositivos, ellos se "ubican" en una casa donde realizan una serie de actividades que tienen como objetivo demostrarles que la percepción de sí mismos está distorsionada.

El desarrollo del software de base comenzó en 1995. Fue probado inicialmente con estudiantes universitarios. Posteriormente demostró su eficacia en pacientes pre-anoréxicas y recientemente contribuyó a la mejora de veinte pacientes diagnosticadas, combinando la realidad virtual con las terapias tradicionales.

El proyecto del equipo dirigido por Botella es comercializar el software para los psicólogos y para los centros de salud. No exigirá alta tecnología y se ampliará para tratar estos mismos desórdenes en pacientes masculinos.

## Prueba experimental de la proyección de emociones en el dibujo infantil



**S**in duda, el dibujo es una de las actividades infantiles más importantes. A través del dibujo, los niños reflejan tanto su nivel artístico como su estado psicológico. Por lo anterior, a lo largo del presente siglo, los psicólogos lo han usado para estudiar diversos procesos como el desarrollo intelectual y el bienestar emocional.

El dibujo ha sido tradicionalmente la base de muchas pruebas psicológicas denominadas "proyectivas", pues a través de ellas, el investigador o el clínico pretenden que el sujeto proyecte en su obra sus procesos internos difícilmente verbalizables. Si bien muchos psicoterapeutas usan estas pruebas, éstas también han sido fuertemente criticadas por tener poco soporte empírico y, por ende, escasa fiabilidad en sus resultados.



Pero en un reciente estudio, los psicólogos neozelandeses, Julien Gross y Harlene Hayne, de la Universidad de Otago, pusieron a prueba experimental

los dibujos de los niños como facilitadores de las emociones no verbalizadas. La investigación se publicó en el *Journal of Experimental Psychology: Applied*, de junio de 1998.

Gross y Ilayne compararon la información emocional de los dibujos de los niños versus sus reportes verbales y versus la combinación de ambos. Se les pidió a un grupo de niños de escuela que dibujaran y hablaran sobre sus sentimientos de temor, ira, alegría o tristeza. El resultado más importante es que la combinación produjo más del doble de información exacta sobre las emociones que únicamente el reporte verbal.

Por un lado estos resultados son importantes porque comienzan a dar un soporte empírico más sólido a las pruebas proyectivas. Por otra parte, justifican su uso en contextos clínicos y legales, por ejemplo, para ayudar a verificar o descartar acusaciones sobre abuso o maltrato infantil.





## Los delfines pueden dar informe sobre su comportamiento previo

**T**anto la psicología comparada como la etología han hecho en las últimas décadas demostraciones claras e interesantes sobre la complejidad de la conducta y la cognición en los animales. Cada vez más, la evidencia experimental va superando la barrera supuesta entre la especie humana y el resto del reino animal.

Entre los animales que más han sorprendido por sus capacidades están los mamíferos marinos y más específicamente, el delfín. Hace poco, se publicó un estudio sobre la capacidad de los delfines de la variedad *Tursiops truncatus* de memorizar sus acciones recientes mediante reglas abstractas y dar un informe conductual de esas mismas acciones.

La investigación fue llevada a cabo por un equipo del Laboratorio de Mamíferos Marinos "Kewalo Basin" de la Universidad de Hawaii, compuesto por Eduardo Mercado III, Scott O. Murray, Robert K. Uyeyama, Adam A. Pack y Louis M. Herman. Los cuatro experimentos del estudio se publicaron en la revista *Animal Learning and*

*Behavior* (Volumen 26, número 2, 1998).

Los sujetos fueron un delfín macho, "Hiapo", y una hembra, "Elele", ambos de doce años. Ellos fueron entrenados para repetir la última conducta efectuada mediante un gesto específico del entrenador. Además de seguir la orden de manera exitosa, fueron capaces de repetir hasta treinta y seis tipos de acciones diferentes, incluyendo no sólo conductas entrenadas en el acuario sino otras autoseleccionadas.

Este hallazgo es importante porque la capacidad de discriminar y recordar la propia conducta había sido demostrada en otras especies como ratas, palomas y monos, pero en la mayor parte de los casos las conductas involucradas eran muy restringidas y el recuerdo sólo duraba unos pocos segundos.

## Videos que detectan diferencias en la enseñanza de las matemáticas

**E**l Departamento de Educación de Estados Unidos acaba de presentar los resultados de un estudio realizado en 1994-95 sobre la enseñanza de las matemáticas a alumnos de octavo grado en Estados Unidos, Japón y Alemania. Los planteles fueron escogidos al azar y se grabaron clases en los tres países. Los especialistas encargados de analizar el contenido de los videos encontraron que en Estados Unidos la calidad de la instrucción era inferior a la japonesa y a la alemana y que el nivel estaba uno o dos años por debajo del de estos países. Aunque en Estados Unidos se le presenta al alumno un mayor número de tópicos. Se encontró que las prácticas de enseñanza eran muy similares dentro de cada país pero el método pedagógico difería entre las tres naciones. En Japón, por ejemplo, los profesores le entregan a los alumnos problemas que deben ser resueltos, en grupo o individualmente, con el fin de reforzar los conceptos matemáticos involucrados, mientras que en Estados Unidos y Alemania los profesores tienden a hacer preguntas sobre el material que acaban de exponer en clase. En consecuencia, los alumnos americanos y alemanes tienden a repetir mientras los japoneses tienen que analizar deductivamente. En la actualidad los educadores americanos están desarrollando un proyecto de mayor envergadura en otros seis países, grabando numerosas clases de ciencias y matemáticas con el fin de determinar cuáles son las características que hacen que una clase sea realmente valiosa.

## INGENIERÍA

### Un famoso mechero convertido en soplete

Ingenieros británicos han rediseñado uno de los más populares aparatos de laboratorio, el mechero Bunsen, inventado por Robert Busen en 1860, convirtiéndolo en un soplete capaz de hundir el acero pero que sigue funcionando con gas ciudad. Este invento británico podría revolucionar los talleres, sobre todo los de los países menos desarrollados, pues el combustible cuesta unas 50 veces menos que el clásico oxiacetileno. El nuevo soplete utiliza propano con aire comprimido, con los que alcanza temperaturas equivalentes a los de acetileno.

Graham Ball del Departamento de Aeronáutica de la Universidad de Southampton, uno de los que han desarrollado el soplete explica: "Es un soplete que funciona con propano y aire comprimido y que produce temperaturas comparables a los de oxiacetileno. Es

decir, se puede usar para cobresoldado (soldadura a alta temperatura), soldadura normal y oxicorte, tareas que hasta ahora eran imposibles con los sopletes de propano. El propano embotellado existe prácticamente en todas partes, incluso en los países más pobres".

En Europa el propano es unas veinte veces más barato y no es difícil encontrarlo. Sin embargo, la llama de propano resultaba hasta ahora insuficiente para fundir el cobre, cuyo punto de fusión es de 1.087°C, y mucho menos el acero que se funde a 1.540°C.

Pero con el nuevo soplete llamado "Drax" se funde perfectamente el acero. Ball explica: "El combustible se quema en dos etapas. Primero hay un quemado interno que precalienta el gas y el aire hasta unos 500°C y de este modo pasan al segundo quemador que es el que permite alcanzar tan altas temperaturas. Es como un mechero Bunsen con turbo".

Pero el precalentamiento no sólo contribuye a aumentar la temperatura de la fase final, sino que provoca cambios químicos en el propano, parte del cual se convierte en acetileno e hidrógeno, combustibles mucho más ricos. Eso supone que la llama es mucho más intensa y produce temperaturas muy altas. Al ser más pequeña, la llama se concentra mucho más y resulta más económica.

Otra ventaja es el tamaño y peso de las botellas de gas necesarias, mucho más pequeñas y ligeras que las de acetileno. En cuanto a su comercialización Ball dice: Por el momento estamos en fase experimental. En la universidad de Southampton hemos hecho ya muchas pruebas y los resultados son hasta ahora muy esperanzadores. Lo único que necesitamos es un patrocinador industrial que financie la fabricación de prototipos. El precio del soplete sería similar a los de acetileno".

Los investigadores esperan fabricar prototipos en unos dos años, que se podrían aplicar a todo tipo de tareas de soldadura. En los países menos desarrollados, en los que este aparato podría presentar grandes oportunidades, Downie y Ball ya han empezado a establecer contactos con posibles clientes principalmente en países como India y China. (R&D)



- Asistencia personalizada 24 horas al día, todos los días.
- Las tarifas más económicas del mercado.
- Su conexión a Internet desde 35 ciudades del país.
- Acceso sin demora a la red, con veloz salida internacional por fibra óptica.
- Un completo portafolio de servicios complementarios para usted y su empresa (Telecom Mail, Banca en Casa, EDINET, Teleciudad...)

# ¿Más tarde?

ENTRE de una POR  
INTERNET-TELECOM

DESDE  
\$30.000 mensuales  
más IVA

Gratis llame ahora y entre ya!

# 9800 19011

[internet.telecom.com.co](http://internet.telecom.com.co)

# INTERNET TELECOM

Vicepresidencia de Servicios Telemáticos

¡En larga distancia, el que Sabe... Sabe!

**MARQUE ASI:** NACIONAL 0 + indicativo de siempre

INTERNACIONAL 009 + indicativo del país + código de área



# ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

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

## ■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología y política científica.

## ■ LENGUAJE

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

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

## ■ EXTENSION

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

## ■ FORMATO

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

## ■ MATERIAL GRAFICO

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

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

## ■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

### 1. Artículo de revista científica:

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

### 2. Artículo de libro:

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

## ■ RESUMEN

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

## ■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

## ■ RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

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

# Astrofísica



# Una herramienta para conocer el universo

*Nebulosa,  
(Telescopio espacial  
Hubble).*

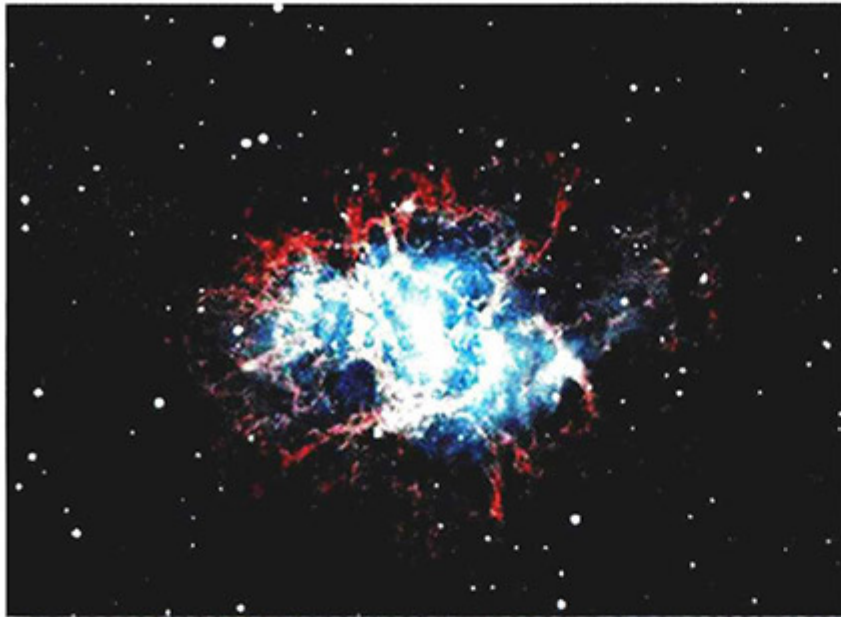
**Mario Armando Higuera G.**  
Observatorio Astronómico Nacional,  
Facultad de Ciencias,  
Universidad Nacional de Colombia.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia.  
e-mail: ahiguera@ciencias.ciencias.unal.edu.co

## Introducción

**U**na gran parte de los átomos y las moléculas que conforman a los seres vivos se originaron hace miles de millones de años en el interior de estrellas que estallaron y se desvanecieron calladamente en el universo. ¿Cómo es que se sabe tanto sobre la composición química, temperatura, presión y movimiento de estrellas y galaxias que se encuentran tan distantes de la Tierra? Para contestar esta pregunta basta saber que existen, es decir: observarlas, pues su realidad se manifiesta al emitir energía en forma de ondas que cubren todo el espectro electromagnético.

El espectro más familiar en la naturaleza es el arco iris, éste se produce cuando la luz proveniente del Sol rebota dentro de cada uno de los millones de gotas de lluvia, fraccionándose en sus colores constituyentes. Cuando un químico, físico o astrónomo quiere examinar el espectro de una fuente de luz puede utilizar un prisma triangular de vidrio, o un dispositivo llamado "rejilla de difracción". El instrumental para hacer este trabajo se denomina espectroscopio (si se mira a través de él), o espectrógrafo (si el espectro es registrado fotográficamente o si se usan los nuevos sensores de carga acoplada CCD).

Hacia el año 1666 Isaac Newton fue el primero en entender que los colores producidos cuando la luz blanca pasa a través de un prisma son una propiedad de la luz misma y no una consecuencia de algo producido por el vidrio. La gran revolución en la física, que tuvo lugar durante las primeras décadas de este siglo, condujo a un detallado entendimiento de la forma en que los átomos y las moléculas absorben y emiten luz además de otras radiaciones. Como se conoce desde hace mucho tiempo, cada elemento químico en estado gaseoso cuando se calienta emite su propio y característico color de radiación denominado líneas de emisión. Probablemente, la más familiar de las radiaciones es la luz amarilla-



**Figura 1.** Localizada en la constelación del Toro, la nebulosa del Cangrejo muestra los residuos de una explosión tipo supernova.

aranja emitida por el vapor de sodio. Casi toda la luz de una lámpara de vapor de sodio en una calle proviene de dos líneas muy cercanas en la zona amarilla-naranja del espectro; este mismo elemento es también responsable del color amarillo producido cuando, por ejemplo, agua con sal (cloruro de sodio) alcanza las llamas de una hornilla de gas.

Así, cuando se observa un espectro astronómico y se registran las líneas características de un elemento en particular, se puede determinar inmediatamente si ese elemento está presente en la estrella, en la galaxia misma o, en algunos casos especiales, en el espacio entre la estrella y el telescopio: el medio interestelar. El

hidrógeno es el elemento más común en el universo y como tal es usado como materia prima para fabricar a los más pesados. Este proceso, el sueño de los alquimistas, se sucede en el interior profundo de casi todas las estrellas, incluyendo el Sol. Probablemente, el sitio más importante para esta transmutación de los elementos es una explosión de supernova. La Nebulosa del Cangrejo es el residuo visible de una explosión de este tipo que fue observada en el año 1054 por astrónomos chinos, japoneses e indoamericanos (**figura 1**). Cerca del centro de la nebulosa se encuentra el "Pulsar del Cangrejo". Éste es el pulsar más energético conocido, pues gira 30 veces por segundo y está fuertemente magnetizado de tal forma que actúa como una estación celeste de

generación de energía; su permanente radiación alcanza a cubrir prácticamente todo el espectro electromagnético.

El pulsar del Cangrejo irradia dos pulsos por revolución: el perfil de este doble pulso es similar en todas las radio frecuencias por encima de 30 MHz, en las zonas ópticas, de rayos X, y de rayos gamma del espectro. Su luz visible es tan intensa que el pulsar aparece en las fotografías de la nebulosa, por ello se ha clasificado como una estrella de magnitud cercana a 16 (*La magnitud de un astro es la medida del brillo emitido por éste, el cual es registrado por la vista o con el uso de un fotómetro*). Las fotografías normales promedian los pulsos, pero las técnicas estroboscópicas pueden mostrar la estrella en sus condiciones "encendida" y "apagada" por separado.

La mayoría de los astrónomos piensan ahora que cuando la Vía Láctea (Galaxia en la que se encuentra el Sol y otras cien mil millones de estrellas) se formó, hace más de diez mil millones de años, consistía enteramente, o casi enteramente, de una mezcla de hidrógeno y helio, y que la actual concentración de elementos pesados se ha construido a partir de estas materias primas desde entonces.

Por otra parte, el espectrógrafo hace también una importante contribución al estudio de los movimientos de los objetos astronómicos. Si se quiere saber qué tan rápido se mueve una estrella a través del cielo (ésto es, en ángulo recto con la línea de visión), se puede medir su movimiento propio o su velocidad angular, pero para convertir ésto en una velocidad real es necesario conocer su velocidad radial o su distancia, aunque esta última es muy difícil de medir para la gran mayoría de estrellas.

Sin embargo, para estrellas relativamente cercanas, la distancia se determina de forma directa mediante técnicas de paralaje. Para ello se recurre al uso de dos placas fotográficas de una misma región del cielo, espaciadas en un intervalo de tiempo de seis meses lo que garantiza una base de referencia igual al doble de la distancia media de la Tierra al Sol (**figura 2**).

Si el paralaje es de un segundo de arco, se define la distancia de un parsec, de tal manera que la distancia en parsecs de un objeto estelar será igual al inverso del ángulo de paralaje medio en segundos de arco. Un parsec corresponde a 206.265 unidades astronómicas o lo que equivale a 3.26 años luz.

**El** sueño de los alquimistas se sucede en el interior profundo de casi todas las estrellas.

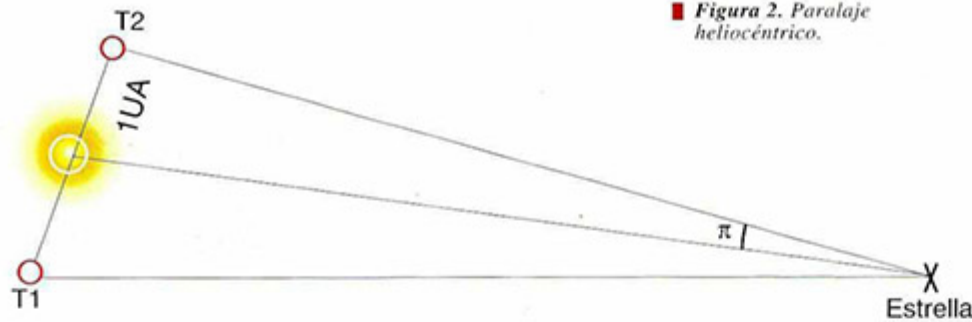


Figura 2. Paralaje heliocéntrico.

Para medir su movimiento a lo largo de la línea de visión (velocidad radial), simplemente se utiliza el principio de corrimiento de las líneas. El físico austriaco Christian Doppler descubrió que si una fuente de luz se acerca o aleja del observador, las longitudes de onda de las líneas de su espectro cambian en una cantidad que depende de su velocidad. Todo lo que hay que hacer es medir el desplazamiento de las líneas de la estrella en relación con las líneas correspondientes producidas por una lámpara montada en el espectrógrafo. Este procedimiento tiene la gran ventaja de que no requiere la distancia de la estrella.

Hasta el momento, se han medido las velocidades radiales para miles de estrellas en nuestra galaxia, lo que ha llevado a una comprensión de su formación y evolución. Se sabe, por ejemplo, que el Sol hace una órbita casi circular alrededor del centro de la galaxia una vez cada 250 millones de años, pero que algunas estrellas mucho más antiguas se mueven en órbitas diferentes, no circulares. Por otra parte, la medición de las velocidades radiales de otras galaxias muestra que todo el universo se está expandiendo. Al combinar este resultado con observaciones de la densidad de galaxias en el espacio a distintas edades del universo, se puede extrapolar en el sentido de que todo comenzó en un muy pequeño volumen, y se expandió luego de lo que se denomina el "Big Bang". La espectroscopia en la región de las microondas

del espectro ha mostrado la radiación desplazada hacia el rojo que fue emitida en el momento de la gran explosión. **Clasificación Estelar**

Las estrellas se caracterizan porque poseen color y éste se asocia directamente a la temperatura de la superficie del astro. La figura 3 muestra la región correspondiente a

la constelación de Orión con sus respectivas estrellas y sus colores asociados.

La tabla 1 muestra la clasificación espectral, temperatura y color para las estrellas. Es necesario indicar que dentro de cada clase se establecen subclases referenciadas desde el 0 al 9.

Tabla 1. Clasificación espectral, temperatura y color de las estrellas.

Tipo espectral	Temperatura (K)	Color	Estrella de Referencia
O	35.000	Blanco	Iota Orion - O9
B	20.000	Blanco-Azul	Rigel - B8
A	10.000	Azul	Sirio - A1
F	7.500	Verde	Proción - F5
G	5.500	Amarilla	Sol - G2
K	4.500	Naranja	Arturo - K1
M	3.000	Roja	Antares M1
C-S	2.500	Roja	

Figura 3. Imagen de la constelación de Orión. En esta simulación de computador se muestran los colores asociados a las estrellas. Generado por el Programa Voyager II (Carina Software).



## Magnitud y módulo de distancia

Hiparco (150 a.C.) clasificó las estrellas en una escala de 6 magnitudes: Primera (Alfa), las estrellas más brillantes al ojo desnudo. Segunda (Beta), las siguientes estrellas más brillantes y así sucesivamente hasta las de sexta magnitud, las más débiles al ojo. Esta clasificación se basó en la comparación de los respectivos brillos; sin embargo, la respuesta del ojo al brillo de un objeto no es lineal. La percepción humana es logarítmica. Medidas cuantitativas sobre estrellas de diferentes brillos a finales del siglo XIX mostraron que estrellas de magnitudes consecutivas tales como las definidas por Hiparco mantenían en promedio la misma razón de brillo, es decir, estrellas de magnitud uno son aproximadamente 2.5 más brillantes que estrellas de dos magnitudes, estrellas de magnitud dos son aproximadamente 2.5 más brillantes que estrellas de tres magnitudes, y así sucesivamente. En otras palabras, la diferencia en magnitudes resultó ser equivalente a un factor multiplicativo del brillo (energía total recibida cada segundo por el observador). Para hacer esto comprensible matemáticamente, el astrónomo británico Norman R. Pogson (1856) definió la escala moderna de magnitudes. Como una estrella de primera magnitud es aproximadamente 100 veces más brillante que una de sexta, la razón de brillo entre dos clases  $n$  y  $n+1$  deberá ser la raíz quinta de cien  $(100)^{1/5} = 2,512$ . Sin embargo esta escala no se restringe a números enteros (tabla 2).

Al hacer las estimaciones de brillo, Hiparco cometió algunos errores, pues existen estrellas más brillantes que la magnitud uno de la escala moderna. Por esta razón, la escala hoy se ha extendido para incluir objetos más brillantes (tabla 3).

La magnitud aparente ( $m$ ), es la medida que indica qué tan brillante parece un objeto tal y como es visto desde la Tierra. Su valor depende tanto de la luminosidad intrínseca como de la distancia a la que se encuentra. El ojo humano tiene una mayor sensibilidad a la radiación en longitudes de onda de 550nm, que decrece hacia longitudes de onda más largas (rojo) y longitudes más cortas (violeta). La mag-

nitud correspondiente al ojo se denomina magnitud visual ( $m_v$ ). Las placas fotográficas usualmente son más sensibles al violeta y al azul, en algunos casos son sensibles a radiaciones invisibles al ojo, por lo tanto al trabajar con placas fotográficas se define la magnitud fotográfica ( $m_{pv}$ ). Pero si pensamos en un caso ideal en el que fuera posible medir la radiación proveniente en todas las longitudes de onda (cosa que en la práctica es muy difícil de obtener pues la atmósfera absorbe muchas longitudes de onda), se podría calcular la magnitud bolométrica ( $m_{bol}$ ). Por definición, la magnitud bolométrica es cero para radiación de estrellas tipo solar o más específicamente para estrellas de clase espectral F5.

De otra parte la luminosidad (brillo) aparente de una estrella depende de dos factores: la cantidad real de energía emitida cada segundo por la estrella (luminosidad intrínseca) y su distancia al Sol. La tabla 4 muestra la diferencia de magnitud por efecto de distancia.

Tabla 2. Porcentaje de luminosidad en relación con la magnitud.

Diferencia en magnitud	Razón de brillo (luminosidad)
0.1	1.10 veces
0.5	1.58
1.0	2.512
2.0	$2.512 \times 2.512 = 6.31$
2.5	10.0
3.0	$2.512 \times 2.512 \times 2.512 = 15.8$
4.0	$2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 = 39.8$
5.0	$2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 \times 2.512 = 100.0$
10.0	$100.0 \times 100.0 = 100000.0$
etc.	etc.

Tabla 3. Magnitudes aparentes de algunos objetos celestes.

Algunos objetos celestes de interés	Magnitud aparente
Sol	-26.8
Luna llena	-12.5
Venus, en su máximo brillo	-4.4
Sirio (la estrella más brillante)	-1.4
Alfa Centauri (estrella más cercana)	-0.3
Vega	0.0
Límite visual en total oscuridad	6.0
Límite con binoculares	9.0 ó 10.0
Límite con un telescopio de 16 Pulgadas	13.0 ó 14.0
Plutón	15.0
Límite visual más grandes telescopios	19.5
Límite Fotográfico con uso de grandes telescopios	24.0
Límite con el Telescopio Espacial Hubble	28.0

■ **Tabla 4.** Diferencia de magnitud por efecto de distancia.

Diferencia en magnitud aparente	Razón de distancias
0.1	1.05
0.5	1.26
1.0	1.58
2.0	2.51
2.5	3.16
3.0	3.98
4.0	6.31
5.0	10.0
10.0	100.0
etc.	etc.

Entonces, una diferencia de cinco magnitudes corresponde a una razón de brillo de cien, mientras que si es debida a un efecto de distancia, corresponde a una razón de diez.

Para eliminar el efecto de la distancia y comparar adecuadamente el brillo de los objetos celestes, se hace necesario introducir una escala absoluta. La magnitud absoluta (M), es la medida de qué tan brillante es un objeto si se colocase a una distancia de 10pc. La diferencia entre las magnitudes aparentes y absolutas de un astro se conoce como "módulo de distancia". De acuerdo con los criterios anteriormente establecidos se puede escribir la ecuación fundamental de la astrofísica:

$$m - M = 5 \text{Log}_{10} (d_{pc}) - 5$$

En donde, se toma una distancia de 10pc, como factor de referencia.

### Diagrama de Hertzsprung-Russell

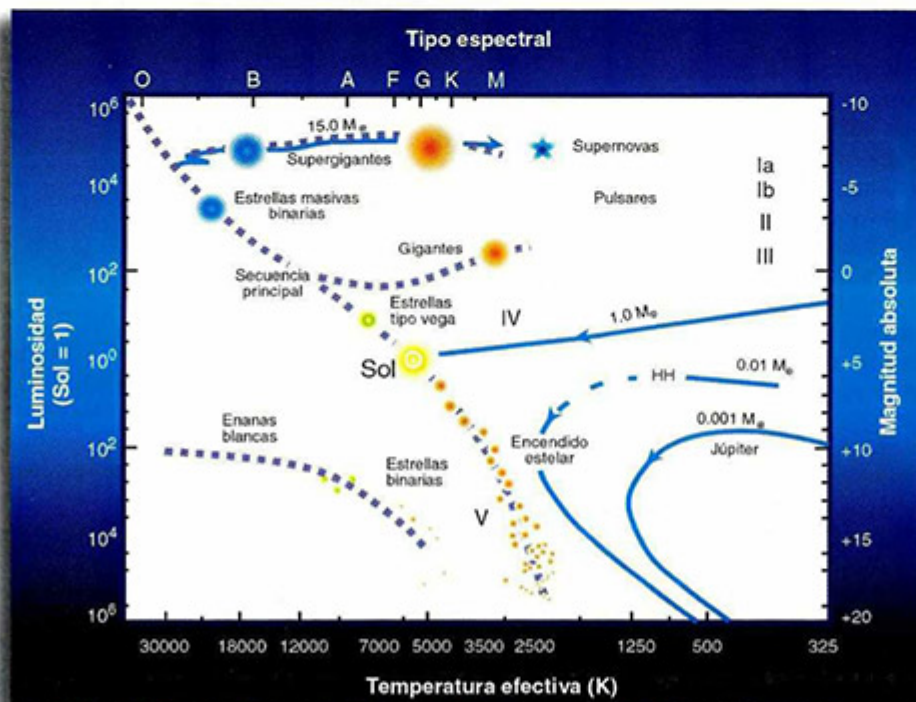
Este es el diagrama más importante en la astrofísica, en el que las estrellas se clasifican por su luminosidad y temperatura. El eje horizontal muestra la clase espectral y la temperatura; desde las estrellas más calientes a la izquierda, hasta las más frías a la derecha. El eje vertical muestra la luminosidad de las estrellas. En la parte superior están aquellas 100.000 veces más brillantes que el Sol y abajo aquellas con sólo 1/100.000 de su brillo. En la **figura 4** se pueden observar cuatro regiones importantes: la secuencia principal, la rama de las enanas blancas, la banda de las gigantes y la banda de las supergigantes.

Alrededor del 90 por ciento de las estrellas caen sobre una banda angosta diagonal denominada secuencia principal, que va desde la esquina superior izquierda (estrellas calientes y luminosas), denominadas "tempranas", hasta la esquina inferior derecha (estrellas frías y débiles), denominadas "tardías". El Sol se encuentra en la secuencia principal y las estrellas sobre esta secuencia más calientes que él son más luminosas y de mayor tamaño como Sirio, mientras que estrellas sobre la secuencia más frías que él, son menos luminosas y más pequeñas como Próxima centauro.

Las gigantes son más luminosas que una estrella en la secuencia principal a la misma temperatura y a su vez son de mayor tamaño. Sus radios oscilan entre 10 y 100 radios solares, mientras que su luminosidad varía entre 100 y 1000 veces la luminosidad del Sol; sus temperaturas no alcanzan 5000 K. Una característica distintiva de las gigantes es que son frías pero brillantes.

Las supergigantes son aún de mayor tamaño con radios que oscilan entre 20 y 4000 radios solares, con luminosidad entre 100.000 y 1.000.000 de veces la luminosidad del Sol y temperaturas entre 3000 y

■ **Figura 4.** Diagrama de clasificación estelar, elaborado en 1913 por el astrónomo danés Ejnar Hertzsprung y el astrónomo norteamericano Henry Russell.



40.0000 K. Una característica distintiva es que son muy luminosas.

Las enanas blancas son menos luminosas que una estrella en la secuencia principal a la misma temperatura y a su vez son de menor tamaño con radios del orden de 0.01 veces el radio del Sol, con una luminosidad entre 0.0001 y 0.01 la luminosidad del Sol y temperaturas mayores de 5000 K. Una característica distintiva es que son calientes pero débiles.

De una muestra aleatoria de un millón de estrellas en la galaxia, se encontrará que 900.000 son estrellas de la secuencia principal, 95.000 son enanas blancas, 4000 gigantes y una supergigante.

La clasificación llamada de Harvard (OBAFGKM...) sólo tiene en cuenta la temperatura como criterio de discriminación sin embargo una mejor clasificación debe tener en cuenta la luminosidad. William Morgan, C. Keenan y Edith Kellman del Observatorio de Yerkes diseñaron un sistema de clasificación denominado MKK o clasificación de Yerkes. En la **figura 4** también se distinguen seis diferentes clases de luminosidad:

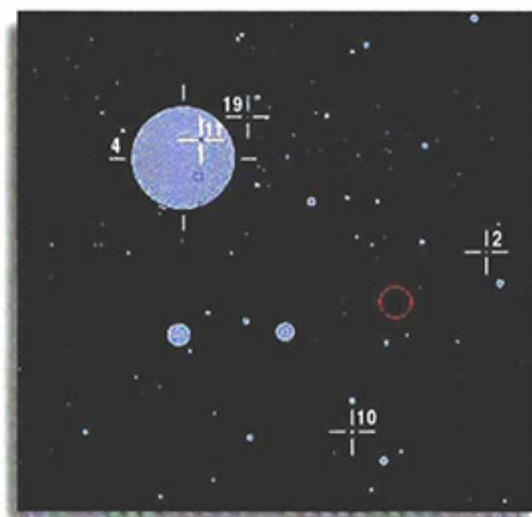
- |     |  |
|-----|--|
| la  | Supergigantes más luminosas                  |
| lb  | Supergigantes menos luminosas                |
| II  | Gigantes luminosas                           |
| III | Gigantes Normales                            |
| IV  | Subgigantes                                  |
| V   | Estrellas de la Secuencia Principal (Enanas) |

### El satélite artificial *Hiparco*

Aunque una de las mayores dificultades en astronomía es determinar distancias estelares, las técnicas astrométricas han permitido calcularlas dentro de un radio de 20 parsecs.

Así, con el lanzamiento del satélite *Hiparco* por parte de la agencia espacial europea (ESA) y el trabajo astrométrico realizado desde 1989 hasta 1993, ha sido posible establecer las distancias de aproximadamente 100.000 estrellas situadas dentro de un radio de 500 años luz. La **figura 5** muestra con base en los datos de *Hiparco* la disposición de cinco estrellas conocidas: Canopus, (Alfa Carina -2-); Rigel, (Alfa CentauroA-4-); Achernar, (Alfa Eridano -10-); Hadar, (Beta Centauri AB -11-) y Beta Crucis -20-.

Aunque se han alcanzado grandes logros en la determinación de distancias, los métodos de triangulación no funcionan para estrellas situadas a distancias superiores de 150 parsecs, debido a que el ángulo de paralaje es muy



**Figura 5.** Mapa calculado con base en los resultados astrométricos del satélite *Hiparco* (Imagen ESA-*Hiparcos*).

pequeño para medirlo aún con la precisión de *Hiparco*. Sin embargo, un nuevo método denominado paralaje espectroscópico, ha sido desarrollado como herramienta alternativa. Si suponemos que tenemos el espectro de una estrella desconocida es posible extraer dos piezas vitales, la primera, su tipo espectral (OBAFGKM) y la segunda, su clase de luminosidad (sea que la estrella esté en la secuencia principal, o sea una gigante o una supergigante, etc). Con estas dos cantidades determinadas espectroscópicamente se sabe con certeza en donde se ubica la estrella en el diagrama HR, en otras palabras, se puede extrapolar directamente su magnitud absoluta M. Si se mide ahora su magnitud aparente, la diferencia m-M no es más que el módulo de distancia a la que corresponderá una distancia dada en parsecs. Si la estrella se encuentra en un cascarón cuyo radio supere los 500 parsecs de distancia al Sol, la existencia de polvo y gas (material interestelar), alterarán la información obtenida del espectro y, por lo tanto, la determinación de la distancia.

### Variables Cefeidas

Existe una relación entre la magnitud absoluta y la longitud del periodo de oscilación de las estrellas denominadas cefeidas (estrellas gigantes cuya luminosidad varía con el tiempo de forma periódica). La astrónoma norteamericana Henrietta Leavitt determinó en forma gráfica una primera relación entre el logaritmo del periodo en días y la magnitud absoluta de este tipo de estrellas.

El ajuste de los datos determinó una función lineal de la forma  $M = a \log P + b$  (P: en días,  $a = -2.25$  y  $b = -1.5$ ). Esta relación resultó ser una herramienta muy útil para determinar distancias

Una de las  
mayores  
dificultades  
en astronomía  
es determinar  
distancias  
estelares.

de galaxias. El periodo es determinado por la curva de luz de una cefeida en particular y el logaritmo del periodo a su vez es usado para encontrar la magnitud absoluta a través de la relación periodo luminosidad. Finalmente, la magnitud absoluta se utiliza para encontrar la distancia al astro. La primera estimación de la distancia de la galaxia de Andrómeda fue hecha a través de las cefeidas observadas en ella. Las cefeidas se clasifican en dos grupos, las del grupo I (cuya representante es Cefeo) y las del segundo grupo, que se asemejan a las descritas por las estrellas tipo RR Lira.

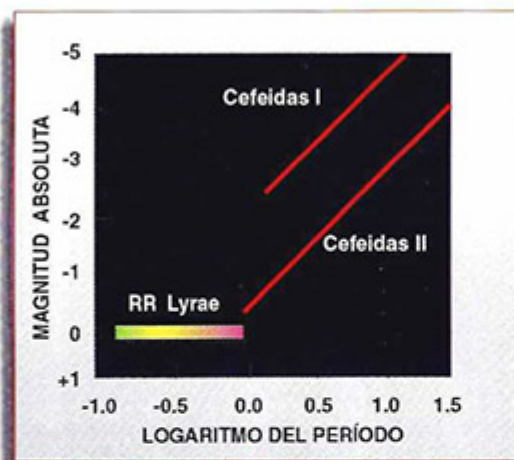


Figura 6. Magnitud absoluta versus el logaritmo del periodo para estrellas tipo RR Lira y Cefeidas.

Las leyes de la cosmología permiten aún vislumbrar nuevos horizontes. En este contexto y mediante el uso de los más potentes telescopios y radiotelescopios es posible calcular distancias de objetos lejanos utilizando la técnica del efecto Doppler. A través del estudio del corrimiento de las líneas de absorción se puede establecer la velocidad de alejamiento o acercamiento de la fuente y mediante la ley de Hubble, su distancia aproximada. Hubble estableció una función lineal que relaciona la distancia con la velocidad de recesión:  $v = H_0 d$ ; en donde,  $H_0 = 100h_0 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  ( $0.5 < h_0 < 0.85$ ). Sin embargo, una incertidumbre que ronda el 30 por ciento en el cálculo de la constante de Hubble plantea grandes interrogantes acerca de las dimensiones del universo.



## Lecturas recomendadas

*Carina Software: Voyager II Version 2.06 for PowerMacintosh 12919 Alcosta Blvd Suite # 7 San Ramón CA. 94583.*

*Kelsey Linda J., Hoff Darrel B., Neff Jhon S.: Astronomy Activities and Experiments. Kendall/Hunt Publishing Company. 1980.*

*Mihalas D and Binney J.: Galactic Astronomy. Structure and Kinematics W.H. Freeman 1981.*

*Particle Data Group.: Particle Physics Booklet. American Institute of Physics 1996.*

*Philip Morrison, Phylis Morrison y The Office of Charles and Ray Eames.: Potencias de Diez. Prensa Científica. 1984.*

*Roy A. E., Clarke D.: Astronomy, Principles and Practice. Second Edition. Adam Hilger Ltda. Bristol. 1982.*

<http://www.astro.ucla.edu/~wright/distance.html>  
The ABC's of Distances.

<http://astro.estec.esa.nl/index/Hipparcos> Hipparcos

[http://imagiware.com/astro/astro\\_tools.shtml](http://imagiware.com/astro/astro_tools.shtml)  
Astronomy Tools.

<http://www.arval.org.ve/RGOsp.html>. Astronomía

<http://cdsweb.u-strasbg.fr/Simbad.html>. The SIMBAD astronomical database

<http://www.stsci.edu/HubbleSpaceTelescope>

## Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

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

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

## **AGENDA DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS**

# **EXPOCIENCIA - EXPOTECNOLOGÍA 99**

### **1 FORO DE DISCUSIÓN SOBRE POLÍTICA CIENTÍFICA**

Lugar y Fecha: Pabellón 32 - Septiembre 25  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Comunidad educativa, científica y empresarial

### **2 SEMINARIO - TALLER, " APREHENSIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA AL SERVICIO DEL CONOCIMIENTO " y I TALLER DE EDICIONES DE MATERIAL CIENTÍFICO**

Lugar y Fecha: Pabellón 31 - Septiembre 27 a 28  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Docentes, estudiantes, profesionales en ciencias sociales y comunidad científica

### **3 SEMINARIO - TALLER, " REALIDAD VIRTUAL "**

En asocio con la Universidad Manuela Beltrán, UMB, y el Centro Internacional de Física, CIF  
Lugar y Fecha: Pabellón 23 - Septiembre 27 a 28  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Docentes, estudiantes y profesionales en áreas afines

### **4 SEMINARIO, " PERTINENCIA SIGLO XXI: REDES UNIVERSIDAD - EMPRESA A PARTIR DE LAS NUEVAS FORMAS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL CONOCIMIENTO "**

En asocio con la Asociación Colombiana de Universidades, ASCUN  
Lugar y Fecha: Pabellón 23 - Septiembre 29 a 30  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Docentes, estudiantes, profesionales y comunidad científica

### **5 ENCUENTRO NACIONAL DE CIENCIAS FÍSICAS Y HUMANAS**

Lugar y Fecha: Pabellón 32 - Septiembre 27 a 28  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Docentes, estudiantes, profesionales y comunidad científica

### **6 IV ENCUENTRO DE PROFESORES INVESTIGADORES E INNOVADORES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

Lugar y Fecha: Pabellón 31 - Septiembre 30 a Octubre 1  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Docentes de educación básica y secundaria

### **7 ENCUENTRO NACIONAL DE UNIVERSIDADES " DEBATE DE LA UNIVERSIDAD COLOMBIANA ACTUAL HACIA EL SIGLO XXI "**

En asocio con la Asociación Colombiana de Universidades, ASCUN  
Lugar y Fecha: Pabellón 23 - Octubre 1 a 2  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Comunidad científica, educativa y empresarial

### **8 CURSO DE OPORTUNIDADES DE FINANCIAMIENTO PARA ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES**

Lugar y Fecha: Pabellón 32 - Septiembre 30 a Octubre 1  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. 2:30 a 5:30 p.m.  
Dirigido a: Profesionales de áreas administrativas y financieras

### **9 TALLER, " APLICACIONES DEL CAOS EN VARIAS DISCIPLINAS, INTRODUCCIÓN A LOS FRACTALES "**

Lugar y Fecha: Salón 1 - Septiembre 25 a 26  
Hora: 9:00 a 1:00 p.m. ( Intensidad 4 Horas)  
Dirigido a: Docentes, estudiantes y profesionales en ciencias exactas.

### **10 TALLER, " NUEVAS FORMAS DE PENSAMIENTO Y TECNOLOGÍA "**

Se dictará en dos oportunidades:  
Lugar y Fecha: Salón 1 - Septiembre 27 y Octubre 2  
Hora: 3:30 p.m. a 7:30 p.m. ( Intensidad 4 Horas)  
Dirigido a: Estudiantes universitarios y profesionales en ciencias naturales y sociales

### **11 TALLER, " CIENCIA Y CULTURA PARA LA PAZ "**

Lugar y Fecha: Salón 1 - Septiembre 29  
Hora: 3:30 p.m. a 7:30 p.m.  
Dirigido a: Estudiantes universitarios y profesionales en ciencias naturales y sociales

### **12 CONFERENCIA, " CÓMO PROTEGER SUS INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS "**

Se dictará en dos oportunidades:  
Lugar y Fecha: Salón 1 - Septiembre 28 y Octubre 1  
Hora: 3:30 p.m. a 7:30 p.m. ( Intensidad 3 Horas)  
Dirigido a: Investigadores y comunidad científica

## VALOR DE LAS INSCRIPCIONES

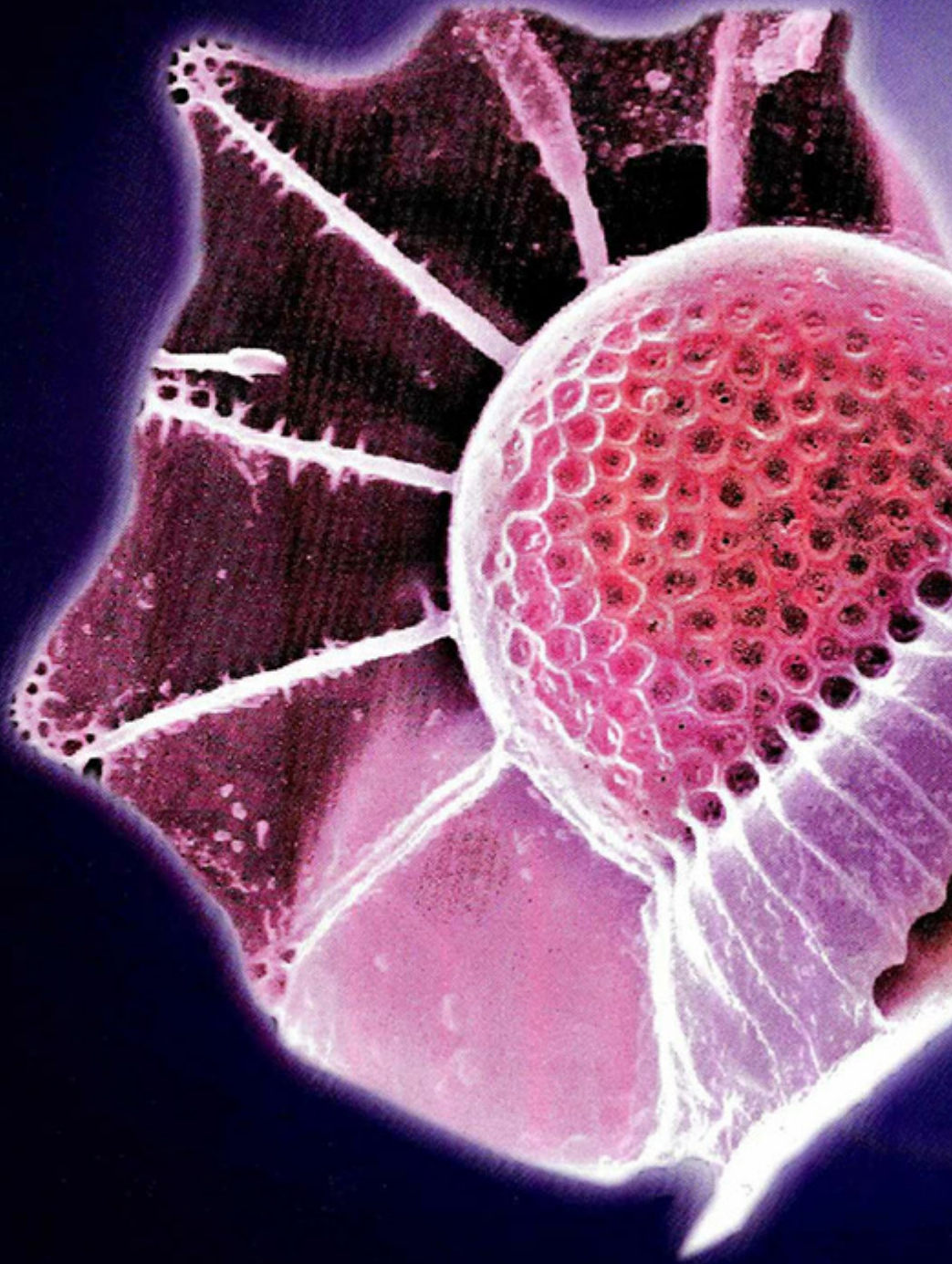
Nº de Actividad	Tarifa Asociados A.C.A.C	Tarifa Particulares
Eventos 1, 11 y 12	\$ 20.000.00 c/u	\$ 25.000.00 c/u
Eventos 9 y 10	\$ 30.000.00 c/u	\$ 35.000.00 c/u
Eventos 2,3,4,5 y 7	\$ 70.000.00 c/u	\$ 90.000.00 c/u
Eventos 4 y 7	\$ 60.000.00 Incluye los dos eventos	\$ 70.000.00 Incluye los dos eventos
Evento 6	\$ 30.000.00	\$ 40.000.00
Evento 8	\$ 130.000.00	\$ 170.000.00

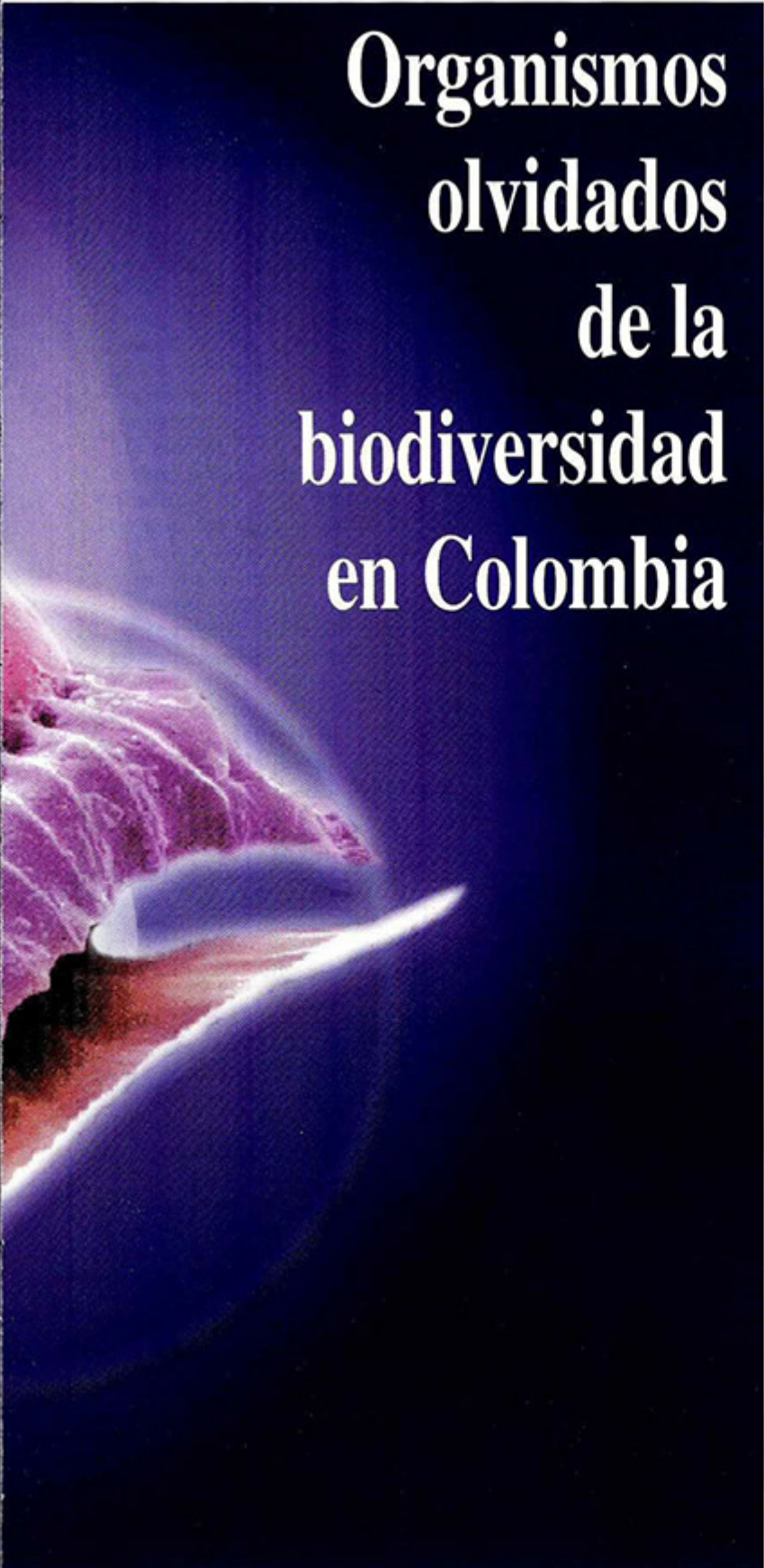
**Nota : Descuentos del 10% para grupos mayores de 5 personas**  
**Los talleres tienen un cupo limitado de 40 personas**



**XPOCIENCIA**  
**XPOTECNOLOGÍA 99**  
 CONOCIMIENTO PARA EL PRÓXIMO MILENIO

# Dinoflagelados





# Organismos olvidados de la biodiversidad en Colombia

**Hernando Dueñas J. Ph.D.**  
Geólogo - Palinólogo,  
BIOSS LTDA.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia.  
e-mail: edjbiossltda@Yahoo.com

**Héctor Alirio Pérez**  
Profesor Titular,  
Escuela de Ingeniería Metalúrgica,  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.  
Tunja, Colombia.

**C**olombia, es considerado uno de los tres países con más alta diversidad biológica (biodiversidad) del mundo. Esta situación es el resultado de la compleja evolución geológica de los cuatro ramales de los Andes, que generó una gran variedad de accidentes topográficos, los cuales al interactuar con los diferentes agentes climáticos produjeron un heterogéneo mosaico de ecosistemas.<sup>1</sup> En cuanto a las áreas no continentales, el choque de las placas tectónicas, durante el transcurso del tiempo geológico, propició el desarrollo de complejos ecosistemas marinos.

Biodiversidad, término acuñado en 1985, podría ser definida como la variedad o diversidad de especies que viven dentro de un ecosistema.<sup>2</sup> Sin embargo, es muy importante tener en cuenta que este concepto no implica tamaño de las especies. Una de las formas de cuantificar esta diversidad es determinando la riqueza de especies en un área específica, lo cual es complicado y dispendioso aún en el caso de inventariar especies de gran tamaño, dentro de las cuales podemos incluir las formas más conspicuas de animales y plantas. Con especies de reducidos tamaños (insectos), el determinar esta riqueza se dificulta, y se complica aún más, cuando tiene que ver con el mundo microscópico. En medios acuosos (marinos o continentales) los estudios de biodiversidad incrementan su dificultad a medida que aumenta la profundidad de las aguas.

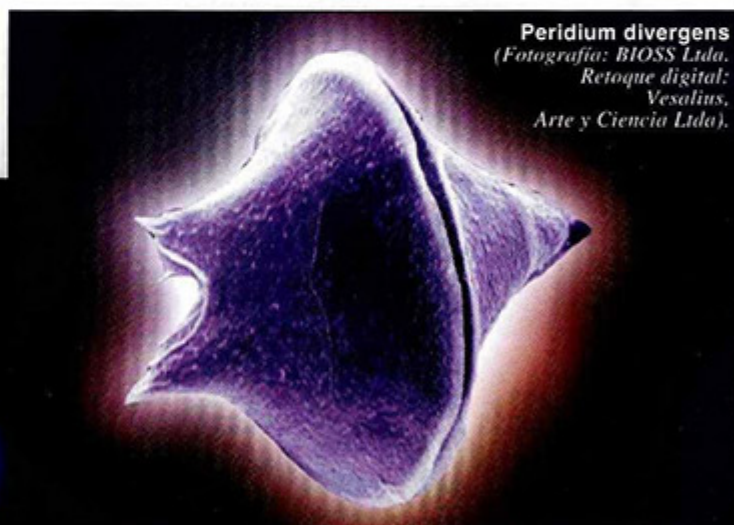
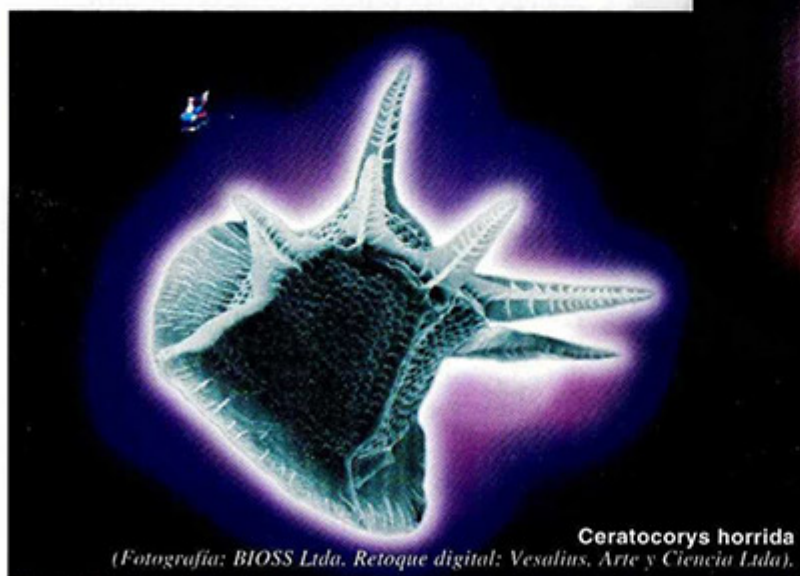
Cuando en Colombia se habla de biodiversidad parecería que sólo se tuviera en cuenta las especies de mayor tamaño.<sup>3</sup> Muy poca atención han merecido hasta el presente los organismos microscópicos tan importantes para la biodiversidad como lo son los cóndores, los delfines, las orquídeas, las arañas, las ranas o los hongos.

Los trabajos desarrollados por el grupo de científicos del buque *Challenger*, en 1872, demostraron que hasta en las mayores profundidades oceánicas se presenta la vida. Cálculos matemáticos muy sencillos (volumen de agua marina) permiten determinar que más del 97 por ciento de la biosfera, delgada capa que rodea la superficie terrestre y que es el asiento de la vida, está formada por agua del mar. La biomasa (microscópica) que se encuentra en los mares es comparativamente mayor que la presente en los continentes.<sup>4</sup> Esta biomasa marina se observa con la ayuda de lupas o de microscopios. Desde el punto de vista de la biodiversidad, es necesario tener en cuenta que un litro de agua marina puede llegar a contener millones de microorganismos; éstos pueden representar una diversidad de especies similar a la que podría estar presente en centenares de kilómetros cuadrados de áreas continentales.

Al igual que en la astronomía, la evolución de la microbiología está íntimamente ligada al desarrollo de las técnicas de pulir el vidrio para construir lentes. En astronomía, los lentes de los telescopios permitieron ampliar las imágenes de los cuerpos celestes y expandir el conocimiento del hombre sobre el universo. En biología, el desarrollo de los lentes para los microscopios permitió ampliar el conocimiento sobre la vida en el planeta. De esta manera, unas lentes ampliaron nuestra visión sobre el universo; las otras, ampliaron nuestra visión del microcosmos.

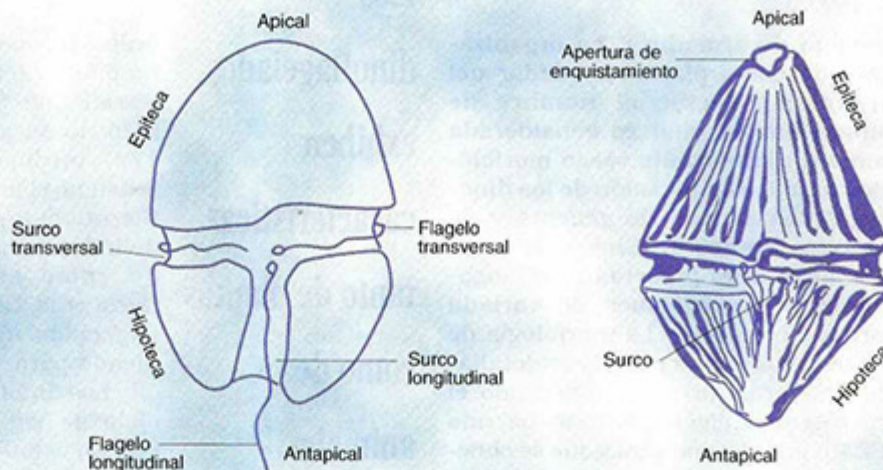
Flotando en las aguas (marinas, salobres o dulces) e impulsado por los vientos y las corrientes, se presenta un gran número de microorganismos (2 a 2.000 micras) los cuales en forma general reciben el nombre de plancton y conforman el primer eslabón de la gran trama trófica del mundo acuático. Dentro de estos microorganismos flotantes, aquellos que son capaces de transformar la energía recibida del Sol en compuestos orgánicos, por medio de la fotosíntesis, reciben el nombre de fitoplancton y aquellos que derivan su energía de la oxidación de la materia orgánica reciben el nombre de zooplancton.<sup>5</sup> En una "cadena alimenticia" marina simplificada, el fitoplancton elabora su propio alimento mediante la fotosíntesis, el zooplancton utiliza al fitoplancton como fuente de alimento y a su vez éste sirve de alimento para peces pequeños. El pez grande se come al chico y los peces grandes son devorados por los grandes depredadores del océano. El hombre desempeña también un papel importante al extraer del mar una gran diversidad de organismos para su propio beneficio. Varias especies de aves, reptiles y mamíferos obtienen también su alimento del mar. Es claro, entonces, la importancia del estudio del fitoplancton.

Los grupos más importantes del fitoplancton marino son las diatomeas, los dinoflagelados,



**Figura 1.** Los dinoflagelados presentan una amplia gama de morfologías que varían de extremadamente bellas a claramente grotescas.

**Figura 2.**  
Representación  
esquemática de la  
morfología de los  
dinoflagelados.



**El mar**  
contribuye con  
más del 85 por  
ciento del  
oxígeno mundial.

los cocolitoforidos, las cianofíceas y los silicoflagelados. El zooplancton comprende los foraminíferos, pequeños crustáceos, medusas, gusanos y moluscos así como huevos y larvas de muchas especies animales.<sup>6</sup> La densidad y variedad del fitoplancton en un área determinada depende de la estrecha interrelación con las características físicas y químicas del entorno y del medio acuoso, teniendo como fuente de energía principal la luz solar. En aguas salobres el porcentaje de diatomeas puede superar el porcentaje de dinoflagelados, mientras en aguas marinas la relación puede ser inversa.<sup>7</sup>

Del 100 por ciento del oxígeno producido en la Tierra por organismos fotosintetizadores, más del 85 por ciento es producido en los mares por los organismos fitoplanctónicos.<sup>8</sup> El papel del fitoplancton en los ecosistemas acuosos es por lo tanto comparable con el papel de las plantas en ecosistemas terrestres. Sin embargo, a pesar de ser ampliamente conocida la importancia del fitoplancton en la producción del oxígeno mundial, comparativamente con los bosques, ha recibido poca atención. En Colombia, podríamos decir que ha recibido mínima atención. Se habla insistentemente del significado de la selva amazónica o de los bosques húmedos del Chocó por su gran diversidad biológica y por la función que desempeñan en la generación de oxígeno, pero nunca se menciona el gran papel que cumple el fitoplancton del Caribe o del Pacífico colombiano. No podemos desconocer que el mar contribuye con más del 85 por ciento del oxígeno mundial producido por la fotosíntesis (sin restarle importancia a las selvas), por lo tanto, son

las áreas marinas las que deben ser consideradas como los verdaderos pulmones del planeta.

Los dinoflagelados son microorganismos unicelulares por lo general biflagelados cuya clasificación en el reino vegetal o animal está aún en discusión. Los dinoflagelados exhiben características tanto de plantas (*filum Dinophyta*) como de animales (*filum Dinoflagellata*).<sup>9</sup> El hecho de ser organismos flagelados con movimiento independiente de desplazamiento, es la base para que los zoólogos incluyan a los dinoflagelados dentro del reino animal. Para los botánicos, el hecho de presentar clorofila (a y c) en el protoplasma y, por lo tanto, de ser organismos autotróficos, es base suficiente para incluirlos dentro del reino vegetal. Esta mezcla entre animales y plantas los hacen el ejemplo típico de los seres que encajan en el reino de los protistas.

Los dinoflagelados poseen flagelos (látigos) con los cuales pueden impulsarse a voluntad. Uno de los flagelos envuelve el cuerpo central en sentido ecuatorial a manera de cinturón y recibe el nombre de flagelo transversal; el otro flagelo, se extiende hacia abajo del cuerpo central, casi en sentido perpendicular al primer flagelo y recibe el nombre de flagelo longitudinal (**figura 2**). Los flagelos poseen estructuras y tamaños distintos y se insertan en la parte ventral de la célula (no visibles en la microfotografía debido al tratamiento celular).

A pesar de ser organismos unicelulares, los dinoflagelados presentan una amplia gama de morfologías que varían de extremadamente bellas a claramente grotescas, lo cual frecuentemente se refleja en los nombres latinos utilizados para su clasificación (*splendens*, *bellus*, *horrída*, *elegans*). La membrana exterior que envuelve la célula posee una morfología compleja y está constituida por una serie de placas

# Los dinoflagelados exhiben características tanto de plantas como de animales.

a modo de armadura. La organización de estas placas alrededor del organismo recibe el nombre de tabulación, la cual es considerada como un importante rasgo morfológico para la clasificación de los dinoflagelados a nivel de géneros y de especies (figura 3). En varios géneros, las placas presentan prolongaciones o proyecciones de variada forma y tamaño.<sup>10</sup> La morfología de los dinoflagelados puede ser detallada con gran precisión utilizando el microscopio electrónico de barrido (SEM), pues las imágenes que se obtienen poseen una gran profundidad de foco y por ello dan la impresión de ser imágenes tridimensionales.<sup>11</sup>

Aunque el mayor número de los dinoflagelados se presenta en ecosistemas marinos, también es posible encontrarlos en medios salobres, fluviales y lacustres continentales. Ello indica que son microorganismos que se han adaptado a un amplio rango de salinidades, temperaturas y otras características físicas y químicas del medio acuoso.<sup>10</sup>

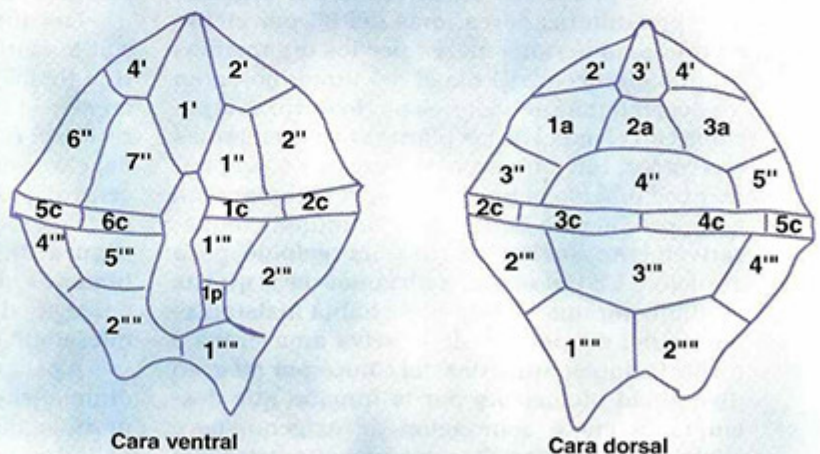
La presencia de flagelos junto con el movimiento de rotación de estos microorganismos inspiraron a Butschli (1885) el nombre de *Dinoflagellata* del griego *dinos* (dar vuelta, rotar) y del latín *flagellum* (pequeños látigos). Las primeras descripciones de dinoflagelados fueron realizadas por O.F. Muller en 1773 y correspondieron a los dinoflagelados de agua

dulce *Bursaria hirundinella* (*Ceratium hirundinella*) y *Vorticella cincta* (*Peridinium cinctum*). O.F. Muller también fue el primero en describir en 1777, un dinoflagelado marino al cual le asignó el nombre de *Cercaria tripos* (*Ceratium tripos*). En 1793, Schrank definió el género *Ceratium* utilizando como especie tipo *Ceratium tetraceras*. Éste es el género de dinoflagelados más antiguo y aún empleado para su clasificación.<sup>10-12</sup>

Los dinoflagelados presentan un ciclo de vida relativamente simple con un estado vegetativo y un estado de reposo o de enquistamiento. La mayor parte de los quistes está constituida por una materia orgánica muy resistente con una composición similar a la esporopollenina que es el material del cual se componen la parte externa del polen y las esporas, que se caracteriza por su resistencia al ataque de los ácidos. Algunas especies presentan quistes de composición calcárea (*Scripsiella*) o silíceas (*Ceratium hirundinella*).

Bajo algunas circunstancias relacionadas con elevaciones de temperaturas y aportes de nutrientes a las aguas, la densidad de algunos dinoflagelados, caracterizados por poseer pigmentos rojos, rápidamente se incrementa (mayor de  $6 \times 10^6$  organismos por litro), transmitiendo a las aguas el color de su pigmento, lo cual es conocido como mareas rojas. El interés del hombre por las denominadas mareas rojas

**Figura 3.** Representación hipotética de un dinoflagelado tecado ilustrando la terminología empleada para las placas que conforman la teca y los símbolos correspondientes. La fórmula de la tabulación para este dinoflagelado es 4', 3a, 7'', 6c, 5''', 1p, 2'''. (Adaptado de Evitt, 1969).



- ' Placa apical
- a Placa anterior intercalar
- '' Placa precingular
- c Placa cingular
- ''' Placa postcingular
- p Placa posterior intercalar
- '''' Placa antapical

(Adaptado de Evitt, 1969)

se remonta a los tiempos bíblicos y desde el siglo pasado se ha reconocido el desastroso efecto que ocasionan estas mareas en la ecología de las áreas costeras. Algunos dinoflagelados de mareas rojas no son nocivos, pero otros sí lo son a través de diferentes tipos de toxinas, como aquellas que atacan el sistema nervioso



**Dinophysis caudata**  
(Fotografía: BIOS S Ltda.  
Retoque digital: Vesalius, Arte y Ciencia Ltda).

central (*paralytic shellfish poison, PSP*) o el sistema digestivo (*diarrhetic shellfish poison, DSP*), transmisibles también al hombre. Una marea roja que se presentó en 1947 frente a las costas occidentales de Florida, en Estados Unidos (ocasionada por una muy elevada concentración de *Gymnodinium brevis* en las aguas), mató a millones de peces y a cientos de tortugas.

*Alexandrium catellana* es el alimento regular de varios bivalvos incluidas las almejas. Este dinoflagelado secreta una sustancia que aunque es inofensiva para las almejas puede transformarse en tóxica para el hombre. Algunos géneros de dinoflagelados (*Noctiluca*, *Gymnodinium* y *Peridinium*) producen secreciones bioluminiscentes y son responsables de los resplandores nocturnos que observan los marinos en sus travesías. También son responsables de las leyendas asociadas con estos resplandores.

Los dinoflagelados se caracterizan por su gran sensibilidad a los factores medioambientales (bioindicadores) y es por ello que

han sido utilizados en la identificación y monitoreo de masas de aguas cálidas en el océano Pacífico, relacionadas con el denominado fenómeno "El Niño".<sup>6,13-14</sup>

Los hábitos alimenticios de los dinoflagelados varían de especie a especie. Sin embargo, los autótrofos o especies fotosintéticas pueden llegar a ser en número, la mitad de las especies actuales (>2.000). Algunas especies pueden llegar a poseer más de una estrategia alimenticia, por ejemplo, los *Protooperidinium* pueden ser parásitas o fotosintetizadoras. Los dinoflagelados fotosintetizadores pueden subsistir únicamente hasta donde penetra la luz solar. Por tanto, estas especies se encuentran restringidas básicamente a una relativamente delgada capa superficial conocida como zona eufótica. El espesor de esta zona varía según la intensidad y el ángulo de incidencia de la luz solar, turbiedad del agua, posición geográfica y estación del año. Los dinoflagelados no fotosintetizadores absorben productos del medio acuoso, otros pueden capturar y digerir bacterias y algunos protozoarios.

Cuando las condiciones de vida se hacen difíciles los dinoflagelados forman quistes rodeándose de una membrana muy resistente y caen al fondo en donde llegan a formar parte de los sedimentos, permaneciendo en ellos durante varios años. Después de un periodo de reposo, más o menos prolongado, germinan y vuelven a la vida activa. En estos momentos, pueden cambiar de piel, esto es, perder la membrana antigua y producir una nueva, la célula abandona el quiste por la denominada apertura de enquistamiento (*archeopyle*). Las membranas viejas o quistes quedan dentro de los sedimentos y si las condiciones le son propicias pueden llegar a fosilizarse.



**Ceratium furca.**  
(Fotografía: BIOS S Ltda.  
Retoque digital: Vesalius, Arte y Ciencia Ltda).

En sedimentos del silúrico se han hallado quistes de dinoflagelados fósiles de hace 420 millones de años. Aunque algunos dinoflagelados fósiles han sido reportados de sedimentos fluviales y deltaicos, la mayor parte de ellos son de origen marino.<sup>15</sup> La primera descripción de dinoflagelados fósiles la realizó Ehrenberg, en 1836, y correspondió a las especies *Peridinium delittiense* (*Spongodinium delittiense*), *Peridinium pyrophorum* (*Palaeoperidinium pyrophorum*), *Xanthidium ramosus* (*Spiniferites ramosus*) y *Xanthidium pilosus* (*Sentusidinium pilosum*).<sup>10</sup>

Las diferentes capas sedimentarias que conforman la corteza terrestre presentan asociaciones de fósiles que les son características. En el caso de sedimentos de origen marino las asociaciones de microfósiles presentan como uno de sus componentes principales a los dinoflagelados. En una secuencia normal de estratos, esto es, que conserven la secuencia original en que ellos fueron depositados, la capa inferior se depositó antes que la capa superior. Si conocemos la posición de las diferentes capas y las asociaciones de fósiles que les son características, es posible determinar el sitio que le corresponde a una roca en una secuencia de estratos. En geología, la localización de las rocas en la posición que les corresponde se conoce como asignar edades relativas a las rocas. El estudio de dinoflagelados fósiles ha demostrado ser una herramienta de gran valor en la resolución de problemas estratigráficos (edades relativas) y ha contribuido a un mejor entendimiento de la geología de los sedimentos marinos. Al mismo tiempo, las asociaciones de dinoflagelados fósiles y las cantidades con que ellos se presentan en las rocas permiten interpretar el ambiente sedimentario en que éstas se formaron. En Colombia las asociaciones de dinoflagelados del cretáceo han sido estudiadas en forma detallada.<sup>16</sup>

El universo microscópico encierra grandes y agradables sorpresas. En este universo se desarrollan muchas actividades de las cuales depende el equilibrio de la vida en el planeta Tierra. Tanto para entender nuestro pasado como para vislumbrar nuestro futuro debemos volver nuestros ojos al mar.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos al doctor Luis Alfonso Vidal V. por la bibliografía suministrada y por la revisión crítica del manuscrito.

### Referencias

1. **Rangel, Ch. J.:** Colombia Diversidad Biótica I. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá. 1995.
2. **ENCARTA:** Enciclopedia Microsoft Encarta. Microsoft Corporation. 1997.
3. **Mayr, J.:** Plan Nacional de Desarrollo. Proyecto Colectivo Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente. Colombia. 1998.
4. **C.N.E.B.:** Biología. Unidad, Diversidad y Continuidad de los Seres Vivos. Ed C.E.C.S.A. México. D.F. 1980.
5. **Taylor, F.R.:** Chapter 2. Dinoflagellate morphology, in TAYLOR, F.J.R. (ed) The biology of Dinoflagellates. Botanical Monographs, 21:24-91, 1987.
6. **Balech, E.:** Introducción al Fitoplancton Marino. EUDEBA. Buenos Aires. 1977.
7. **Pérez, J.M. & Deveze, L.:** Oceanographie biologique et biologie marine. Press Universitaires de France. Paris. 1963.
8. **Odum, E.:** Ecología. Editorial Continental S.A. México. D.F. 1987.
9. **Van Der Hoek, C., Mann, D.G. & Ichus, H.M.:** Algae, an introduction to Phycology. Cambridge, Univ. Press, pp 623, 1995.
10. **Evitt, W.R.:** Sporopollenin Dinoflagellate Cysts. Their Morphology and Interpretation; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, p 333, 1985.
11. **Dodge, J.D.:** Atlas of Dinoflagellates; Farrand Press, London, p 119, 1985.
12. **Fensome, R.A., Riding, J.B. & Taylor, F.J.R.:** Chapter 6. Dinoflagellates; in Jansonius, J. & MC. Gregor, D.C. (ed.) Palynology: Principles and Applications; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Vol. 1, p.107-169, 1996.
13. **Castillo, F.:** Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas de agua (ERFEN IV), pp.357-366, 1984.
14. **Viscaino, Z.:** Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador de masas del Fenómeno El Niño. Tesis de Grado. Universidad del Valle. Cali, p 64, 1993.
15. **Goodman, D.K.:** Chapter 15. Dinoflagellate cysts in ancient and modern sediments; in: Taylor, F.J.R. (ed.), The Biology of Dinoflagellates; Botanical Monographs, 21:649-722, 1987.
16. **Dueñas, H.:** Los Dinoflagelados, Una nueva herramienta para el control bioestratigráfico de sedimentos del Cretáceo Medio y Tardío. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17(66): 433-440, 1990.



# Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea  
**INNOVACION  
Y CIENCIA**

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





*Futuros terremotos  
en Santa Fe de Bogotá...*

**Estimación de escenarios de pérdidas**

**Omar Darío Cardona A.**  
Presidente,  
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.  
Profesor catedrático,  
Departamento de Ingeniería Civil,  
Universidad de los Andes.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia.  
e-mail: ais@uniandes.edu.co

**Luis Eduardo Yamín L.**  
Director,  
Departamento de Ingeniería Civil,  
Universidad de los Andes.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia.  
e-mail: lyamin@uniandes.edu.co

**L**a ciudad de Santa Fe de Bogotá está localizada en las inmediaciones de un ambiente sismotectónico que demuestra desde el punto de vista geológico, actividad sísmica reciente, aunque desde el punto de vista histórico no se tenga la percepción de dicha actividad debido a la baja frecuencia relativa de eventos importantes. Esta aparente contradicción debe verse con extrema cautela dado que no es correcto suponer que como en los últimos años no ha ocurrido un sismo intenso así han de seguir las cosas. El sismo del 19 de enero de 1995, de magnitud 6.5 grados Richter que ocurrió a 120 km de Bogotá, tuvo una aceleración de sólo el 3 por ciento *g* (después de amplificado por el suelo), es decir 7 veces menos que el valor máximo probable esperado (20% *g*) para el cual se deben diseñar los edificios en la ciudad; no obstante este evento causó cinco víctimas, más de veinte heridos, daños en cuarenta edificios, crisis en los sistemas de comunicaciones, treinta accidentes de tránsito y dos incendios en la capital.

Teniendo en cuenta el nivel de la amenaza y riesgo sísmico de Bogotá, las entidades del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres consideraron de especial importancia formular un proyecto integral de mitigación del riesgo sísmico para la ciudad. El Gobierno Nacional y la Alcaldía Mayor de Bogotá convocaron al Instituto de Geociencias, Minería y Química, Ingeominas, y a la Universidad de los Andes para que adelantaran los estudios de microzonificación sísmica del suelo y la estimación del grado de vulnerabilidad que ofrecen las edificaciones, los servicios públicos y en general el contexto material de la ciudad ante sismos probables que se pueden presentar en la zona, con el fin de aportar

esta información a otras entidades del Sistema Distrital de Prevención y Atención de Desastres quienes, de acuerdo con el ámbito de su competencia, tienen la responsabilidad de aplicar medidas de mitigación del riesgo sísmico y de preparación para emergencias. Aunque se han llevado a cabo proyectos similares en otras ciudades intermedias, este proyecto es el primero en el país en el que se han desarrollado en su totalidad los pasos y las actividades interinstitucionales y multidisciplinarias requeridas.

El Proyecto Integral de Mitigación de Riesgo Sísmico de Bogotá se puede subdividir en general en tres grandes componentes:

1. Evaluación de la amenaza y microzonificación sísmica de la ciudad.
2. Estimación de los escenarios de pérdidas sísmicas.
3. Formulación y aplicación de medidas de mitigación del riesgo sísmico.

No obstante que existe un estudio general de amenaza sísmica en Colombia, actualizado recientemente por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, como parte del proyecto se llevó a cabo un nuevo análisis detallado de la amenaza sísmica regional y local de Bogotá. En este sentido, Ingeominas y la Universidad de los Andes realizaron un trabajo conjunto de sismología histórica, tectónica regional y neotectónica con el fin de precisar las trazas y la actividad de las fallas geológicas más importantes del área, en donde se encuentra la ciudad. Igualmente, se llevó a cabo una revisión y ajuste del catálogo sísmico de eventos, el cual ha sido alimentado de manera notable en los últimos años con sismos registrados tanto en acelerómetros digitales como en las estaciones sismológicas de la nueva red sismológica nacional que opera vía satélite desde 1991.

Del estudio de amenaza sísmica se pudo obtener que Bogotá se encuentra en peligro principalmente por el conjunto de fallas, que conforman la llamada "Falla Frontal de la Cordillera Oriental", las cuales pueden llegar a tener eventos del orden de 7 a 7.5 grados en la escala de magnitudes de Richter a una distancia del orden de 60 km al oriente de la ciudad. Sin embargo, la existencia de otras fallas activas alrededor y el potencial de ocurrencia de sismos lejanos que pueden amplificarse notablemente debido a las propiedades del suelo de la ciudad, ratifica que la amenaza sísmica de Bogotá no depende de una sola fuente sismogénica sino de una amplia provincia de accidentes geotectónicos (**figura 1**).

Teniendo en cuenta la información existente y complementándola con nuevos estudios geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos y geofísicos (gravimetría, microtremores, *down hole*, refracción, reflexión), se propuso un mapa de zonificación sísmica, tanto de la zona plana de

origen lacustre como de los cerros orientales de la ciudad, de acuerdo con los modelos de respuesta sísmica. Esta modelación se obtuvo utilizando registros de aceleración reales y artificiales en roca y en el suelo blando de la ciudad. Se realizaron cerca de 117 mediciones de microtemores, lo cual permitió obtener un mapa de periodos de vibración predominante (figura 2) y 38 perforaciones profundas entre los 20 y los 200m que permitieron caracterizar, mediante ensayos dinámicos de laboratorio, los tipos de suelos de Bogotá. Se encontró que estos suelos, que tienen un comportamiento elástico sorprendente, amplifican entre 3 a 10 veces, o más, la aceleración máxima registrada en la roca. Igualmente, se encontró un efecto de amplificación por topografía notable que puede significar la ocurrencia de deslizamientos en algunos sitios en los cerros orientales de la ciudad.

La figura 3 corresponde a la zonificación sismogeotécnica, en la que se diferenciaron cinco zonas para las cuales se determinaron los espectros para el diseño sismorresistente con los cuales las edificaciones en cada zona se deben analizar y diseñar. Con esta misma metodología se obtuvieron igualmente los valores de aceleración espec-

tral para otros sismos de menor intensidad, con el fin de estimar otros escenarios de pérdidas potenciales en la ciudad en caso de sismos moderados. La metodología desarrollada para la determinación de los daños en edificaciones y líneas vitales parte del conocimiento de la respuesta espectral de cada escenario sísmico hipotético, en cada una de las zonas identificadas en la microzonificación sísmica de la ciudad.

### Estimación de los escenarios de pérdidas sísmicas

Para efectos de este estudio se consideraron tres escenarios hipotéticos de riesgo sísmico, teniendo en cuenta la incidencia que tendrían: a) un sismo de origen lejano, ubicado por ejemplo en la zona de subducción, similar a los sismos que afec-

## HISTORIA DE LOS SISMOS EN SANTA FE DE BOGOTÁ Y SUS ÁREAS VECINAS

Año	Mes	Día	Hora	Epicentro	Latitud N	Longitud W	Intensidad MSK**
1616	02	*	.	Cajicá (Cundinamarca)	5	74	VII
1644	01	16	06:-	Pamplona (Norte de Santander)	7.4	72.7	IX
1644	03	16	.	*Chipaque (Cundinamarca)	4.5	74	IX
1646	04	3	03:-	Sogamoso (Boyacá)	5.7	73	VIII
1743	10	18	0:045	Páramo de Chingaza (Cundinamarca)	4.4	73.9	VIII
1785	07	12	07:45	Páramo de Chingaza (Cundinamarca)	4.7	73.8	IX
1826	06	17	23:45	Sopó (Cundinamarca)	4.8	73.9	VIII
1827	11	16	18:-	Timaná (Huila)	1.9	75.9	X
1917	08	31	06:36:29	*Páramo de Sumapaz	4.26	74.15	IX
1923	12	22	04:55:35	Paratebueno (Cundinamarca)	4.4	73.2	VIII
1924	01	7	.	Gachalá	4.7	73.5	VIII
1928	11	1	11:08:18	El Milagro (Casanare)	5.5	71.5	VII
1967	02	9	11:35:11	Los Cuachos (Huila-Caquetá)	2.93	74	IX
1967	07	29	05:24:24	Chucurí (Santander)	6.84	74.09	VIII
1995	01	19	10:05:00	Tauramena (Casanare)	5.01	72.95	VI

\*Sismos con algún indicio de huellas en superficie (neotectónica)

\*\*Escala de intensidades Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK)

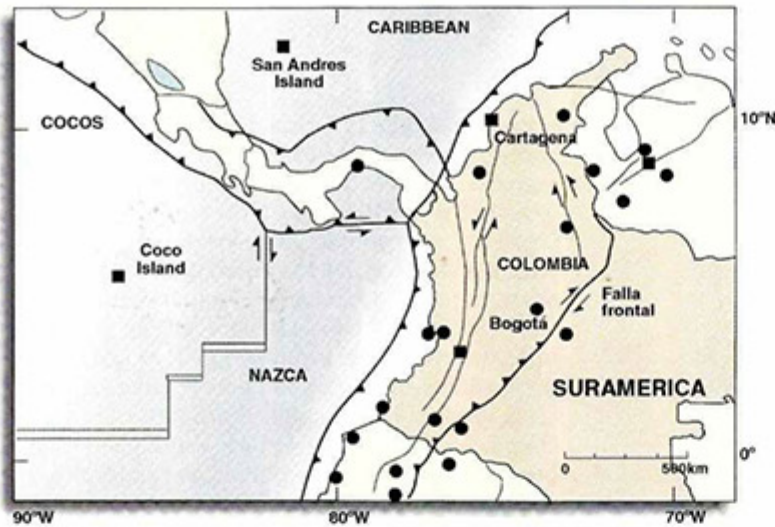


Figura 1. Fuentes sismogénicas alrededor de Bogotá.

taron a Ciudad de México en septiembre de 1985, cuya aceleración en el lecho rocoso podría ser del orden de 0.03 g; b) un sismo ubicado en la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, aproximadamente a 60 km de distancia de la ciudad, cuya aceleración en la roca sería del orden de 0.12 g, que tiene una probabilidad de excedencia del 40 por ciento en cincuenta años y cuyo periodo de retorno promedio sería del orden de cien años, el cual podría considerarse un sismo moderado equivalente a los terremotos que afectaron a Santa Fe de Bogotá en 1785, 1827 y 1917; y c) un sismo también ubicado en la Falla Frontal con una magnitud que podría ser del orden de 7.2 en la escala de Richter, con una duración que podría alcanzar los 60 segundos y que generaría una aceleración en la roca bajo los suelos de la ciudad del orden de 0.20 g. Este sismo cuya probabilidad de excedencia es del 10 por ciento en cincuenta años, corresponde a un evento cuyo periodo de retorno es de 475 años, y aunque no hay indicios de que haya ocurrido en tiempos históricos, se utiliza como el sismo máximo para el cual se deben diseñar las edificaciones en Bogotá. Estos tres sismos probables y particularmente los dos últimos escenarios tendrían las mayores consecuencias para la ciudad y la nación dado que seguramente desbordarían sus capacidades de respuesta.

El alcance del estudio y el tipo de metodología se definieron teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La escala del espacio geográfico involucrado;
- El tipo de decisiones de mitigación que se esperaban tomar;

- La información disponible, factible y justificable de conseguir;
- La importancia económica y social de los elementos expuestos; y
- La consistencia entre los niveles de resolución posibles de obtener en cada etapa de la evaluación.

Es importante mencionar que para las evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo sísmico deben realizarse modelaciones que permitan llevar a cabo estimaciones descriptivas en forma de escenarios cuyos valores corresponden a "órdenes de magnitud" del tipo de situaciones que dichos escenarios representarían. Cada valoración tiene asociadas incertidumbres que se derivan de diferentes fuentes. Primero, hay una incertidumbre en la intensidad del movimiento del suelo y los efectos colaterales o fallas en el mismo para un evento dado. Segundo, existe incertidumbre en el daño estimado causado por la intensidad del movimiento del suelo o sus efectos colaterales. Tercero, existe incertidumbre en la estimación de las pérdidas asociadas al daño en un elemento expuesto. Finalmente existe incertidumbre en el proceso de inventario del número de elementos expuestos, en la clasificación de los mismos y en el área geográfica en la cual están ubicados. No obstante que se podría llevar a cabo, con un esfuerzo adicional, un análisis siempre más preciso en cada caso, de

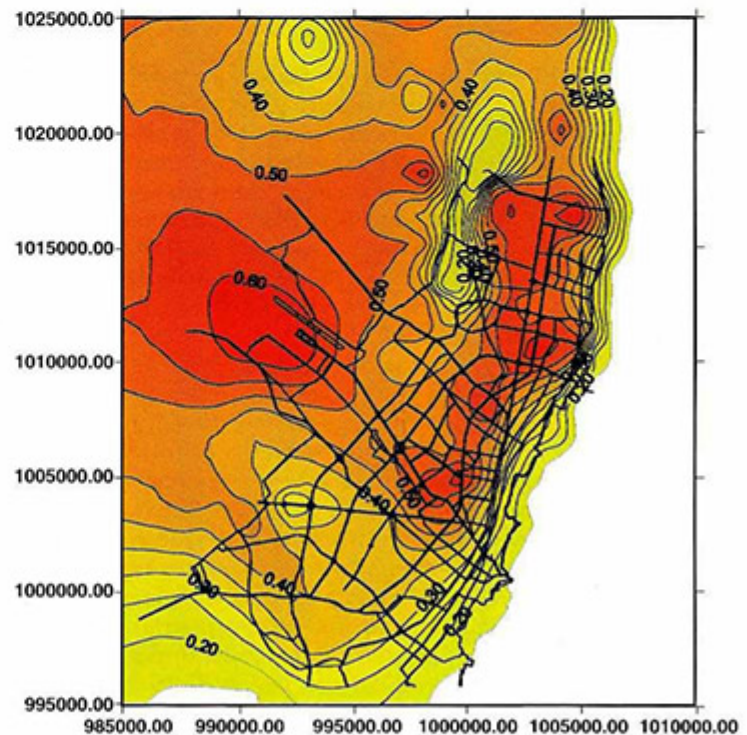


Figura 2. Mapa de periodos de vibración del suelo utilizando microtrepidaciones.

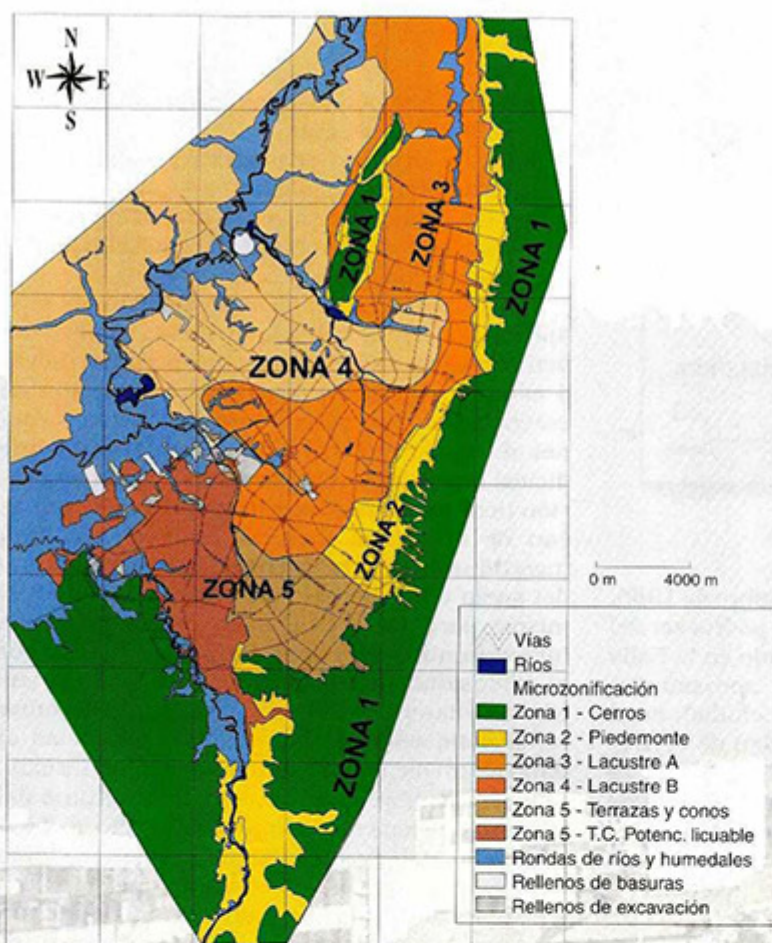


Figura 3. Microzonificación sísmica de Bogotá.

todas maneras es inevitable que existan incertidumbres en un estudio práctico de esta naturaleza; por esta razón para Bogotá se delimitó el alcance y su responsabilidad técnica asociada, definiéndolas de manera explícita así:

Este estudio ha sido realizado exclusivamente con propósitos de mitigación del riesgo sísmico, toma de conciencia y planificación para la atención de posibles emergencias originadas por terremotos. Sus estimaciones son hipotéticas y están basadas en que los siguientes hechos se presenten: 1. La ocurrencia de un sismo con las mismas características que los propuestos. 2. Que se experimente un movimiento del suelo como los descritos para cada escenario estudiado. 3. Que se presenten daños en algunos elementos expuestos y en otros no. Por lo tanto, un terremoto de características diferentes podría generar consecuencias marcadamente distintas a las proyectadas con los patrones de daños y pérdidas utilizados en este estudio.

Considerando el proceso de agregación de una metodología como la desarrollada, es importante mencionar que en un sitio como Bogotá, en

el cual no existe la forma de llevar a cabo una calibración con base en un sismo significativo reciente, el nivel de incertidumbre puede llegar a ser equivalente a un factor del orden de cinco para la estimación de los daños y de diez para la estimación del número de víctimas. No obstante, las estimaciones obtenidas han sido consideradas de especial significación para la toma de conciencia, la reducción de riesgos y los preparativos para la atención de emergencias en la ciudad. Finalmente, es importante mencionar que no se han realizado estimaciones de pérdidas directas para amenazas colaterales o de segundo orden, tales como desplazamiento de fallas en superficie, deslizamientos, licuación de suelos ni de pérdidas indirectas causadas por incendios o escape de sustancias tóxicas. El alcance de este estudio no consideró evaluaciones del impacto social ni de costos de rehabilitación y reconstrucción.

### Formulación y aplicación de medidas de mitigación

La administración de la ciudad de Santa Fe de Bogotá cuenta con una oficina coordinadora del Comité Distrital de Prevención y Atención de Desastres, la cual acordó con la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, ente coordinador nacional del sistema, la realización de estos estudios con fines de mitigación del riesgo sísmico. Siendo su financiación realizada exclusivamente con recursos de la ciudad y la nación.

No obstante que el proyecto se inició en 1994, desde tiempo atrás los sistemas nacional y distrital para la prevención y atención de desastres han venido adelantando campañas educativas en los colegios y las comunidades para promover las normas sismorresistentes, la intervención de la vulnerabilidad de edificaciones y para dar a conocer los preparativos para emergencias. Aspectos que actualmente se están consolidando una vez conocidos los resultados de los estudios de microzonificación y estimación de pérdidas ante futuros terremotos.

Dentro de las medidas de mitigación que se han realizado recientemente o que están en curso se pueden mencionar las siguientes:

- Actualización de la norma sísmica de edificaciones de Bogotá, mediante su aprobación por el Concejo de la ciudad.
- Aporte metodológico para la elaboración de microzonificaciones sismogeotécnicas, estimación de daños y evaluación de vulnerabilidad y diseño de edificaciones indispensables, acogido por la nueva Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 (Ley 400 de 1997).



**Sólo a partir  
de 1984, se podría  
decir que las  
edificaciones  
cuentan con  
algún grado de  
protección en caso  
de terremoto.**

- Instrumentación adicional de la ciudad con acelerómetros tanto en la superficie como en la roca a 200 m de profundidad, con fines de calibración y seguimiento.
  - Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de hospitales y diseño de su rehabilitación y reforzamiento estructural, no-estructural y funcional.
  - Análisis de vulnerabilidad sísmica, diseño y construcción del reforzamiento de los edificios del Centro Administrativo Distrital (sede de la administración local).
  - Evaluación detallada de vulnerabilidad de puntos críticos de líneas vitales y creación de normas para el diseño de las redes de gas a nivel urbano.
  - Fortalecimiento de actividades en educación, capacitación y participación comunitaria.
- Revisión del Sistema Unificado de Manejo de Emergencias SUME, con el fin de mejorar y complementar las medidas de repuesta y preparación para la atención de emergencias sísmicas.

### Vulnerabilidad sísmica de edificaciones

El análisis del potencial de daños se realizó llevando a cabo una identificación del tipo de edificaciones que se han construido en la ciudad desde su fundación. Para el efecto fue necesario hacer una revisión del crecimiento histórico de Bogotá y de la manera como las tecnologías de la construcción se fueron modificando con el pasar del tiempo. Por otra parte y teniendo en cuenta que las tipologías de construcción también cambian de acuerdo con la capacidad económica, fue necesario hacer un análisis de los estratos socioeconómicos y de la información que en relación con las zonas de uso, limitación de altura de las edificaciones y zonas de tratamiento tiene la Secretaría de Planeación de la ciudad. Finalmente, con base en información sistematizada del Catastro Distrital y una amplia verificación en el campo realizada por cuadrillas de evaluadores, se logró desarrollar una base de información que permitiera conocer qué tipo de tipologías de edificaciones son las más comunes en la ciudad y la manera como están distribuidas en cada una de las manzanas, barrios y sectores de la ciudad.

Es importante notar que la clasificación de las edificaciones se definió de acuerdo con las características arquitectónicas y de construcción observadas en el conjunto general de edificaciones de la ciudad. No menos del 85 por ciento de la población se encuentra alojada en edificaciones de uno y dos pisos típicamente de mampostería. Un amplio número de los conjuntos

multifamiliares tienen como límite superior los cinco pisos debido a la reglamentación urbana y a los requerimientos de ascensores en los edificios. Los edificios con estructuras metálicas no se consideran como una tipología adicional, ya que al momento de llevar a cabo este trabajo sólo se habían construido en la ciudad cerca de treinta edificios aporricados en acero.

El levantamiento de la información consistió en identificar en cada una de las manzanas de la ciudad las tipologías de las edificaciones, determinar la cantidad de área construida aproximada de las mismas y sus principales características. Utilizando los planos más recientes de la ciudad, elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:2000, y con la ayuda de una planilla debidamente diseñada para el efecto se identificaron la manzana, el número de la edificación y sus características. Para efectos de determinar la altura de las edificaciones se utilizaron fotografías aéreas laterales similares a las publicadas en el libro *Bogotá desde el aire*,<sup>1</sup> las cuales permitían conocer la altura de las edificaciones por el ángulo en que fueron tomadas, a diferencia de las fotografías aéreas típicas. Igualmente se utilizó información de la Secretaría de Planeación y el Catastro Distrital, y finalmente visitas de los grupos técnicos de verificación que recorrieron la ciudad, realizando inspecciones manzana por manzana en las zonas donde la heterogeneidad de las tipologías así lo ameritaban.

En total se cubrió una área de 405 km<sup>2</sup>, correspondiente a 46.000 manzanas sobre un perímetro de la ciudad del orden de 92 km. El área construida total sumó 317 millones de metros cuadrados, donde las estructuras informales y de mampostería son el 66 por ciento, los pórticos de concreto reforzado hasta de cinco pisos son el 20 por ciento y los pórticos mayores a cinco pisos son el 9 por ciento. En la **figura 5** se presentan algunas tomas aéreas laterales que ilustran la heterogeneidad de la zona centro-oriente de la ciudad y la homogeneidad del sur, el occidente y el nor-occidente, debido al patrón repetitivo de las edificaciones a nivel de la vivienda informal o de los complejos de vivienda multifamiliares de bloques de varios pisos o unifamiliares en urbanizaciones o conjuntos cerrados.

Una vez obtenida la información por manzanas, se llevó a cabo una sectorización de la ciudad por "celdas", las cuales pasaron a ser las unidades de análisis del estudio. Esto con el fin de presentar la información adecuadamente mediante un Sistema de Información Geográfica. En cada celda la aceleración del suelo se consideró constante y se trató de mantener cierta homogeneidad de acuerdo con la distribución de las tipologías estructurales; además, sus perímetros se hicieron coincidir en su mayor parte con límites

físicos existentes tales como vías principales, ríos y parques, como también con los límites de la sectorización de las alcaldías menores de la ciudad.

Con el fin de determinar los diferentes niveles de daño que puede presentar una edificación, se adoptó una metodología ya ampliamente generalizada propuesta en el ATC-13 (*Applied Technology Council*, 1985) basada en Estados de Daño (tabla 1).

Factor de Daño	Rango de Daño %	Factor Central de Daño
Ninguno	0	0
Leve	(0-1)	0.5
Ligero	(1-10)	5
Moderado	(10-30)	20
Fuerte	(30-60)	45
Severo	(60-100)	80
Destrucción	100	100

**Tabla 1.**  
Estados de Daño.

El programa consiste en crear una base de datos a partir de los archivos de las hojas electrónicas, elaborados en la etapa de recolección de información, con el fin de poder llevar a cabo los cálculos con toda la información en conjunto. El programa permite la creación de celdas y familias de celdas con la información de las edificaciones. A manera de tabla, se le introduce la información de las curvas de vulnerabilidad sísmica de cada una de las tipologías y el valor de la amenaza sísmica de entrada se le incorpora de acuerdo con los valores de aceleración espectral estimada para cada celda, según la zonificación sísmogeotécnica y el tipo de terremoto. El programa permite obtener evaluaciones de carácter estadístico sobre el número de habitantes, área construida de tipos de edificación y usos, entre otros, y estimaciones de riesgo sísmico obtenidas de la convolución de la amenaza sísmica y la vulnerabilidad de los elementos expuestos como área dañada, costos de reposición, heridos leves o graves y pérdidas de vida. Este tipo de estimaciones se pueden obtener para cualquier nivel o unidad de información requerida, es decir, para una celda, una familia de celdas (sector) o para un grupo de celdas señalado. El costo de reposición se obtuvo para cada tipología estructural con base en el costo por metro cuadrado de construcción dependiendo del tipo de estrato económico. Dicho valor varió desde 240 hasta 864 dólares promedio por metro cuadrado, para edificaciones en mampostería en estrato bajo y pórticos de concreto reforzado de más de diez pisos en estrato alto, respectivamente.

Las figuras 4 y 5 ilustran el área de construcción dañada considerando los dos escenarios más graves de amenaza sísmica para la

ciudad. De esta información se obtienen las pérdidas económicas directas como un porcentaje del costo de reposición para cada tipología de edificación. Debido a la falta de información local, para efectos de estimar la cantidad de personas que pueden presentar heridas e incluso la muerte, se utilizaron estimativos similares a los propuestos en Estados Unidos, que son en general aceptados para los países occidentales. Estas figuras muestran un mapa de la ciudad con las principales vías para referencia. La mayor parte del área es plana, excepto el oriente y suroriente donde se encuentran los cerros. El aeropuerto se encuentra al occidente y se utiliza como límite a la izquierda del mapa.

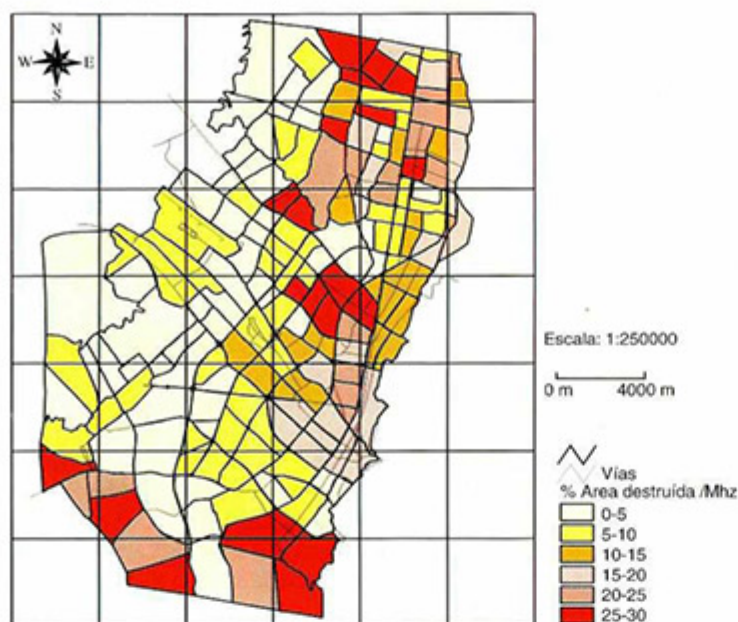
### Escenarios de riesgo sísmico urbano

Del trabajo realizado se puede concluir que aún cuando la amenaza sísmica para Bogotá no corresponde a valores extremos en el país, el riesgo sí lo es debido al alto grado de vulnerabilidad de sus edificaciones, las cuales hasta hace muy pocos años fueron construidas sin tener en cuenta criterios sismorresistentes. Sólo a partir de 1984, año en el cual se aplicó el primer estudio de amenaza sísmica en el país para efectos de expedir por primera vez el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes CCCSR, se podría decir que las edificaciones cuentan con algún grado de protección en caso de terremoto; obviamente siempre que hayan sido construidas en forma correcta. Infortunadamente, con anterioridad a 1984 no se tuvieron requerimientos para soportar sollicitaciones dinámicas y cargas laterales, razón por la cual las edificaciones diseñadas y construidas antes de ese año en su mayoría son altamente vulnerables, como lo han demostrado sismos incluso mucho menores a los de diseño en otras zonas del país.

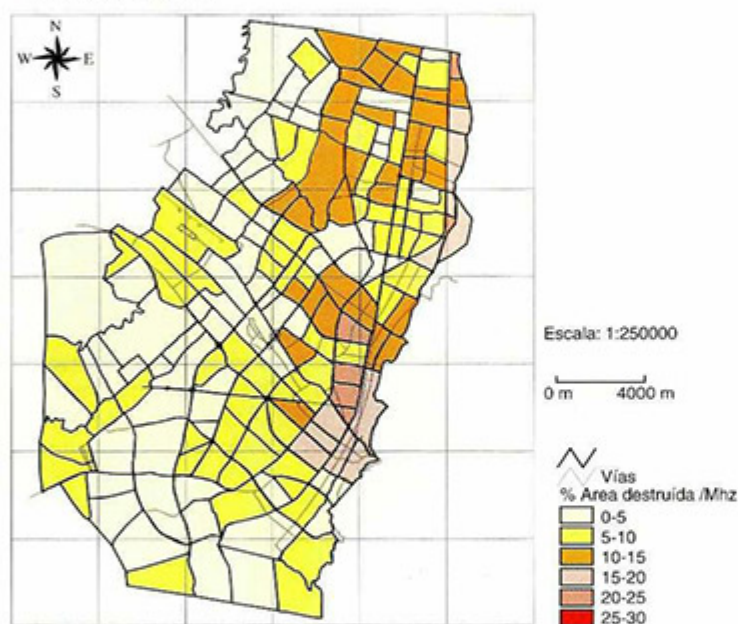
De acuerdo con la información obtenida de las evaluaciones presentadas anteriormente, se puede resumir en algunas cifras el alto riesgo sísmico de Bogotá, entendido como el potencial de consecuencias sociales, ambientales y económicas en caso de terremoto. La tabla 2 presenta las principales cifras del estudio para el inventario de las edificaciones y para cada uno de los escenarios sísmicos hipotéticos considerados.

Por dificultades de acceso e interrupción del tránsito, lo cual impediría el rescate y la atención médica inmediata, se sumarán los heridos muy graves a los valores estimados de muertos obtenidos de la tabla 2. Igualmente, teniendo en cuenta que un estudio de esta naturaleza no puede ser exacto, se aproximarán las cifras obtenidas del cálculo a números globales, que sirven como valores indicativos de la dimensión de la catástrofe.

Ante el escenario hipotético de un sismo lejano que llegará con una aceleración del orden



**Figura 4.** Porcentaje de área construida afectada por un sismo cercano moderado.



**Figura 5.** Porcentaje de área construida afectada por un sismo cercano fuerte.

de 0.03g a nivel del basamento rocoso, se esperaría una amplificación importante de las ondas sísmicas en particular en las zonas de suelos blandos, lo que afectaría posiblemente edificios altos. Algunas partes de la zona norte presentarían la mayor concentración de pérdidas, que se reflejarían en daños no estructurales de cierta consideración en algunas edificaciones y una afectación menor pero general de las edificaciones en toda la ciudad. Se estima que si el sismo ocurre durante el día habría del orden de 300 muertos y 1.600 heridos. Si ocurre en la noche habría 350 muertos y 1900 heridos. Habría daños equivalentes a la destrucción del 4 por ciento del área construida de la ciudad, lo que corres-

ponde a 12.3 millones de metros cuadrados de edificaciones, cuyos costos serían del orden de 5.100 millones de dólares. Se estima que en el área total afectada habría 270.000 habitantes, de los cuales se considera que no menos del 10 por ciento podrían tener problemas de alojamiento, es decir, unas 27.000 personas sin vivienda. En general, los daños o rupturas que se presentarían en las redes serían mínimos o despreciables. Este sismo causaría posiblemente algunas víctimas y un número importante de heridos fundamentalmente por la caída de elementos no estructurales de las edificaciones afectadas, las cuales podrían sufrir algunos incendios por averías en las instalaciones domiciliarias, particularmente de gas propano (GLP). Ante este sismo, posiblemente, la capacidad actual de las empresas de servicios para atender interrupciones sería suficiente para restablecer en forma inmediata su funcionamiento.

En la eventualidad de la ocurrencia de un sismo en la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, que cause una aceleración del orden de 0.12g a nivel del basamento rocoso, el cual se considera podría ser un sismo con un periodo de retorno de cien años, similar a los sismos que afectaron a la ciudad en 1785, 1827 y 1917, se esperaría una fuerte respuesta en la zona oriental de la ciudad cercana a los cerros, lo que afectaría notablemente edificaciones localizadas en las zonas de suelos rocosos y de piedemonte. Este sismo, a diferencia del anterior, causaría graves daños estructurales y no estructurales en edificaciones de diferentes alturas. Se estima que si el sismo ocurre durante el día habría del orden de 1.600 muertos y 9.000 heridos. Si ocurre en la noche habría cerca de 1.400 muertos y 7.700 heridos. Habría daños equivalentes a la destrucción del 6.8 por ciento del área construida de la ciudad, lo que corresponde a 20.6 millones de metros cuadrados de edificaciones, cuyos costos podrían alcanzar los 8.800 millones de dólares. Se estima que en el área afectada habría 435.000 habitantes, de los cuales se estima que no menos del 10 por ciento podrían tener problemas de alojamiento, es decir, del orden de 44.000 personas sin vivienda. Una fuerte respuesta en la zona oriental de la ciudad cercana a los cerros, afectaría notablemente segmentos de la red del acueducto localizados en las zonas de suelos rocosos y de piedemonte. No obstante, en la zona plana habría daños importantes en todos los sistemas de redes. La red del acueducto se estima podría tener en total, en los diferentes tipos de tubería, entre 300 y 350 rupturas, la red de gas natural entre 25 y 30 daños importantes y la red de alta tensión del orden de 4 kilómetros y medio de líneas de cables caídos. Varias subestaciones de energía presentarían daños que contribuirían a interrumpir los servicios. Esto agravado por el

amplio número de víctimas, los posibles incendios por los escapes adicionales de gas propano, significaría una grave crisis para la ciudad y la nación, pues el tiempo de recuperación de los servicios y la atención a la población sería notablemente deficiente, razón por la cual las medidas de reducción de vulnerabilidad y riesgo de los sistemas como la elaboración de planes de contingencia acorde con este escenario son acciones de especial importancia, más si se tiene en cuenta la alta probabilidad de ocurrencia de un evento como éste, que ya ha ocurrido en el pasado en la ciudad.

Finalmente, ante un sismo que se presente en la misma falla que genere aceleraciones del orden de 0.20g, lo cual equivale a un sismo de 475 años de periodo de retorno, considerado

importantes aproximadamente y la red de alta tensión cerca de seis kilómetros y medio de líneas de cables colapsadas. Un amplio número de subestaciones de energía del norte, el sur y el borde oriental, y la mayoría de las centrales telefónicas del norte el centro-oriente y sur de la ciudad presentarían daños importantes para el funcionamiento de los servicios. Sería la mayor crisis factible para la nación debido a la concentración de población, bienes y servicios en la capital y por lo tanto no sólo se debe hacer un esfuerzo notable de las instituciones para identificar recursos financieros y presupuestos cada año para realizar medidas efectivas de reducción de vulnerabilidad y riesgo de los sistemas, sino la elaboración de un plan específico de contingencia para responder de la mejor manera

posible ante este escenario extremo, que no sólo considere la atención a la población inmediatamente y semanas después del evento sino para efectos de rehabilitación y recuperación de la infraestructura afectada.

Es importante señalar que el sismo lejano genera daños notables en los edificios altos localizados en suelos blandos. Estos edificios, en su mayoría, pertenecen a los estratos socio económicos más altos, razón por la cual se explica que

los costos de los daños para ese escenario lleguen a ser cerca de un tercio de los costos del escenario de terremoto cercano fuerte. Tal como se mencionó con anterioridad, estas cifras no son exactas y solamente permiten dimensionar en órdenes de magnitud la problemática que para Bogotá y Colombia habría en la eventualidad de la ocurrencia de cualquiera de los escenarios hipotéticos propuestos, que obviamente tienen una probabilidad de ocurrencia según la información disponible y las evidencias existentes en la actualidad. Por esta razón, es fundamental incorporar este tipo de evaluaciones a los programas de ordenamiento urbano y definir procedimientos y protocolos de respuesta institucional, áreas de alojamiento temporal y ejercicios de simulación de eventos hipotéticos.


## Conclusión

Tres escenarios de pérdidas fueron considerados, teniendo en cuenta un sismo lejano que bien podría ocurrir en la zona de subducción del Pacífico y dos sismos cercanos de intensidad moderada y fuerte ubicados en una de las fuentes sísmicas cercanas a la ciudad. Estas estimaciones, obtenidas de la convolución de funciones analíticas de vulnerabilidad y de los resultados de la microzonificación sísmica, han sido dadas a conocer a la

ESCENARIO SÍSMICO HIPOTÉTICO	EN EL DÍA		EN LA NOCHE		SIN VIVIENDA (10% de afectados Habitantes)	ÁREA DESTRUIDA (Millones m <sup>2</sup> )	COSTO (US \$Millones)
	Muertos	Heridos	Muertos	Heridos			
SISMO CERCANO FUERTE (0.20 g)	3500	20000	4500	26000	74000	33.8	14000
SISMO CERCANO MODERADO (0.12 g)	1600	9000	1400	7700	44000	20.6	8800
SISMO LEJANO (0.03 g)	300	1600	350	1900	27000	12.3	5100

**Tabla 2.** Resultados de pérdidas totales - Escenarios sísmicos.

como el sismo de diseño para el cual se deben fabricar las estructuras de las edificaciones que se construyen en la ciudad, se tendría el escenario de pérdidas más notable de los considerados en este estudio. Las pérdidas de nuevo se presentarían de manera intensa en las cercanías de los cerros orientales, pero habría una participación elevada de otros sectores al norte y al sur. Este sismo causaría graves daños estructurales y no estructurales en todos los tipos de edificaciones. Habría colapsos totales de estructuras en diferentes sitios de la ciudad, con menor incidencia en la zona occidental donde los daños en general serían menores. Se estima que si el sismo ocurre durante el día habría del orden de 3.500 muertos y 20.000 heridos. Si ocurre en la noche habría 4.500 muertos y 26.000 heridos. Habría daños equivalentes a la destrucción del 10.9 por ciento del área construida de la ciudad, lo que corresponde a 33.8 millones de metros cuadrados de edificaciones, cuyos costos serían de 14.000 millones de dólares. Se estima que en el área afectada habría 738.000 habitantes, de los cuales se estima que no menos del 10 por ciento podrían tener problemas de alojamiento, es decir, del orden de 74.000 personas sin vivienda. La red del acueducto se estima podría tener entre 450 y 500 rompimientos, la red de gas natural sesenta daños



Presidencia de la República, la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se están utilizando por el Comité Distrital para la Prevención y Atención de Desastres de Santa Fe de Bogotá para actualizar sus planes de emergencia y para promover nuevos programas de educación e información pública. Los resultados de la microzonificación sísmica se han convertido en nueva información, fundamental para la planificación urbana, dado que con base en los mismos se encuentra en proceso la reglamentación de los requisitos y exigencias de la norma sísmica de la ciudad. Igualmente, con base en estos estudios, la administración distrital ha venido identificando recursos presupuestales para el reforzamiento o rehabilitación sismorresistente de

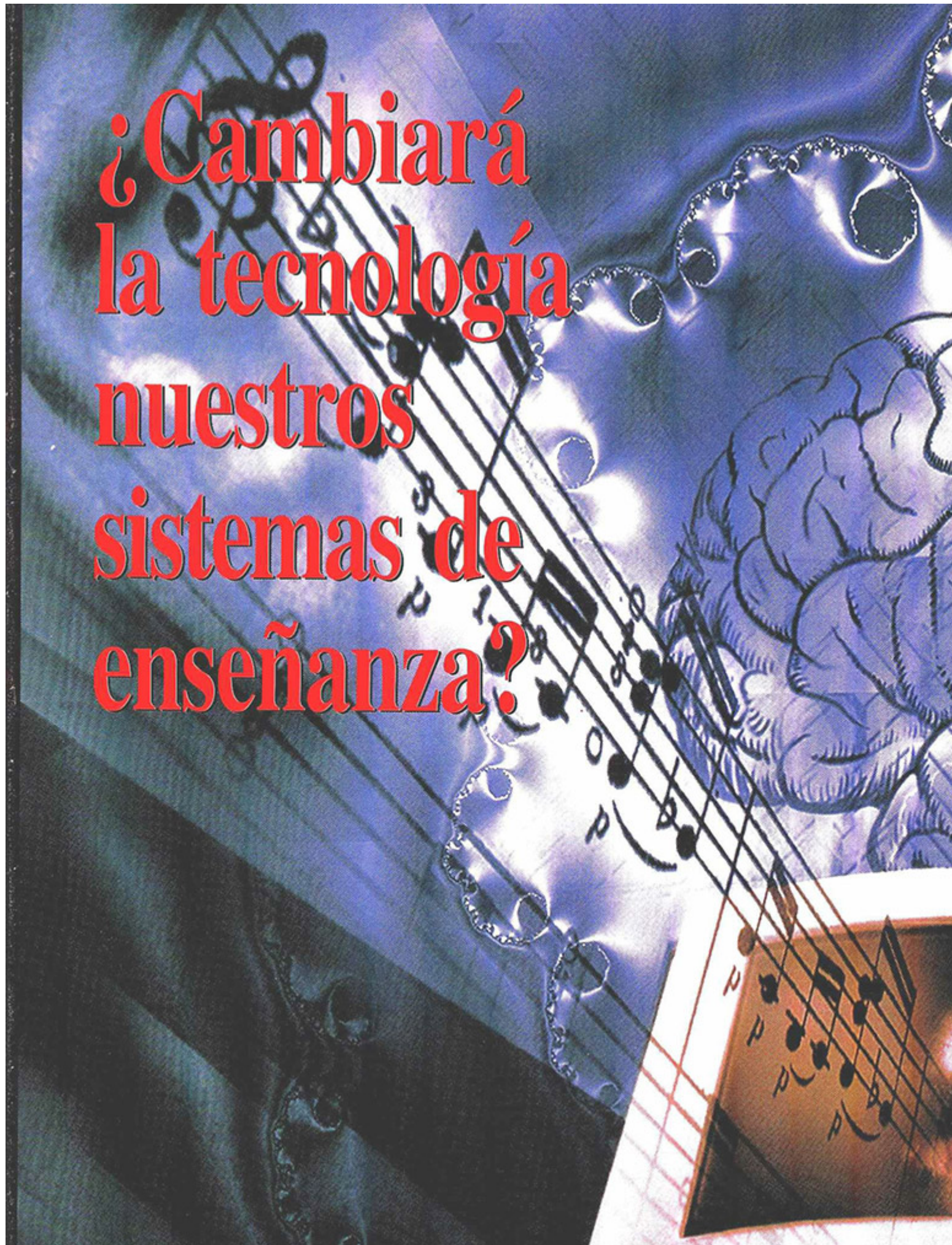
edificaciones existentes consideradas como claves, tales como el Centro Administrativo Distrital y los hospitales de tercer nivel de complejidad. Por su parte, las empresas de servicios públicos están identificando los sitios críticos más vulnerables de las líneas vitales con fines de intervención. En resumen, este proyecto es un ejemplo de un estudio técnico en un país en desarrollo realizado sin la necesidad de contar con enormes recursos financieros, como usualmente se piensa, donde se ha demostrado que la voluntad política y la concertación interinstitucional son la base para conseguir resultados efectivos.



## Referencias

- Algermissen, S. T., and Steinbrugge:** *Hazard and Risk Assessment: Some Case Studies, The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 9:30, 1984.
- Applied Technology Council:** *Earthquake Damage Evaluation Data for California*, ATC-13, (FEMA), Redwood City, CA, 1985.
- Applied Technology Council:** *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*, ATC-21, (FEMA Report 154) Redwood City, CA, 1988.
- Applied Technology Council:** *Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States*, ATC-25, (FEMA), Redwood City, CA, 1991.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS):** *Norma AIS 100-95*, Bogotá, 1995.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), Universidad de los Andes, Ingeominas:** *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia*, Bogotá, 1996.
- Cardona O.D.:** *Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Centros Urbanos*, VII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sísmo-Resistente - IX Jornadas Estructurales, SCIAISM/OPT, Bogotá, 1991.
- Cardona O.D., Meyer H.:** *Integrated Urban Seismic Risk Mitigation Project - Its Coordination and Management in Cali, Colombia*, Fourth International Conference on Seismic Zonation, EERI, San Francisco, 1991.
- Cardona O.D.:** *Enfoque Metodológico para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, Boletín No. 33, Diciembre 1986; II Conferencia Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, Medellín Agosto, 1988, II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano, Vol. I, EAFIT, Pereira, 1992.
- Cardona O.D.:** *Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Líneas Vitales*, Seminario Internacional Prevención y Reducción de Riesgos en Sistemas de Acueducto y Alcantarillado, Cali, Colombia, 1993.
- Cardona O.D.:** *Estudio de Vulnerabilidad y Rehabilitación Sísmica del Hospital Kennedy*, DNPAD, MINSALUD, FNC, OPS, ECHO-3, Bogotá, 1996.
- Centre for Advanced Engineering:** *Lifelines in Earthquakes*, Wellington Case Study-Project Report, University of Canterbury, New Zealand, 1990.
- CERESIS.** *Evaluación de los Efectos Económicos de los Terremotos en América del Sur - ECOSIS*, Vol 13, 13A.
- FEMA 1989.** *Estimating Losses From Future Earthquakes*, Panel Report and Technical Background, Series 51, FEMA 177I, 1989.
- Fournier d'Albe E.M.:** *The Quantification of Seismic Hazard for the Purposes of Risk Assessment*, International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje, 1985.
- Grases, J.:** *Requerimientos Normativos para la reducción del riesgo sísmico en los sistemas de gas domiciliario. Informe de la Tercera Fase.*, DNPAD, Bogotá, 1995.
- Horney T.:** *Bogotá desde el Aire*, Villegas Editores, Bogotá, 1994.
- Idriss I, Sun, J.:** *SHAKE91*, 1992.
- INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes:** *Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá*, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, 1996.
- Milutinovic, Z., Petrovski J.:** *Earthquake Damage Prediction - Modeling and Assessment*, IZIS, Skopje, 1985.
- Ordaz, M. et al.:** *Bases de Datos para la Estimación de Riesgo Sísmico en la Ciudad de México*, Cuadernos de Investigación No. 1, CENAPRED, México D.F., 1994.
- Petrovski, J., Milutinovi Z.:** *Modelo para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico*, Seminario Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades, Bogotá, 1990.
- Sauter, Shah,** 78a 78b pág. 322, ATC-13, 1978.
- Sarria, A.:** *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Subestaciones Circo, Noroeste, Salitre, Carrera 5A, Suba y Dario Valencia*, CIFI Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1996.
- Scholl, R.E. et al.:** *Seismic Damage Assessment for High-Rise Buildings*, URS/Blume Engineers Report URS/JAB 8020, URS/John A. Blume & Associates, San Francisco, California, 300 pp., 1982.
- Spence R.J.S.:** *Seismic Risk Modelling - A review of Methods*, contribution to Velso - il New Planning, University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge, 1990.
- Steinbrugge, K.V.:** *Earthquakes, Volcanos and Tsunamis: An Anatomy of Hazard*, 1982.
- Trifunac, M.D. and Brady, A.G.:** *On the Correlation of Seismic Intensity Scales with the Peaks of Recorded Strong Ground Motion*, Bull. Seism. Soc Am. 65, 1975.
- Whitman R., Reed J.W., and Hong, S.T.:** *Earthquake Damage Probability Matrices. Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering*, El Cerrito, Calif. : EERI, 1973.
- Yamin, L.E., Ojeda, A.:** *Evaluación de los Efectos de Sitio en Bogotá: Periodos Dominantes y Amplificaciones Relativas a partir de Registros Sísmicos y Microtrepidaciones*, Seminario sobre Microzonificación Sísmogeotécnica y Vulnerabilidad de Ciudades, Uniandes, y Jornadas Geotécnicas, SCI, Bogotá, 1995.

**¿Cambiará  
la tecnología  
nuestros  
sistemas de  
enseñanza?**





Francisco Rueda

Profesor titular,

Departamento de Ingeniería de Sistemas,

Universidad de Los Andes,

Santa Fe de Bogotá, Colombia.

e-mail: frueda@uniandes.edu.co

**P**or muchos años nuestros sistemas de enseñanza, especialmente en la educación superior, han permanecido intactos. Es muy conocida la afirmación de Papert según la cual si un médico del siglo pasado pudiera conocer los adelantos que existen hoy en día en su campo se sorprendería inmensamente, mientras que si un profesor de esa misma época pudiera asistir a una sesión de clase actual no encontraría ninguna novedad. Hoy en día tenemos a nuestra disposición una gran cantidad de facilidades tecnológicas como los multimedios, la realidad virtual, la inteligencia artificial e Internet, pero, ¿será que no nos hemos dado cuenta de las enormes posibilidades que ellas nos ofrecen en la educación? o más bien que el espíritu conservador de los profesores y de las instituciones, siempre celosos de la excelencia académica, ha impedido que estas herramientas puedan ser utilizadas como instrumentos pedagógicos. Es muy probable que esta tendencia cambie en el futuro, como ya lo están haciendo algunas personas e instituciones pioneras. Entonces, quizás la verdadera pregunta, como lo sugería un autor, no es si la educación superior será cambiada, sino cómo y por quién.



Hay algunos elementos en el panorama de la educación superior que nos hacen pensar que la opción tecnológica puede ser interesante: la educación es ahora durante toda la vida, internet puede transformar profundamente al sector educativo; así mismo, la posibilidad de que existan formas alternas de certificar la idoneidad de un profesional y aspectos como el factor económico y la importancia que adquiere la informática cada día.

### **La educación es ahora durante toda la vida**

Si se analizan las tendencias de nuestra época se puede ver claramente la necesidad de que las personas reciban formación durante toda la vida. Basta con mirar la enorme popularidad de los cursos formales de posgrado (especialización y maestría) e informales (educación continuada, diplomados, etc.), o el porcentaje cada vez mayor de estudiantes mayores de veinticinco años que acuden a centros universitarios en busca de algún tipo de instrucción (se estima que en 1998, en Estados Unidos, cinco de cada once estudiantes en los centros de educación superior tenían más de veinticinco años). Si eso es así, va a ocurrir un fenómeno que quizás no todas las instituciones han advertido: la mayoría de las actividades educativas van a realizarse después del pregrado transformando profundamente la estructura de éste y haciendo que pierda importancia, al

menos cuantitativamente (en número de estudiantes), con respecto a la educación de adultos (entendiendo por ésta aquella formación que reciben las personas después de los estudios de pregrado). Lo anterior va a inducir una gran demanda de servicios educativos que las instituciones actuales difícilmente podrán satisfacer. Además, ya no será necesario atiborrar al estudiante de pregrado de conocimientos "por si acaso los necesita" (*just in case*). Se impone más bien una excelente formación básica en el pregrado y una formación especializada cuando se necesite (*just in time*).

Pero hay algo más, los estudiantes que trabajan tienen muchas obligaciones y agendas muy apretadas, por lo tanto, requerirán una gran flexibilidad con respecto a la forma en que se imparta la instrucción. Tal vez no sea necesario que se desplacen a un sitio específico y a una hora determinada, para recibirla. Es aquí en donde la instrucción basada en internet, que permite a las personas participar de este tipo de actividades, desde su casa u oficina y a cualquier hora, puede llegar a ser una alternativa interesante. Además, los alumnos tendrían

la posibilidad de tomar cursos en cualquier parte del mundo, como lo hacen hoy en día muchas personas en Colombia. La afirmación según la cual la tecnología permite ahora obtener "cualquier cosa, en cualquier momento y en cualquier lugar" cobra entonces plena vigencia.

Podría ocurrir, además, que la instrucción sea suministrada por la empresa, o por alguien contratado por ésta y no por los centros educativos tradicionales, como lo veremos más adelante.

### Internet puede transformar profundamente al sector educativo

Según algunos en la próxima década, la nueva economía de la información impulsada por internet precipitará profundos cambios en la estructura de las industrias y en las formas de competición entre compañías. No es difícil imaginar que sectores como los periódicos, las industrias editorial y discográfica, las agencias de viajes y las bolsas de valores tendrán grandes transformaciones. Pero éstas llegarán también al sector educativo.

Según algunos hay dos aspectos de la economía de la información que inducen grandes cambios en las estrategias de competición: la posibilidad de alcanzar al mismo tiempo riqueza en la comunicación y una gran audiencia (*richness and reach*) y la descomposición de la cadena de valor.

Tradicionalmente ha sido necesario tener un compromiso entre la calidad de la comunicación y el número de personas a las cuales se llega. Si analizamos el caso del mercadeo personalizado realizado con entrevistas, entre otras estrategias, se observan límites en cuanto al número de clientes con los cuales se establece comunicación, pero si queremos llegar a una gran audiencia a través de medios como la televisión, debemos contentarnos con una interacción muy impersonal. Los autores postulan que en la nueva economía de la información es posible tener simultáneamente riqueza en la comunicación y una gran audiencia. De ser así, esto tendría una gran influencia en la forma de hacer negocios. ¿Y qué sucedería en la educación? Si la hipótesis anterior es cierta será posible tener una interacción de mejor calidad

con un número mayor de estudiantes, lo que dará como resultado sistemas educativos más eficientes y además se mejoraría la comunicación entre los estudiantes y entre éstos y el profesor.

El segundo aspecto que mencionan es el rompimiento de la cadena de valor en las empresas. Como ejemplo ilustrativo observamos que actualmente los periódicos tienen una cadena de valor en la cual se incluyen actividades como adquisición de información a través de las agencias de noticias, producción de columnas editoriales, administración de avisos limitados e investigaciones a través de unidades especializadas, además de la edición, impresión y distribución. Una vez que se cumple con las diferentes etapas se le entrega el producto final al consumidor. Conociendo los avances de la tecnología actual no es difícil ver cómo cada una de esas actividades puede convertirse en una actividad independiente con sus propios nichos de mercado. Por ejemplo, es posible que el consumidor contrate directamente información a través de las agencias de noticias por internet, o que un columnista muy popular comercialice sus escritos directamente con los lectores, o que los avisos limitados se constituyan en un negocio independiente. Si eso es así, ¿en qué consistirá el negocio de los periódicos en el futuro?

**La tecnología permite ahora obtener "cualquier cosa, en cualquier momento y en cualquier lugar".**

Pero no solamente en las empresas ocurriría el fenómeno antes mencionado. En el caso de las instituciones educativas podría ocurrir lo mismo. Si bien el concepto de cadena de valor en la educación puede sonar extraño, y aun ofensivo para algunos, la idea básica se conserva intacta: las diferentes actividades que realiza la institución (las inscripciones, la organización de las carreras, la consejería a los estudiantes, las clases, las evaluaciones, la asesoría de proyectos de grado, la certificación de los egresados, etc.) pueden ser efectuadas por otras instituciones o personas con sus nichos de mercado propios. Encontraremos entonces cursos por internet "ensamblados" por los estudiantes para producir programas "a la carta", o instituciones que ofrecen asesoría en la realización de proyectos, o que pueden certificar a los estudiantes, o hacer evaluaciones, etc.

Esta idea es concordante con las nuevas tendencias de la educación: la formación per-

manente y flexible, la educación *just in time* y la existencia de nuevas alternativas para certificar la idoneidad de los profesionales. Además pondría en grandes aprietos a los centros educativos pues los enfrentaría a la competencia internacional.

### ¿Pueden existir formas alternas de certificar la idoneidad de un profesional?

De hecho existen otros mecanismos distintos de la universidad para certificar la idoneidad de un profesional, a nivel de pregrado o posgrado, por lo tanto, quizás conviene reevaluar la idea de que la universidad sea el único ente certificador, o al menos de que para hacerlo sea necesario que el estudiante haya cursado estudios en ella. Además, algunos han sugerido que se le dé más importancia a la acreditación de los estudiantes que a la de las instituciones, como ocurre en nuestro país, en donde se vigila celosamente la calidad, casi siempre entendida como disponibilidad de recursos de las instituciones, y poco a la de sus egresados.

Algunas empresas están empezando a crear programas académicos más acordes con sus necesidades que los actuales. Además, como vimos, la formación permanente es una necesidad competitiva para el profesional del futuro. En esas circunstancias, ésta podría llegar a ser más importante (al menos si la medimos por el tiempo que la persona le dedica) que la formación de pregrado lo cual contribuiría a erosionar el papel certificador de las instituciones que ofrecen este tipo de programas. Si el proceso de certificación se realiza en forma independiente, la implantación de programas académicos de posgrado "a la carta" (virtuales) se facilitaría pues el estudiante tendría una mayor flexibilidad para elegir entre todas las materias que existan a su disposición, en internet o presencialmente, sin tener que preocuparse tanto por la "acreditación" que le pueda suministrar el centro educativo.

La "educación a la carta" podría aplicarse también al pregrado. Para ello sólo bastaría con que organismos diferentes a los centros

de educación superior realicen la certificación, como las asociaciones profesionales, o que la hagan aquellos, pero sin que esté ligada necesariamente a que el estudiante haya tomado los cursos en ellos. En este caso lo importante para un estudiante serían los resultados obtenidos y no cómo los obtuvo (en la universidad tradicional, en una institución virtual o de cualquier otra manera).

Una experiencia interesante al respecto es el establecimiento de un programa denominado "Base para la calificación nacional" NQF (*National Qualification Framework*), realizado por países como Nueva Zelanda, Australia y el Reino Unido. Éste consiste en que las áreas de conocimiento se dividen por módulos y al final de cada uno, las autoridades certificadas para hacer pruebas realizan evaluaciones objetivas de la adquisición del conocimiento por parte del estudiante.

Otra idea interesante es la propuesta de

Corea de establecer un banco de crédito educativo, en donde los estudiantes pueden acumular créditos de diferentes proveedores de servicios educativos para aplicarlos a la obtención de grados o certificados. De esta manera, los estudiantes pueden mezclar créditos obtenidos de proveedores de educación públicos y privados, de tipo teórico y práctico. Ésto puede permitir un cierto grado de flexibilidad para que los estudiantes elijan su camino.

Con respecto a los procesos de acreditación en nuestro país, todos (aun el mismo Estado) somos conscientes de sus debilidades. Esto ha llevado a que muchas instituciones hayan sido "certificadas" a pesar de sus evidentes limita-

ciones, lo cual a su vez ha conducido a que los egresados de esos centros educativos tengan serios problemas para incorporarse al ambiente laboral. Este aspecto también nos lleva a pensar que quizás no sea una mala idea replantear la forma en que se realizan los procesos de acreditación.

Por estas razones, se requieren procesos de certificación no sólo para los estudios formales de pregrado sino para los realizados después de éste, durante toda la vida. Sin embargo, es necesaria una gran imaginación para plantear

**Las universidades que tienen programas de educación a distancia muestran cifras de eficiencia y efectividad muy sorprendentes.**

formas prácticas y eficientes de realizar este proceso. Una de las alternativas que se emplea actualmente para este propósito es el uso de internet.

Pero, ¿qué papel deben jugar los centros educativos en ese escenario? ¿Dedicarse también a la educación continuada?, ¿especializarse en el pregrado?, ¿certificar?, ¿hacer evaluaciones? La pregunta anterior es compleja, pero, independientemente de cuál sea su respuesta, tal vez valga la pena arriesgar la afirmación de que, como señalaba un autor, si la universidad no se transforma podría llegar a ser irrelevante.

### El factor económico

En nuestro país y en el exterior las universidades tienen que rendir, cada vez más, cuentas por el costo de la educación, ya sea en instituciones públicas o privadas. Quizás algo que ha contribuido a ello es el aumento permanente del costo de los servicios educativos. En Estados Unidos, por ejemplo, se ha visto que el número de estudiantes en *colleges* y universidades ha aumentado en un 24 por ciento mientras los costos de la educación lo han hecho en un 72 por ciento. Además, el costo promedio anual de un estudiante de educación superior ha aumentado de cinco mil a once mil dólares.

Lo anterior ha generado una gran presión para que los centros educativos disminuyan sus costos o al menos para que los controlen, fenómeno al que no ha sido ajeno nuestro país. Por ello se han escuchado protestas en los sectores académicos, pero también ha ayudado a sensibilizar a las

instituciones sobre la necesidad de buscar la eficiencia en los procesos educativos.

En medio de esta situación encontramos que las universidades que tienen programas de educación a distancia muestran cifras de eficiencia y efectividad muy sorprendentes. En estudios realizados en Gran Bretaña se observó que el costo de un estudiante para la Universidad Abierta, una de las instituciones de más trayectoria y prestigio en esta área, era en promedio un 50 por ciento más bajo que el costo para una universidad tradicional, y que la calidad de la instrucción impartida era similar, y en algunos casos mayor.

Otro aspecto que vale la pena mencionar es el enorme costo en que están incurriendo irremediablemente las empresas para capacitar a sus empleados, debido a otros gastos asociados como desplazamientos entre ciudades.

Lo anterior nos hace pensar que quizás la instrucción basada en internet puede jugar un papel importante para disminuir esos costos. Además, hay quienes opinan que la empresa privada, acostumbrada para su supervivencia a manejar criterios de eficiencia, podría asumir el papel que hoy juegan las instituciones educativas, al menos en lo que tiene que ver con ciertos tipos de instrucción (la educación para adultos que mencionábamos más arriba es una candidata ideal para ser asumida por la empresa privada).



Por otra parte, existe una competencia creciente entre las instituciones tradicionales para captar estudiantes en los diferentes niveles: pregrado, posgrado y educación continuada. Pero, también hay numerosos programas virtuales que están compitiendo con los tradicionales, aun en Colombia.

Ocurre además que algunas instituciones de otros sectores están empezando a ofrecer servicios educativos. Como el caso de Disney que ha incursionado recientemente en la actividad de *edutainment*, que es una mezcla entre educación y entretenimiento, además otras organizaciones ofrecen a las empresas cursos específicos de capacitación para sus empleados.

Estas razones nos hace prever que en el futuro el sector educativo tendrá grandes transformaciones propulsado, entre otras, por la globalización de las economías y la consecuente búsqueda de eficiencia en las actividades de las empresas, que afectará también a las instituciones educativas como lo ha hecho con otros sectores como las comunicaciones y la salud.

### La importancia de la informática en el hogar

La informática en el hogar tiene un papel cada vez más preponderante en el mundo actual, lo cual se evidencia mirando hacia dónde están dirigiendo sus esfuerzos las grandes compañías como Microsoft con *Windows* o Consumer Electronics con la fabricación de discos compactos para el entretenimiento y la educación, en alianza con otros gigantes de las comunicaciones y el entretenimiento, constatando que desde hace algún tiempo se venden más computadores para los hogares que para las empresas o siguiéndole la pista a los últimos desarrollos de la denominada electrónica de consumo que está ligada cada vez más a la informática.

La irrupción de la informática en los hogares tiene y va a tener cada vez más un mayor impacto por sus efectos sobre la educación y el entretenimiento. Hoy en día disponemos de una gran cantidad de software educativo y de entretenimiento, especialmente en el mundo infantil, alguno de muy buena calidad, hasta el punto que tal vez no sea arriesgado afirmar que

parte de la instrucción de nuestros hijos la está asumiendo hoy en día la informática.

Es previsible que en el futuro la variedad y cantidad de este tipo de software aumente substancialmente, especialmente si tenemos en cuenta la gran difusión de internet. En este contexto, la idea de la educación virtual suena coherente.

### La situación actual

Se estima que un 55 por ciento de los *colleges* y las universidades norteamericanas tienen programas de educación virtual. Sin embargo, aún prevalece la educación tradicional, pues hay aproximadamente un millón de estudiantes en programas virtuales, mientras 13 millones está inscrito en programas tradicionales.

Algunas de las universidades más conocidas por tener programas a distancia son Duke, Maine, Phoenix, Michigan State, Carnegie Mellon, Colorado State, Indiana, California State, Indiana, Maryland, Washington State, en Estados Unidos, Universidad Abierta, en Gran Bretaña, Universidad de Cataluña, en España, y el Instituto Tecnológico de Monterrey, en México.

Además se sabe que hay una gran cantidad de programas de educación continuada disponibles por internet.

A nivel colombiano ya hay iniciativas relacionadas con la educación virtual. Algunas universidades tienen desde hace un tiempo programas de educación a distancia a los que han incorporado el uso de internet, otras están asociadas con

universidades del extranjero para ofrecer programas a distancia o están iniciando programas formales a distancia con el uso intensivo del internet, pero todas están hablando de la educación virtual y tratando de ubicarse en ese nuevo paradigma. Además ya hay empresas que ofrecen cursos de capacitación a las empresas y personas a través de internet.

### Otros aspectos

El uso de las tecnologías como internet para soportar los procesos educativos siempre pone nerviosos a los académicos y a muchas personas. Entre las inquietudes que surgen

**El programa virtual brinda una alternativa a quien de otra manera no tendría ninguna.**

---

---

más a menudo están la de la calidad de la instrucción que se puede impartir y la de cómo realizar los procesos de evaluación.

Con respecto a la primera inquietud se podrían hacer algunos comentarios. En muchos casos los programas virtuales son la única alternativa que tienen ciertas personas que no pueden desplazarse a otros sitios para participar en programas presenciales. En estos casos el programa virtual brinda una alternativa a quien de otra manera no tendría ninguna. Por ejemplo, ¿cómo podría una persona en una ciudad intermedia en Colombia tener acceso a un programa de maestría en administración de empresas, si no es por medio de un programa virtual?

Con respecto a las diferencias en la calidad entre un programa presencial y uno virtual no existen, que conozca el autor, estudios concluyentes. En algunas universidades se han hecho estudios, que si bien no parecen ser muy representativos, muestran que la calidad de la instrucción virtual puede llegar a ser tan buena como la instrucción tradicional. Sin embargo hay demasiadas variables para tener en cuenta como el perfil de los estudiantes, lo que se desea enseñar, el cuidado que se ponga en el diseño del curso, etc, indispensables para sacar conclusiones generales. Lo que sí se sabe es que algunas instituciones han sido exitosas en sus programas o cursos virtuales, y que muchos profesores de programas presenciales han empezado a experimentar, con buenos resultados, el uso de internet en sus cursos.

Vale la pena también recordar que en el área de educación continuada, que tendrá una demanda creciente en el futuro y cuyos requisitos pedagógicos no son tan exigentes, hay grandes posibilidades de que los cursos virtuales puedan tener estándares de calidad similar, y aun superior, que los actuales.

Con respecto a cómo hacer evaluaciones a los estudiantes de un curso virtual, es necesario hacer algunas aclaraciones. Por un lado es importante destacar las facilidades que brinda internet para que el estudiante evalúe permanentemente sus conocimientos. Es importante recordar que evaluar no significa necesariamente poner notas y qué si lo que deseamos es tener una educación centrada en el estudiante, es necesario fomentar este tipo de actividades. Con relación a las pruebas encaminadas a "certificar" que un estudiante posee los conocimientos adecuados del tema (las que tienen notas), se podría pensar en que los programas virtuales tengan mecanismos similares a los empleados actualmente en algunos exámenes de calificación para ingresar a las universida-

des extranjeras que se presentan por internet pero en sitios predeterminados, en donde hay una verificación previa de la identidad de la persona.

Como una reflexión final, se dice que los sistemas de instrucción basada en internet pueden conducir a deshumanizar los ambientes educativos pues se pierde la comunicación entre las personas. A esta afirmación podrían hacerse dos comentarios. Por un lado, que los ambientes creados para ello son muy similares a los que ya existen y van a existir crecientemente en el medio laboral, por lo que es difícil que el medio educativo se substraiga a ellos, por otro, que justamente es nuestra responsabilidad que este tipo de sistemas no sean deshumanizantes. Por eso es tan importante entender las características de internet como medio educativo. La situación ideal sería una en la que cada actividad se planee de la forma más útil e idónea para el aprendizaje. Además, es difícil pensar que la comunicación humana no tenga cabida para este propósito.



### Lecturas recomendadas

*Davis, S.: Slicing the learning pie. Educom Review, 1996.*

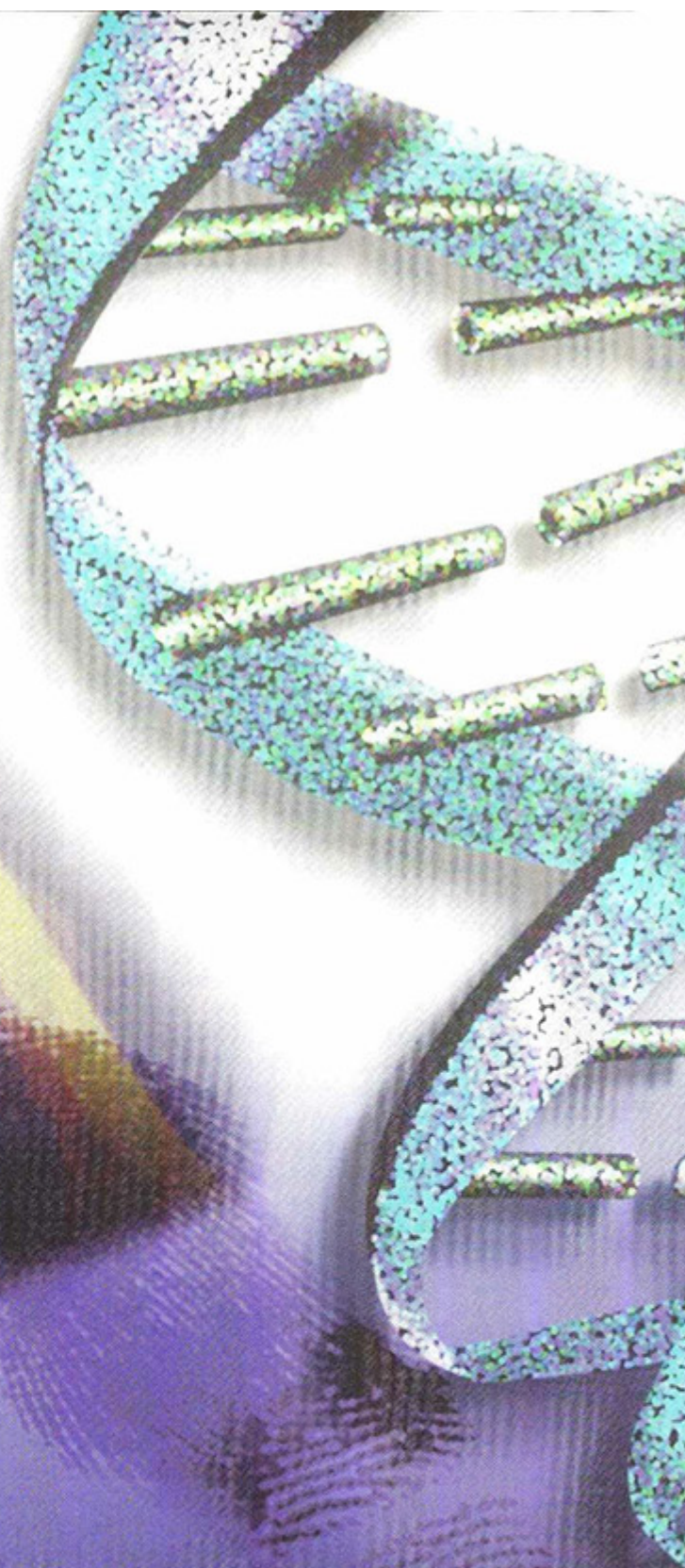
*Duderstadt J. J.: Can Colleges and Universities Survive in the Information Age?. Dancing with the devil. A publication of Educuse, 1999.*

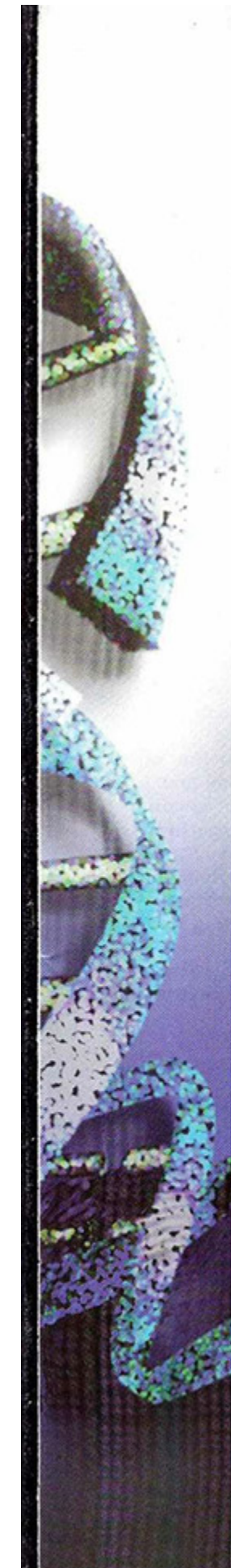
*Evans, P. B.; Wurster T. S.: Strategy and the new economics of information. Harvard Bussines Review, Septiembre-Octubre 1997.*

*Gubernick, L ; Ebellling, A.: I got my degree through e-mail. <http://www.forbes.com/forbes/97/0696/5912084a.htm>*

*Knight, P. T.: The Half-Life knowledge and structural reform of the education sector for the global knowledge based economy. Foro Education in the information age. Inter American Development Bank and Globalk Information Infrastructure, Universidad de Los Andes, Cartagena, 9-11 Julio. 1997.*

Huellas de  
**ADN**  
en la escena  
del crimen





**Manuel Paredes L.**  
Médico Genetista Forense,  
Coordinador Laboratorio de ADN,  
Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias  
Forenses.  
Santa Fe de Bogotá, Colombia.  
e mail: ldde7000@inter.net.co

**A** lo largo de la historia evolutiva nuestro material genético a acumulado una gran cantidad de variación gracias a mecanismos tales como la mutación o la recombinación. Muchas formas variantes de un gen lograron permanecer en el tiempo y coexistir al lado de otras constituyendo así polimorfismos genéticos. La frecuencia de estas variantes alélicas en las comunidades humanas es un indicativo de la dinámica poblacional y su estudio permite caracterizar la estructura genética de un grupo humano para reconstruir su historia.

Es tal el nivel de variabilidad contenida en el genoma de una persona que a pesar de compartir muchas secuencias de ADN con cualquier otro individuo de su especie, se calcula que existen millones de diferencias en la secuencia del ADN completo entre dos humanos no emparentados. De esta manera, no hay dos individuos iguales en el planeta. Es posible entonces, en el contexto de una investigación judicial, identificar el origen de un vestigio biológico recuperado de una escena de delito si se logran reconocer las mismas variantes de ADN entre el elemento biológico de prueba y el individuo sospechoso del crimen, de ser así, hay realmente un probabilidad muy alta de que la muestra indubitada se haya originado en esa persona.

De hecho, en la práctica forense diaria no es posible estudiar todas las variantes genéticas que caracterizan a un individuo, así que nos concentramos en el análisis de algunas secuencias de ADN de alto polimorfismo, también llamadas "regiones hipervariables del genoma".

Es innegable que el proyecto del mapeo del genoma humano ha aportado un gran cuerpo de información útil para los intereses de los genetistas forenses entre otros. Hasta el momento, no sólo han sido localizados y secuenciados cientos de regiones del ADN de muy alto polimorfismo sino que además se conocen las frecuencias alélicas en muchas poblaciones, que en la actualidad se utilizan de rutina en los análisis forenses.

Aunque desde hace mucho tiempo los científicos han estudiado polimorfismos de proteínas para investigar la filiación, no se había logrado alcanzar un nivel de certeza tan alto como cuando se incorporó al laboratorio forense el análisis de polimorfismos de ADN. Quizás las primeras aplicaciones al campo de la identificación de personas fueron propuestas en 1987 por Alec Jeffreys, un profesor británico de la Universidad de Leicester, quien utilizó sondas de ADN capaces de reconocer secuencias genómicas conocidas como "minisatélites", donde el ADN se organizaba en forma de repeticiones en tándem de nucleótidos; es decir, una misma palabra de ADN de 30 ó 40 letras se repetía una a continuación de la otra, un número determinado de veces.<sup>1</sup> A este tipo de secuencias se les llamó más tarde "número variable de repeticiones en tándem" VNTRs (*Variable Number of Tandem Repeats*).

Este número variable de repeticiones en tándem representa una forma de polimorfismo donde las variantes alélicas de un gen constituyen números variables de repeticiones en serie. En otras palabras, un alelo puede tener por ejemplo cuatro y el otro seis repeticiones de la misma secuencia de ADN en un *locus* determinado. La diferencia en el número de repeticiones entre los alelos hace posible detectar fragmentos de ADN de distinta longitud en el mismo individuo (Condición heterocigótica).

El nivel de polimorfismo es muy alto en los minisatélites. En una población de tamaño considerable pueden encontrarse treinta o más formas alélicas diferentes para un solo minisatélite. Con este número, pueden generarse teóricamente 465 combinaciones pareadas distintas, es decir, igual cantidad de personas diferentes.

Jeffreys obtuvo un perfil de ADN donde pudo detectar muchas secuencias minisatélite en varios sitios genómicos simultáneamente con la ayuda de sondas de *locus* múltiple MLPs (*Multilocus Probes*). La multitud de bandas de ADN obtenidas en un corrido electroforético constituían una especie de código de barras prácticamente individual. Los cálculos esperados demostraban que no habría dos individuos en el planeta que tuviesen el mismo patrón de bandas. De aquí se generó entonces el término ADN "fingerprinting" o "huella genética"<sup>2</sup>.

En la práctica no fue fácil reproducir las técnicas de Jeffreys para uso rutinario en los laboratorios forenses. Sin embargo, rápidamente se identificaron sistemas de ADN repetido mucho más simples en su estructura posibles de detectar en el laboratorio. Se trata de los microsateélites o STRs (*Short tandem repeats*) (**figura 1**). Ellos están constituidos por palabras muy cortas de

ADN repetidas en serie, por lo tanto, son fragmentos más pequeños que los minisatélites, que pueden ser detectados aun sobre ADN degradado y cumplen con la función de aislar muchas evidencias biológicas. Gracias a su tamaño reducido (150 a 350 pares de bases) son susceptibles de amplificarse por medio de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).<sup>3</sup> Este método permite recuperar para el análisis millones de copias de ADN proveniente de una mínima muestra biológica; de esta manera, el análisis de laboratorio se hace mucho más sencillo y totalmente reproducible. Actualmente los fragmentos de microsatélites amplificados pueden detectarse sobre geles de poliacrilamida en secuenciadores automáticos. Además, por su alto polimorfismo los microsatélites aportan una gran información en todas las aplicaciones forenses.

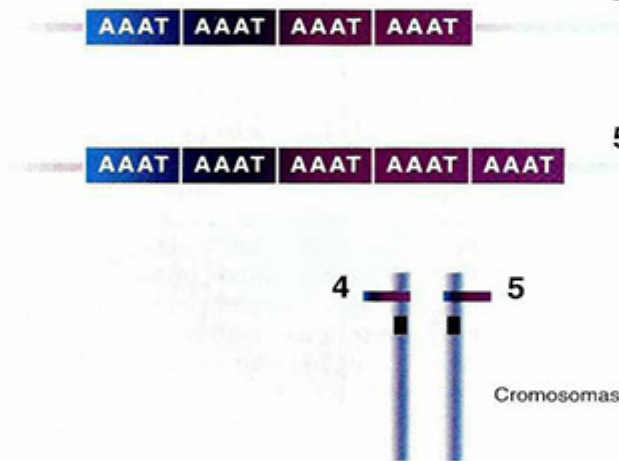
Por último, si se tiene éxito al procesar un vestigio biológico, el resultado final será un perfil de ADN informativo. Esto es, una colección de variantes alélicas para cerca de una docena de

secuencias polimórficas. En el dictamen genético forense, todo el análisis molecular se resume en una lista de parejas de números que representan como dijimos atrás, el número de repeticiones que caracteriza a cada alelo en cada uno de los marcadores genéticos estudiados. Ahora sí, sólo resta el cotejo con las muestras de referencia.

Entramos entonces en un análisis aún más interesante: Si las muestras cotejadas coinciden en sus perfiles de ADN debemos establecer la probabilidad de certeza de este hallazgo. Al juez le interesa saber por ejemplo qué probabilidad hay de que el semen encontrado en la víctima provenga del sindicado con quien coincidió el perfil de ADN.<sup>4-7</sup> El razonamiento inicial es simple: si el perfil coincidente es frecuente en la población donde sucedieron los hechos, la probabilidad de que la evidencia provenga del sospechoso será realmente baja. Entonces, ¿cómo saberlo? es necesario entonces calcular previamente las frecuencias de los alelos y los genotipos en nuestras poblaciones a través de un muestreo genético-poblacional de un número suficientemente amplio de individuos.

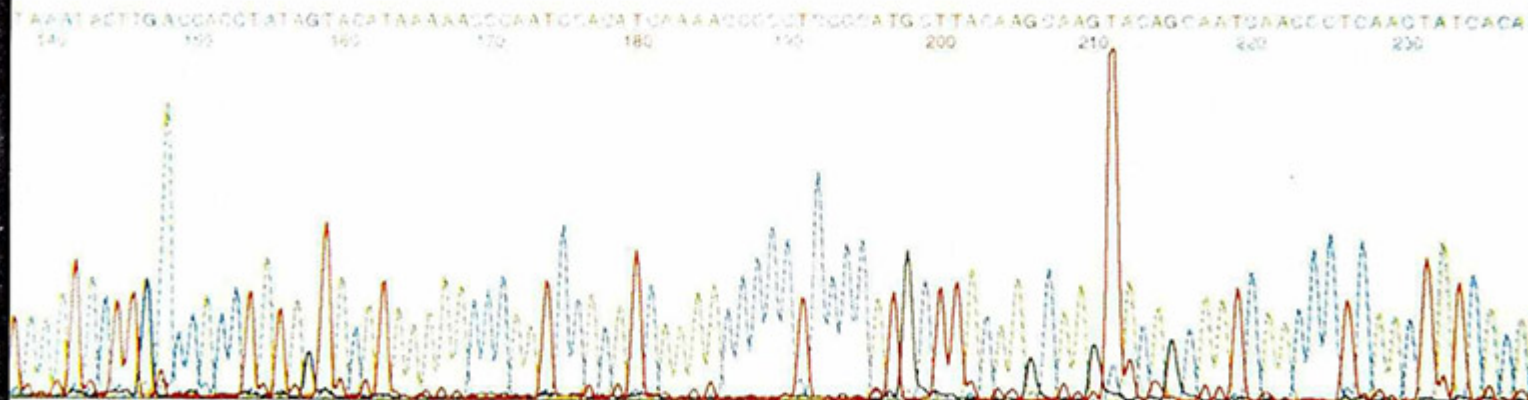
Por fortuna, con la utilización de genes polimórficos, la probabilidad de encontrar dos individuos con el mismo perfil de ADN, que no estén emparentados es muy baja. Así que existe en la mayoría de los casos estudiados, un nivel de certeza mayor del 99.999999 por ciento de que la muestra si corresponda al individuo cuestionado. Ahora bien, el juez o el fiscal que recibe esta información deberá incluirla

#### Microsatélites (STR's)



4  
5

**Figura 1.** Representación esquemática de los microsatélites (STR's), constituidos por palabras muy cortas de ADN repetidas en serie, y que permiten aislar muchas evidencias biológicas.



en el contexto de pruebas judiciales que apoyan o contrastan la hipótesis de culpa que tiene previamente de un sindicado. Sólo así se garantiza una valoración adecuada de la prueba genética.<sup>4-7</sup>

Muchas investigaciones judiciales en Colombia han podido ser resueltas gracias a que se rescató oportunamente de la escena de los hechos algún vestigio biológico que permitió realizar un cotejo de ADN con las víctimas o con los sospechosos del delito. Afortunadamente, es muy fácil que un delincuente, sin saberlo, deje en la escena algunas de sus células o se lleve de ella, células de su víctima. El principio de intercambio, como lo explica la teoría criminalística, garantiza la presencia de material biológico procedente de los actores del hecho delictivo, en la mayoría de las escenas de delito.

Hasta el criminal más cuidadoso y conocedor de la biología no podrá evitar la pérdida de cabello o de una gota de su saliva en el sitio de los hechos o llevarse una gota de sangre de su víctima en el puño de la camisa. Veamos algunos casos:

**El principio de intercambio garantiza la presencia de material biológico procedente de los actores del hecho.**

#### • De pueblo en pueblo

Desde febrero de 1997 y hasta cinco meses después recibimos una serie de casos de delitos sexuales todos provenientes del Departamento de Boyacá, y aunque cada caso sucedía en un pueblo diferente, siempre estaban relacionados con víctimas menores de diez años. Sólo en dos de los niños, los médicos forenses pudieron recuperar muestras de semen del agresor. La prueba genética demostró un mismo tipo de ADN en las dos víctimas. Unas semanas después un individuo fue detenido acusado de la violación de otro menor en un pueblo vecino y su ADN resultó ser el mismo detectado en el semen de los

casos anteriores. El hallazgo permitió descubrir al violador múltiple quien viajaba de pueblo en pueblo vendiendo mercancía y dejando en cada sitio a una nueva víctima.

#### • Cigarros de colección

Esta vez la evidencia era poco usual: unos cigarros de colección a medio fumar, unas copas de cristal y exóticos envases de licor aquí y allá demostraban que los asaltantes habían decidido celebrar su golpe dejando la escena plena de evidencias de su delito. Los objetos hacían parte de una colección de cigarros antiguos y licores

seleccionados que su dueño guardaba celosamente. Quizás hubieran logrado un dinero considerable en los mercados de anticuarios pero ellos decidieron consumirlos durante su robo, aprovechando que no existía ningún riesgo de ser descubiertos. No sabían los asaltantes que estaban dejando en la escena vestigios que posteriormente se convertirían en la mejor prueba de su ilícito.

No fue difícil recuperar células de saliva en el extremo inicial de varios de los cigarros analizados. De ellas obtuvimos el perfil de ADN de dos hombres. Aunque en algún caso observamos mezclas de ADNs, parecían corresponder siempre a las mismas dos personas. Dos meses después, la investigación llevó a la captura de dos individuos sindicados del robo millonario. Ambos parecían tener una coartada y afirmaban que nunca habían visitado el lugar de los hechos. Los perfiles de ADN de los elementos de prueba archivados en la base de datos del laboratorio coincidieron totalmente con los dos sospechosos.

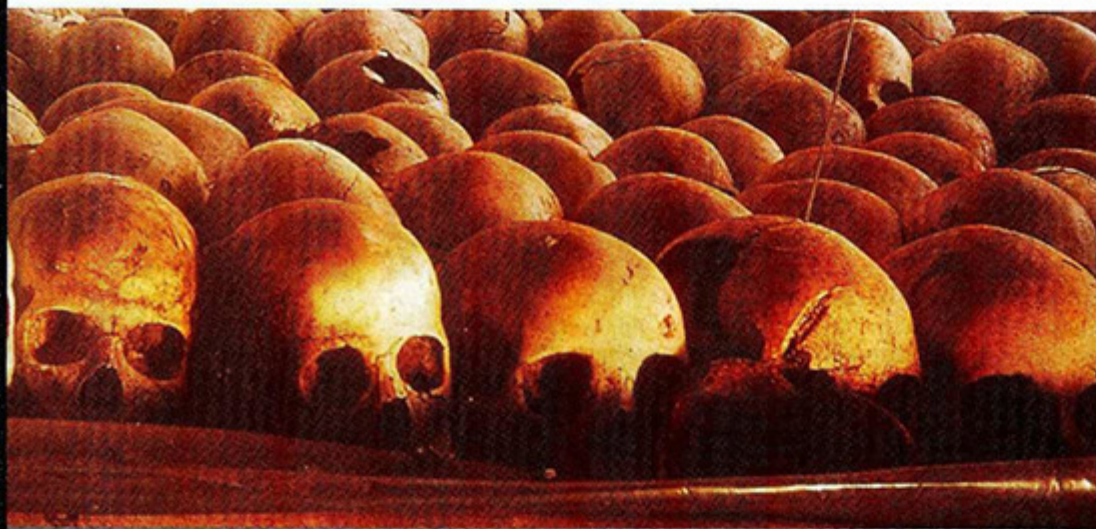
#### • El soldado 21

Quizás, una de las situaciones más impactantes en nuestro trabajo fue y sigue siendo desafortunadamente, el tener que identificar los restos de personas que murieron de forma tal, que su anatomía deformada no permitió reconocerlos directamente y en quienes no fue posible recuperar al menos una huella digital informativa o algunas piezas dentales para cotejo con registros *premortem*.

Este tipo de lesiones se observan particularmente en hechos de guerra o en acciones de delincuencia común relacionadas con secuestros o venganzas, en los cuales las víctimas tienen una gran alteración anatómica o los cuerpos se encuentran parcialmente incinerados o reducidos a estructuras óseas fragmentadas.

En junio de 1997 un helicóptero comercial que transportaba tropas del ejército colombiano fue derribado en el Municipio de Arauquita en el Departamento de Arauca. El grupo de soldados transportaba gran cantidad del armamento y explosivos. El helicóptero hizo explosión al caer, dejando veintiún víctimas fatales cuyos cuerpos no pudieron ser identificados por los métodos forenses tradicionales.

Las necropsias médico-legales demostraron veintidós partes corporales aparentemente individualizadas, lo cual no coincidía con la información disponible por las fuerzas armadas. ¡Sobrababa un cuerpo! El análisis genético por el contrario demostró la presencia de sólo veinte perfiles de ADN diferentes entre las víctimas. Fue posible entonces relacionar algunas partes corporales confirmando que procedían de un mismo cuerpo. La conclusión: Ahora, ¡faltaba un cuerpo!.



Dos semanas después se realizó una nueva búsqueda en el área y se recuperaron diez nuevos fragmentos óseos algunos de ellos coincidentes con cuerpos ya identificados pero tres piezas presentaron el perfil número veintiuno correspondiente al soldado faltante. El cotejo con los familiares de las víctimas permitió identificar fehacientemente a cada cuerpo y entregar los restos de los soldados a sus respectivos padres, casi dos meses después del siniestro.

### • 53 pasajeros, 346 partes corporales

En abril de 1998 un avión ecuatoriano fletado por la compañía Air France iniciaba su vuelo Bogotá-Quito. Tres minutos después del despegue se estrelló contra la roca del cerro El Cable al oriente de Santa Fe de Bogotá. A 3100 m de altura fueron rescatadas 346 partes corporales correspondientes a los 53 pasajeros y tripulantes del avión.

Desde ese mismo día comenzó la angustiada labor de identificación de las víctimas. Sólo el cuerpo de un bebé pudo ser recuperado intacto, los cincuenta y dos pasajeros restantes presentaban un alto grado de fragmentación propia de este tipo de desastre. Aún así, fue posible encontrar señales particulares como huellas digitales, tatuajes, tratamientos odontológicos, ortopédicos, piezas de osteosíntesis (dispositivos metálicos utilizados en el tratamiento de fracturas), cicatrices antiguas, etc., que les permitió a un eficiente grupo de patólogos forenses identificar al 75 por ciento de las víctimas en los primeros diez días del desastre, en un extenuante trabajo científico de veinticuatro horas diarias.

Luego del proceso inicial, el material anatómico remanente para estudio todavía era abundante y faltaban aún por encontrar los cuerpos de doce pasajeros. La búsqueda de información *premortem* que permitiera cotejar algunos hallazgos en los cuerpos estudiados fue una labor

compleja que requirió el contacto directo con familias residentes en ocho países diferentes. Finalmente, varios meses después, faltaban siete pasajeros por encontrar y aún restaban más de ciento cincuenta partes corporales que no aportaban ya ninguna información indiciaria para identificarlos.

De esta manera se dio inicio al estudio de fragmentos de hueso, músculo, piel o sangre para análisis del ADN con el único

objetivo de identificar a los pasajeros faltantes. Contábamos con muestras de la mayoría de los familiares disponibles para el cotejo, padres, madres, hermanos e hijos de las víctimas.

El cotejo genético con los familiares es una de las vías posibles para lograr la identificación de un cuerpo. Varios laboratorios de genética-forense en Europa apoyaron el estudio, tipificando a los familiares que no pudieron viajar a Colombia. La información de los perfiles genéticos finalmente llegó a nuestro laboratorio para realizar el cruce con los perfiles de ADN que se iban logrando en el estudio de los restos cadavéricos.

Otra alternativa para lograr el mismo objetivo consiste en analizar vestigios biológicos de la víctima ya sea presentes en algún objeto de uso personal que aporten los familiares como cepillos de dientes, peines, máquina de afeitar, así como cigarrillos, copas, etc., que hayan sido usados previamente por la víctima. También son útiles las muestras médicas o quirúrgicas tomadas en vida, que se conserven adecuadamente en el archivo de un hospital.

Desde Alemania, el laboratorio forense de Peter Schneider aportó el perfil de ADN obtenido de una biopsia tomada unos años atrás a un pasajero del avión. Dicho perfil coincidió totalmente con el de uno de los fragmentos corporales analizados, lo que permitió su identificación.

Finalmente, tras casi un año de labores continuas, se detectaron partes corporales de seis de los siete pasajeros faltantes. Hasta la fecha de esta publicación habíamos concluido el estudio de todas las piezas anatómicas almacenadas en el laboratorio faltando sólo una mujer por identificar de los cincuenta y tres pasajeros que viajaban en el avión.

### • 46 Juan Diegos

En junio de 1997 el país despertó a uno de los problemas delincuenciales quizás más graves que

**El cotejo genético con los familiares es una de las vías para lograr la identificación de un cuerpo.**

sufre Colombia actualmente: el robo de bebés. Aunque ya habíamos tenidos dos casos similares unos meses atrás, éstos desafortunadamente nunca tuvieron la difusión que se le dio al caso de Juan Diego Saldaña, quien fue raptado de una elegante clínica de Santa Fe de Bogotá. Un día después del hecho, tomamos las muestras de sangre de los padres para un eventual cotejo posterior y el servicio de neonatología de la clínica aportó una mínima cantidad de sangre del bebé usada para determinar su grupo sanguíneo, que afortunadamente había permanecido guardada en condiciones adecuadas para el estudio genético.

Obtuvimos entonces el perfil de ADN del bebé y de los padres y quedamos a la espera de poder cotejarlo con un bebé. Así, en menos de un mes, nos fue remitido el primer bebé que según la investigación de la Fiscalía, podía corresponder a Juan Diego. El menor no coincidió con el perfil genético esperado. La desilusión nos invadió a todos, pero el hallazgo negativo planteó otra situación: ¿de quién era aquel niño? Los supuestos padres del menor fueron analizados también y se pudo demostrar que el menor no era hijo suyo.

Comenzó entonces una larga lista de menores que desfilaron por el Laboratorio de ADN del Instituto de Medicina Legal de Bogotá, con la posibilidad de ser Juan Diego. En varios de ellos se demostró que los tutores sí eran sus padres verdaderos. Otros tantos correspondían a bebés abandonados y en cuatro casos se detectó que no eran hijos de los supuestos padres sino que se trataba de bebés robados.

El país también conoció el desenlace feliz de esta historia. El ADN de Juan Diego, que manteníamos en nuestro laboratorio, finalmente coincidió con el de un bebé que un año antes había robado de la clínica una falsa enfermera. Según su confesión, la mujer secuestró el menor para hacerlo aparecer como hijo suyo ante su compañero.

Desafortunadamente, esta historia continúa. Una o dos veces por mes en el laboratorio se realiza un nuevo cotejo con bebés investigados y sus supuestos padres.

**• Dos hilos con sangre en el asiento del vehículo**

En abril de 1998 la Comandancia de la Policía Nacional del Perú solicitó a nuestro Laboratorio la colaboración para determinar si las manchas de sangre presentes en dos pequeños hilos encontrados en un vehículo robado, corres-

pondían a un individuo sindicado del homicidio de un exministro peruano asesinado un año antes al parecer por grupos terroristas.

El vehículo había sido recuperado días después del atentado. Aunque los escoltas del exministro aseguraban haber herido a uno de los autores del hecho, quienes huyeron en el automóvil, allí sólo se encontraron dos pequeñas fibras textiles manchadas con sangre. Al parecer el auto había sido lavado minuciosamente.

Aunque la muestra era muy escasa se obtuvo suficiente ADN para el análisis forense. El resultado afortunadamente fue de gran utilidad: La evidencia coincidió totalmente con el sindicado y fue posible vincularlo directamente a los hechos.

**Bancos de ADN de delinquentes**

La práctica de la prueba genética ha generado un gran cuerpo de información sobre perfiles de ADN de muchos individuos ya tipificados en delitos previos. Esta reseña genética podría ser de gran utilidad en la investigación policial, al detectar por ejemplo, que el ADN del semen recuperado en una víctima de violación coincide totalmente con el de un individuo en el archivo de ADN de delinquentes. Así, se sabría inmediatamente la identidad del violador.

Aunque aparentemente los beneficios son claros, el almacenar ADN de ciertos grupos socialmente rechazados, como el agresor sexual o el homicida, plantea un interesante conflicto de derechos que nuestra sociedad debe debatir y legislar.<sup>5</sup> ¿Tenemos derecho a obligar a un sindicado a aportar su muestra de sangre o saliva para cotejarla con la evidencia cuando él se niega aduciendo que tiene derecho a no aportar información que pueda incriminarlo?

Para muchos lectores el problema está resuelto si se considera que prevalecen los derechos colectivos que puede reclamar la comunidad para protegerse del agresor o los de la víctima, a que se haga justicia en su caso. Varias legislaciones en el mundo han optado por medidas coercitivas para obtener la muestra del sospechoso.<sup>6</sup> Quizás más censurable aún es obtener la muestra por engaño, es decir, por ejemplo ofrecerle al individuo un cigarrillo y esperar a que lo bote. Allí han quedado sus células salivales y una muy buena muestra para obtener su ADN.

Si finalmente se toman las muestras de delinquentes aparecen muchos riesgos adicionales al lado de los beneficios ya anotados. Ya hemos recibido propuestas de estudiar el ADN de ese grupo de personas socialmente indeseables buscando alguna marca genética que permita reconocerlos, que permita estudiar por ejemplo, los genes de la conducta antisocial y homicida o los del agresor sexual, etc. Toda una ironía: La

genética forense partiría del estudio de la diversidad humana y la variación para terminar seleccionando y agrupando individuos socialmente peligrosos, en otras palabras, ejerciendo una forma de control biológico de la sociedad. No nos extrañe si una pareja del futuro próximo que desea tener un hijo, nos pide que analicemos las células del embrión buscando genes de delincuencia y decidir entonces suspender o continuar la gestación.

El país cuenta entonces con los mejores recursos científicos a favor de la administración de justicia, pero nuestra función no debe dirigirse sólo a identificar criminales, sino también a debatir y legislar sobre los derechos individuales o colectivos en riesgo con las pruebas genéticas y la función de científicos y autoridades judiciales en custodiar y hacer buen uso de esta información.



## Referencias

1. Nakamura, Y. et al: Variable number of tandem repeats (VNTRs) markers for human gene mapping. *Science* 235:1616-1622. 1987.
2. Jeffreys, A. J. et al: Individual-specific "fingerprints" of human DNA. *Nature* 316:76-79. (1985c).
3. Saiki, R. K. et al: Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239: 487-491. 1988.
4. Carracedo, A. et al: Problemas bioestadísticos en genética forense. Universidad de Santiago de Compostela. 1996.
5. Gómez, C: La prueba del ADN en el derecho penal colombiano. Tesis de grado Facultad de Derecho Universidad Nacional de Colombia, 1999.
6. Fundación BBV: El derecho ante el proyecto del genoma humano. 1994.
7. Paredes, M.; Galindo, A.; Jiménez, M.; Lizarazo, R.; Calderón, G.; Camargo, M.; Ayala, A.: La prueba del ADN en la investigación del delito y la filiación - Fundamentos de genética forense -. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. 1999.



# 89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría

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

# Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea  
**INNOVACION  
Y CIENCIA**

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

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



# Novedades editoriales

## SISTEMAS DIGITALES

Elementos para un diseño a alto nivel



Antonio García Rozo, compilador  
Programa de Ciencia y Tecnología  
para el Desarrollo -CYTED  
Ediciones Uniandes.  
Santa Fe de Bogotá, 1999.

Este libro busca promover las actividades de difusión de la red temática Diseño Digital de Alto Nivel del Subprograma IX del CYTED: Microelectrónica, por lo tanto, está orientado a estudiantes de último año de carrera y profesionales de electrónica de la región iberoamericana. Este trabajo presenta algunas de las tendencias de mayor impacto en el diseño de sistemas digitales y fue realizado por profesores e investigadores de la Universidad de Sao Paulo, Brasil; de la Universidad de Cantabria, España; de las Universidades de los Andes y Nacional de Colombia y del Centro Nacional de Investigación para la tecnología de la información GMD, de Alemania.

## MANUEL URIBE ÁNGEL: El médico y geógrafo que amó a su país



Pilar Lozano  
(ilustraciones de Claudia García)  
Colciencias. Santa Fe de Bogotá, 1998.

De niño Manuel Uribe Ángel se trepaba en los árboles, perseguía el vuelo de los pájaros, se embobaba con un atardecer y con las formas y colores de las hojas. De grande mezclaba la contemplación científica con la contemplación estética. Duraba horas mirando las arrugas de una montaña y horas investigando si una planta era útil para aliviar un dolor.

Fue médico, cirujano, historiador, botánico y escritor de sus observaciones científicas como geógrafo, hombre de laboratorio, clasificador de plantas y eterno caminante. No hubo progreso médico en Antioquia al que no estuviera vinculado este hombre al que llamaron sabio. Pilar Lozano es reconocida por sus obras para niños y jóvenes. Actualmente es corresponsal en Colombia del periódico *El País*, de España.

## LA HISTORIA DEL SOL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO



Manuel Vázquez Abeledo  
Serie McGraw-Hill  
de Divulgación Científica.  
Madrid, España, 1998.

Las medidas de la temperatura de la superficie terrestre indican que la Tierra ha sufrido un calentamiento en los últimos cien años, probablemente debido a la emisión de gases procedentes de la quema de combustibles fósiles. Para evaluar su importancia, en esta obra se realiza un viaje a través de los diversos cambios climáticos que ha sufrido nuestro planeta, desde su origen hasta nuestros días, estudiando sus posibles causas. Especial énfasis se da a la contribución que han podido tener en tales procesos los cambios en la energía que recibimos del Sol. Finalmente se discuten las posibles consecuencias del calentamiento y las soluciones al problema.

## RADIACIÓN INFRARROJA Y ULTRAVIOLETA -Tecnología y aplicaciones-



Ángel Valea Pérez  
y Jesús María Alonso Girón  
McGraw Hill Interamericana de España.  
Madrid, 1998.

Este libro intenta proporcionar una visión actualizada, aunque no profunda, de todo lo relacionado con las aplicaciones de la radiación IR y UV, analizando sus aspectos tecnológicos y científicos.

Sus cinco apartados fundamentales son: Introducción a los aspectos electromagnéticos. Procesos fotoquímicos y fotofísicos. Espectroscopia y sus aplicaciones. Aplicaciones tecnológicas de la radiación IR y aplicaciones tecnológicas de la radiación UV.

La obra está dirigida, principalmente, a profesionales de la industria y a estudiantes de carreras técnicas.

Ambos autores tienen una gran experiencia y actualmente trabajan en la investigación y desarrollo de estas tecnologías.

## ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo XII



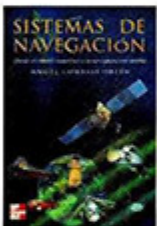
Henry Yessid Bernal  
y Jaime Enrique Correa  
Editora Guadalupe Ltda.  
Santa Fe de Bogotá, 1998.

Con la publicación del tomo final de esta obra culmina el proyecto iniciado hace unos años por la Secretaría ejecutiva del Convenio Andrés Bello, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la UNESCO. Con esta publicación se busca contribuir decididamente al conocimiento y uso de los recursos naturales vegetales de los países signatarios: Bolivia, Chile,

Ecuador, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. Debido a la gran diversidad biológica de la región andina una de las líneas de trabajo del Convenio Andrés Bello está orientada al aprovechamiento sostenible del capital natural buscando estudiar las especies vegetales promisorias con potencialidades económicas en favor de los países propietarios de dicho patrimonio.

En términos generales la obra corresponde a los resultados de una investigación de tipo exploratorio, descriptivo y retrospectivo, en la cual, para la recopilación de la información de base se utilizaron dos medios principales como método de trabajo: el estudio de documentación y el contacto directo con científicos especialistas.

## SISTEMAS DE NAVEGACIÓN: Desde el compás magnético a la navegación por satélite.



Ángel Corbasi Ortín  
McGraw-Hill Interamericana  
de España. S.A.U. Madrid, 1998.

Esta obra analiza y describe las técnicas de los sistemas de navegación utilizados hasta la fecha y los que se van a desarrollar en un próximo futuro. El objetivo de la publicación es analizar y describir los sistemas de navegación a lo largo de la historia y mostrar los avances más significativos de la ciencia en este campo.

Los apartados principales son:

- Introducción y descripción de los primeros instrumentos utilizados en la navegación (astrolabio, sextante, cronómetro, brújula...)
- La medida del tiempo
- Navegación astronómica y radionavegación
- Descripción de sistemas radar
- Análisis y estudio de la navegación inercial
- Introducción a la mecánica celeste y descripción de los diferentes métodos de seguimiento de satélites artificiales
- Análisis de los diferentes sistemas de navegación por satélite: TRANSIT, GPS, GLONASS
- Sistemas de aproximación y aterrizaje
- El sistema de navegación global por satélite GNSS
- Las cartas de navegación más utilizadas en la actualidad
- Bibliografía e índice

## LA CASA DE LA DIVERSIDAD. Una sociedad plural interpela al Plan Cambio Para Construir la Paz.



Consejo Nacional de Planeación  
Tercer Mundo Editores.  
Santa Fe de Bogotá, 1999.

Por encargo constitucional, el Consejo Nacional de Planeación debe emitir un concepto evaluador sobre el proyecto Plan Nacional de Desarrollo que le presenta el gobierno nacional al inicio de cada administración. Este concepto debe reflejar la perspectiva de la sociedad en su conjunto y de las regiones de Colombia.

El Consejo convocó a la sociedad y a las regiones para evaluarlo. Fueron en total sesenta y un los eventos -entre foros departamentales en todo el país y audiencias temáticas con amplios sectores de la población- en los cuales el Consejo debatió el proyecto del plan. Este concepto refleja el propósito del Consejo Nacional de Planeación de evaluar los planes desde la perspectiva de un futuro de largo plazo y la meta de convertir a Colombia en la "Casa de la Diversidad".

El Consejo espera que las observaciones y recomendaciones que presenta en este libro sobre el plan Cambio para construir la paz, sean tenidas en cuenta y muchas de ellas incorporadas a la versión definitiva del plan del gobierno.

## EL TRABAJO MÉDICO EN EL NUEVO ORDEN MUNDIAL



Fernando Amador Torres  
Tercer Mundo Editores.  
Santa Fe de Bogotá, 1997.

La prestación de servicios de salud está sometida a nivel global, a profundas transformaciones legislativas que han traído a los profesionales de este sector desconcierto y molestia y, en pocos casos, satisfacción. En el caso de Colombia, estos casos se han concretado en la Reforma de la Seguridad Social -Ley 100 de 1993- que se ha venido reglamentando y desarrollando en los últimos años con las dificultades propias de un

cambio de esa magnitud, con el que se avanza con paso firme hacia la consolidación de un mercado de la salud. El trabajo médico se ve sometido hoy a los más grandes retos. En pocas épocas de la historia de la medicina este oficio ha tenido tan críticos momentos.

El trabajo médico, de ahora en adelante, deberá nutrirse no sólo de los avances científicos que cada día asombran a la humanidad sino también de múltiples herramientas que hasta este momento no se habían requerido para el satisfactorio ejercicio profesional. Dos serán las prioridades del trabajo médico del presente y del futuro. La primera es la adaptación, que no es sumisión, a las nuevas circunstancias, tan exigentes. La segunda es la participación en las instancias del poder que analizan y deciden las políticas de salud.

## PLAN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL HUILA



Comisión regional de Ciencia  
y Tecnología de Centro Oriente  
Universidad Surcolombiana,  
Neiva, 1998.

Con el fin de articular una estrategia integral a través de acciones que atiendan problemáticas relevantes para el desarrollo regional, surge a la luz pública el Plan de Desarrollo de Ciencia y Tecnología del Huila, concebido dentro del marco del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, con base en la ley 29 de 1990 y en los once programas nacionales que recogen el desarrollo investigativo en todas las áreas del conocimiento.

Se trata, por tanto, de un documento de carácter participativo e interdisciplinario cuyo objetivo es convertirse en instrumento para los gobiernos departamental y municipal, así como también para las entidades públicas y privadas de la región que promueven y participan en la solución de problemas concretos del desarrollo del Huila. Con la elaboración de este plan se busca construir una importante red de investigadores que promuevan el desarrollo científico y tecnológico del departamento.

## PERCEPCIÓN ESTÉTICA Ejercicios, reflexiones y ejemplos del percibir proyectar y actuar estético-artístico



Samuel Montealegre  
Montealegre Editores.  
Roma, 1998

El volumen constituye un instrumento para penetrar en el hecho artístico y en los fenómenos estéticos, guiados por un protagonista del arte, con una experiencia multifacética excepcional. En el libro se analiza la superficie (dibujo y pintura), el volumen (escultura), el espacio (arquitectura) y el sonido y el movimiento (música y espectáculo); en el texto la reflexión oscila entre percepción (psicología) y estética (filosofía). Cada capítulo va acompañado de una serie de ilustraciones y explicaciones que llevan a la persona a la percepción estética. Es una obra indispensable para los que se interesan en pintura, escultura, arquitectura, espectáculo y música; como también para estudiantes de las diversas artes, de filosofía y de psicología. El libro es además una curiosidad para bibliófilos y coleccionistas debido a que es enteramente realizado por el autor.

**Nota:** Las obras aquí reseñadas pueden ser consultadas en el centro de documentación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia.

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

Publicación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia.  
Suscripción por 1 año (5 ejemplares), a partir del Vol. \_\_\_\_ No. \_\_\_\_

# SUSCRIBASE ¡YA!

Suscripción anual \$19.000 Precio ejemplar \$ 4.200 Socio ACAC: Gratuita  
Ejemplar atrasado Vol. I - VI \$ 2.000 Ejemplar atrasado Vol. VII \$ 3.900  
Fecha de suscripción D \_\_\_\_ | M \_\_\_\_ | A \_\_\_\_

### SUSCRIPCIÓN PERSONA NATURAL

Nombre \_\_\_\_\_ C.C. \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_  
Profesión \_\_\_\_\_ Especialidad \_\_\_\_\_  
Entidad \_\_\_\_\_

### SUSCRIPCIÓN INSTITUCIONAL

Entidad \_\_\_\_\_  
Representante \_\_\_\_\_ Nit. \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_

### Forma de pago:

Efectivo  Cheque  Crédito   
Consignación: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia

Colmena 010-4500246931  
Bco. Popular 160-203196  
Credencial  Credibanco  Diners   
Tarjeta N° \_\_\_\_\_  
Vence \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ N° cuotas \_\_\_\_

N° Seguridad \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta de crédito

Acepto Renovación Automática: Sí  No

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

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

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

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

Publicación de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia.  
Suscripción por 1 año (5 ejemplares), a partir del Vol. \_\_\_\_ No. \_\_\_\_

# CUPÓN REGALO

Suscripción anual \$19.000 Precio ejemplar \$ 4.200 Socio ACAC: Gratuita  
Ejemplar atrasado Vol. I - VI \$ 2.000 Ejemplar atrasado Vol. VII \$ 3.900  
Fecha de suscripción D \_\_\_\_ | M \_\_\_\_ | A \_\_\_\_

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

Nombre \_\_\_\_\_ C.C. \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_  
Profesión \_\_\_\_\_ Especialidad \_\_\_\_\_  
Entidad \_\_\_\_\_

De:  
Nombre: \_\_\_\_\_  
Ident: C.C. \_\_\_\_\_ T.I. \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ciudad \_\_\_\_\_ Depto. \_\_\_\_\_

### Forma de pago:

Efectivo  Cheque  Crédito   
Consignación: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia

Colmena 010-4500246931  
Bco. Popular 160-203196  
Credencial  Credibanco  Diners   
Tarjeta N° \_\_\_\_\_  
Vence \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ N° cuotas \_\_\_\_

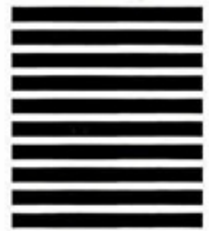
N° Seguridad \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta de crédito

Acepto Renovación Automática: Sí  No

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

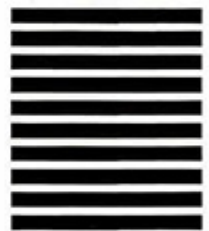
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax 221 6950, 221 9281 o por correo a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia. Carrera 50 # 27 - 70 Bloque C, Módulo 3 A.A. 92581 Santa Fe de Bogotá Tels. 315 0734 - 222 6253.

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



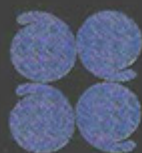
**ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA**

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



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

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



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

## Misión

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

## Actividades

**Diseño de políticas científicas y tecnológicas**

**Programa Nacional de Actividades Científicas Juveniles:**

Encuentro con el Futuro - Conferencias

Expociencia juvenil - Feria Nacional de la Creatividad

Clubes de ciencia y tecnología

Ferias de ciencia

Teatro de la ciencia

Correo de la ciencia

Campamentos y excursiones científicas

Encuentros de formación - Talleres y seminarios

**Comunicación y publicaciones:**

Revista Innovación y Ciencia

Programa de televisión - UNIVERSOS

Boletín Informativo

Centro de documentación

**Eventos especiales:**

Expociencia-Expotecnología

Convención Científica Nacional

Premio Nacional al Mérito Científico

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

Cursos - seminarios - talleres

Programa Interciencia de Recursos Biológicos

Nuevos o Subutilizados - PIRB

Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología - MALOKA

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

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

**Informes:**

**Servicio de atención al socio**

**Teléfono 221 99 53**



FUNDACION FES  
FUNDACION ANTONIO RESTREPO BARCO



# Explorando el conocimiento y la formación social para el progreso

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

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

## REVISTA ALEGRIA DE ENSEÑAR

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



*El Largo y Sorprendente Viaje de las Pleiades*



*Manuales de Autoevaluación y Fortalecimiento de Instituciones de Protección*



*Evaluación de Proyectos Sociales*



*La Reforma Ambiental en Colombia*

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

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