



Innovación y Ciencia

VOLUMEN II, N° 2, Abril-Junio de 1993

**Las momias:
La bioantropología del pasado
El poder del ADN recombinante
El observatorio espacial Hubble**

CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO



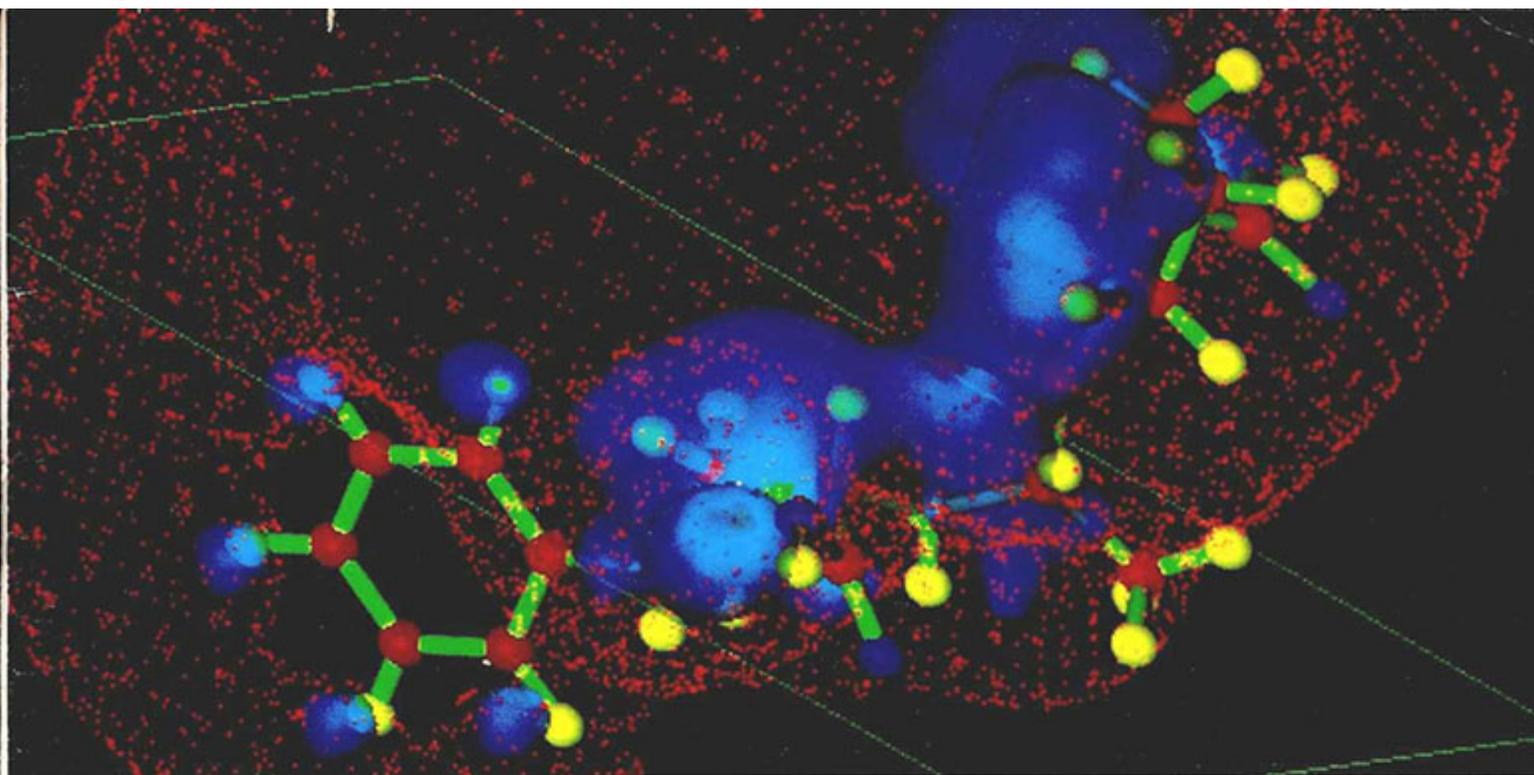
**EXPO
CIENCIA**
1 9 9 3

Octubre 7 al 15 - Santafé de Bogotá D.C.

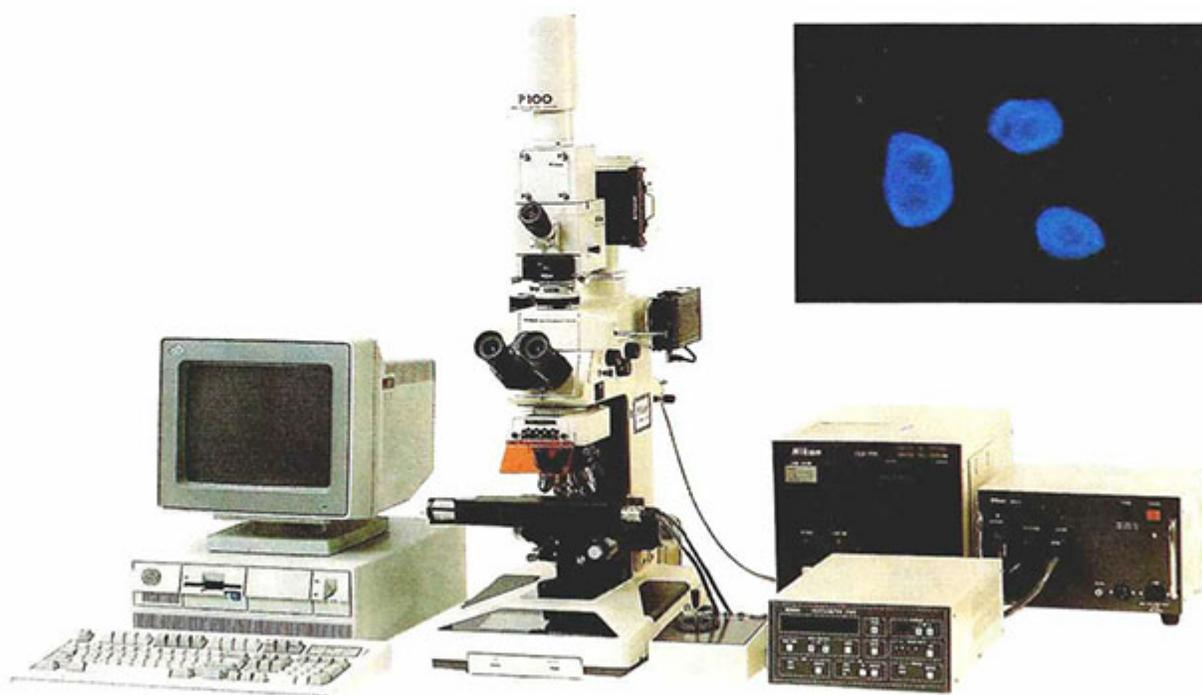


**ASOCIACION
COLOMBIANA PARA EL
AVANCE DE LA CIENCIA**

Tels.: 221 3313 / 221 6769 / 221 7348
Fax 221 6950 / A.A. 92581
Bogotá - Colombia



Instrumentos ópticos y científicos con la más avanzada tecnología.



Sanitas ^{IDS} Ltda.

CARRERA 13 No. 55 - 28 Interior 2 Tels: 248 88 75 - 235 74 21 - 249 35 90 A.A. 53068 Cables: ALMASANITAS
Fax: (57-1) 235 93 54 Bogotá - 2 Colombia



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

CONSEJO DIRECTIVO NACIONAL 1993

PRINCIPALES

Eduardo Posada	Presidente
Jaime Ahumada	1º Vicepresidente
Fabio Chaparro	2º Vicepresidente
Margarita de Meza	Secretaria
Marcelo Riveros	Tesorero
Jaime Aldana	Consejero
Carlos Corredor	Consejero
Arcesio López	Consejero
Camilo Dalcman	Consejero
Rafael Sarmiento	Consejero

SUPLENTES

Mariela Cardona, José V. García, Graciela Chalela,
Carlos E. Maldonado, Gloria de Echeverry,
Fabio Loaiza, Alfonso Pérez, Antonio García

Revisor Fiscal
Paulo Orozco

Suplente
Enrique Rentería

Directora Ejecutiva
Nohora Elizabeth Hoyos T.

Asesoría Editorial
Mauricio Pérez G.

Jefe División de Publicaciones
Raquel Rodríguez G.

Comité Editorial
Nohora Elizabeth Hoyos T., Alberto Ospina T.,
Eduardo Posada F., Raquel Rodríguez G.

Consejo Editorial Internacional
Isabel Llano, Abdus Salam
José Fernando Escobar, León Lederman

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

Asesor en Mercadeo
Mauricio Torres

Diseño Gráfico e Ilustraciones
Olga Lucía Daza

Publicidad
Clara López

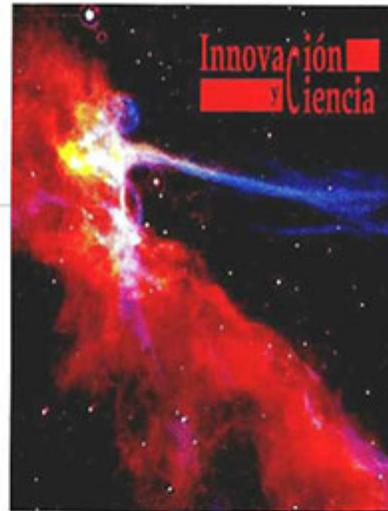
Fotografía
Juan M. Posada, Gamma Sur,
The Image Bank, Super stock

Corrector de estilo
Jorge Iván Cadavid

Pre-prensa Electrónica
Zetta Comunicadores

Impresión
Témpora Impresores

Innovación y Ciencia es editada y publicada por A.C.A.C.
Esta publicación ha sido realizada con la colaboración financiera de
Colciencias, entidad cuyo objetivo es impulsar el desarrollo
científico y tecnológico de Colombia. **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
Innovación y Ciencia. Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447
del 9 de octubre de 1992.
ISSN 0121-5140. Tarifa Postal Reducida A.C.A.C.
A.C.A.C.: Cra. 50 #27-70, Edificio Camilo Torres,
A.A. 92581. FAX: 2 216950, Teles: 2213313 - 2217348,
BITNET: ACAC@ANDESCOL -
Santafé de Bogotá - Colombia.
Precio de venta al público \$ 2.500.



Restos de la supernova del Cisne que explotó hace 15.000 años. Imagen captada por el telescopio espacial Hubble, el instrumento más complejo y costoso jamás enviado por el hombre al espacio. (vease pág. 10). Fotografía: Observatorio Espacial Hubble.

NOTA DEL EDITOR

Herramientas para
el cambio

6

CORRESPONDENCIA

Mensajes para INNOVACION Y CIENCIA

9

NOTICIAS & COMENTARIOS

10 ASTRONOMIA
El observatorio espacial Hubble, la promesa

12 BIOQUIMICA
Dedos de zinc

14 OCEANOGRAFIA
Imágenes de satélite aplicadas en investigación oceanográfica

CONTENIDO

Innovación y Ciencia

Volumen II, Nº 2, Abril-Junio - 1993

ARTICULOS



18 QUIMICA
¿Cómo sedimenta una suspensión?

28 INGENIERIA GENETICA
El poder del ADN recombinante

36 ENERGETICA
Carbón y medio ambiente

44 ANTROPOLOGIA
El lenguaje de los monos superiores

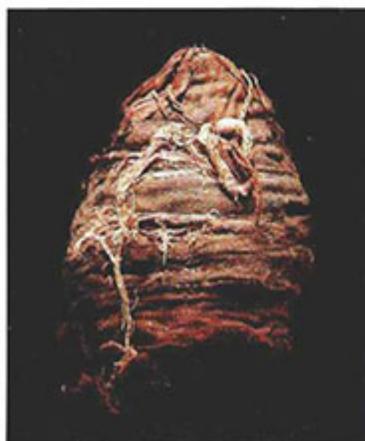
NOTICIAS DE A.C.A.C.

64

INDUSTRIA

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial. IDIMEQ LTDA.

66



HISTORIA

MOMIAS Y HUESOS ARQUEOLOGICOS
La bioantropología del pasado

52

LIBROS

71

NOVEDADES EN SOFTWARE, EQUIPOS Y REACTIVOS

73

NOTA

DEL EDITOR

Herramientas para el cambio

El pesimismo crónico que aqueja a la gran mayoría de los colombianos nos hace clamar todos los días que este país es una catástrofe, que no tiene gobierno, que la economía está peor que nunca y que la guerrilla se va a tomar a Bogotá, sin saber si lo hacemos con el único fin de conjurar a los hados del destino y evitar, anticipándola, que la calamidad verdadera caiga sobre nosotros. Tal actitud está tan generalizada que es casi imposible sustraerse a ella, así, en algunos casos, el sentido de la objetividad nos lleve a desear expresar tímidamente signos de optimismo. Un ejercicio de este tipo es el que me propongo hacer a continuación, pidiendo de antemano a los lectores disculpas por bogar por un rato contra tan vigorosa corriente.

El tema al que quiero referirme es el de la legislación colombiana para la ciencia y la tecnología, modelo a nivel latinoamericano, y el de las repercusiones que ésta empieza a tener en todos los sectores de la vida nacional, contribuyendo de manera notable a consolidar el proceso de modernización y apertura en que nos hemos empeñado.

La idea de establecer una legislación especial para la ciencia y la tecnología fue propuesta por la A.C.A.C. desde 1982, cuando sugirió por primera vez que se estableciera legalmente un Estatuto del Investigador para facilitar el ejercicio de sus labores. Posteriormente, en asocio con la Fundación Tecnos, la Asociación presentó, durante el foro organizado por Colciencias en 1987, un proyecto de ley que proponía entre otros puntos la creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología. El Gobierno, acogiendo esas iniciativas, creó una comisión coordinada por Colciencias para elaborar las bases de un proyecto de ley, gracias a cuya labor se produjo el documento llevado por el Ejecutivo al Congreso a finales de 1988. Después de un trámite normal, el presidente Barco sancionó la que hoy es la ley 29 de 1990, para el fomento de la ciencia y la tecnología, que, gracias a su sencillez y generalidad, ha permitido lograr valiosísimos avances para la investigación en nuestro país. En particular, el uso de las facultades extraordinarias otorgadas por el Congreso al Gobierno dentro del marco del artículo 11 de la ley, permitió el establecimiento de los decretos que conformaron el actual Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, hicieron posible la creación de corporaciones mixtas para llevar a cabo labores de investigación y desarrollo

y fijaron las normas para la contratación dentro del sector; además permitieron la reestructuración de numerosas entidades estatales que realizan tareas de ciencia y tecnología, entre las cuales se destaca Colciencias, que, al ser adscrita al Departamento Nacional de Planeación y quedar encargada de nuevas funciones, adquirió una posición mucho más sólida y estratégica que en el pasado.

La nueva Constitución Nacional fue aún más lejos en esa dirección, al consagrar, en cinco artículos, explícitamente la libertad de investigación y la obligación del Estado de fortalecer y promover la investigación científica, y crear estímulos e incentivos para las personas e instituciones que desarrollan actividades de ciencia y tecnología, respectivamente, dando así pie para la elaboración de nuevas leyes más específicas y completas.

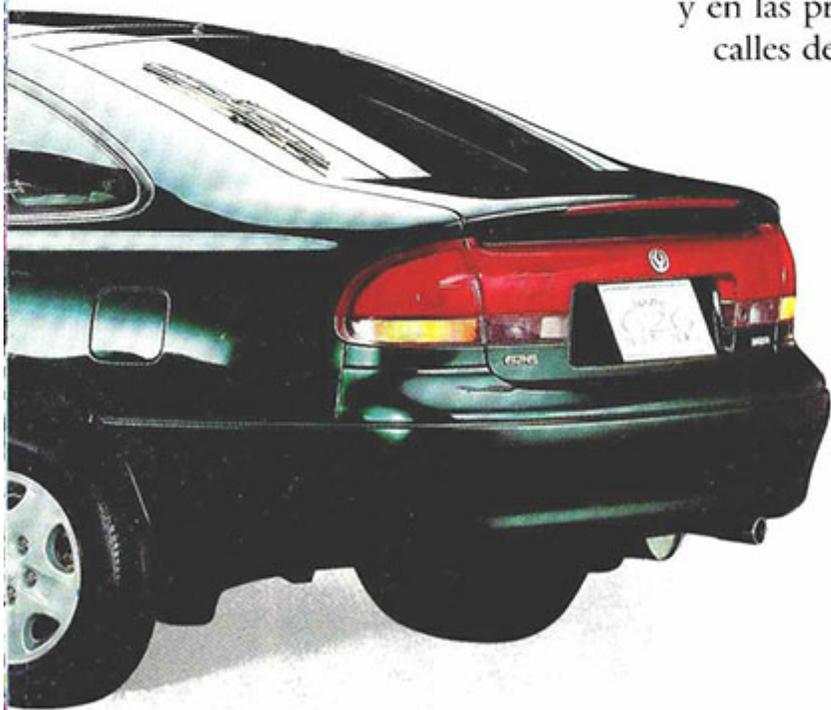
Los primeros frutos de estas acciones no se han hecho esperar, ya sea a través de la creación de numerosas corporaciones de investigación -entre las cuales la más reciente es la del ICA-, cuyo carácter privado les confiere una extraordinaria agilidad de funcionamiento, o bien gracias a la consolidación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y a la creación de los Consejos de Programa y de los Comités Regionales de Ciencia y Tecnología, o, hecho aún más reciente, a la puesta a disposición del sector, de fondos muy importantes, adicionales al presupuesto ordinario de Colciencias, que van a permitir emprender proyectos de una envergadura nunca antes soñada, tales como las Incubadoras de Empresas, el Programa de Estímulos a los Investigadores o el Instituto Nacional de Biotecnología.

Los hechos arriba mencionados no son sino algunos de los que la nueva legislación ha permitido que sean una realidad, y no son nada junto a las posibilidades que ésta abre hacia el futuro. Es una responsabilidad de la comunidad científica velar por que la eterna cohorte de funcionarios resentidos o de parlamentarios desinformados no haga peligrar, a través de la reforma del estatuto de contratación que cursa en el Congreso, y de la demanda contra los decretos mencionados, esas maravillosas herramientas, únicas que pueden conducir a nuestro país por la senda de una verdadera paz y un auténtico progreso.

EDUARDO POSADA FLOREZ
Presidente - A.C.A.C.

ACABA
DE SALIR UN
AUTOMOVIL
QUE VA
A FOMENTAR
LA
DESIGUALDAD

Véalo
en los concesionarios Mazda
y en las principales
calles del país.



MAZDA
626
MATSURI

IGUAL A NINGUNO

SCHOTT COLOMBIANA S. A.



30 años de presencia en Colombia

VIDRIOS ESPECIALES PARA:

- Laboratorios de Control de Calidad en Industria Alimentaria, Farmacéutica, Química, etc.
- Balones reactores para procesos.
- Recipientes de gran volumen para proceso y depósito.
- Laboratorio clínico.

EQUIPOS PARA ELECTROANALITICA

- PH-metros, O₂-metros, Conductómetros.
- Tituladores Automáticos.
- Viscosímetros automáticos.
- Buretas electrónicas.
- Electrodo.

AYUDAS PARA LABORATORIO

- Dispensadores, Pipeteadores, Transferpipetas.

FILTRACION POR MEMBRANA PAPELES DE FILTRO

APARATOS PARA LABORATORIO

- Bombas de vacío.
- Destiladores.
- Centrifugas.
- Incubadoras.
- Hornos.
- Agitadores Magnéticos.
- Baños de Ultrasonido.



**SCHOTT
COLOMBIANA**

SCHOTT COLOMBIANA S.A.

Avenida 22 No 39-71

A.A. 13252

conmutador 3350100

fax 2690928

Santafé de Bogotá, D.C.

MENSAJES

Para Innovación y Ciencia

Presidencia de la República de Colombia

Santafé de Bogotá, D.C.
12 de marzo de 1993

Señores
INNOVACION y CIENCIA

Estimados amigos:

Recibí con aprecio los números 1 y 2 de la revista **Innovación y Ciencia**.

Quiero, con esta ocasión, resaltar la labor que la Asociación ha llevado a cabo para fomentar el conocimiento de la ciencia y la tecnología de los colombianos.

Sin duda el esfuerzo realizado permitirá a la opinión pública de las naciones tener una clara visión sobre los avances que en el campo científico ha alcanzado el país, constituyéndose en un estímulo para nuestros investigadores.

Acepten mi reconocimiento, al igual que mis mejores votos por el éxito en el empeño que los asiste.

Cordial saludo,



César Gaviria Trujillo

El observatorio espacial Hubble: La promesa...

El 25 de agosto de 1990, el transbordador Discovery colocó en órbita el Telescopio Espacial Hubble, el instrumento más complejo y costoso jamás enviado por el hombre al espacio (**figura 1**).

Dicho telescopio, dotado de un espejo principal de 2,4 metros de diámetro, es en realidad un verdadero observatorio y posee algunos de los detectores más sensibles que existen para la observación astronómica: la cámara para objetos difusos, de excepcional resolución y sensibilidad, la cámara planetaria de campo ancho para vistas más globales, y dos espectrómetros para analizar la luz emitida por los objetos estudiados con el fin de poder examinar sus propiedades físicas más a fondo. Gra-

cias al hecho de estar colocado en órbita, y verse así libre de la influencia de las turbulencias y demás limitaciones a la observación debidas a la atmósfera terrestre, se había previsto para el Hubble una ganancia de un factor diez con respecto a un instrumento similar colocado sobre la superficie de la tierra, es decir que su sensibilidad y resolución serían equivalentes a las de un telescopio con un espejo de 24 metros de diámetro. Fácilmente puede imaginarse la extraordinaria expectativa despertada entre la comunidad científica mundial por la puesta en funcionamiento de tan extraordinaria herramienta, de la cual se esperaba, entre otras muchas hazañas, que permitiera ver el nacimiento del universo (**figura 2**).

*Figura 1.
Vista del
Telescopio
Espacial en el
momento de ser
colocado en
órbita.*



Cuál no sería entonces la decepción de los astrónomos cuando la NASA, tras un prolongado y embarazoso silencio, se vio obligada a anunciar que, por causas entonces desconocidas, el telescopio presentaba problemas de enfoque que, poco después, pudieron ser atribuidos a un error en la forma del espejo principal. En efecto, el espejo resultó más plano de lo esperado, faltándole en la parte central dos micras de profundidad para ajustarse a los cálculos.

Ese error, aunque en apariencia infimo, si se piensa en el diámetro total de 2,4 metros, tiene consecuencias nefastas; es así como, si bien la luz reflejada por la zona central es enfocada correctamente, la que proviene de la periferia se concentra en diferentes puntos que pueden distar más de dos centímetros entre sí. Este defecto, denominado aberración esférica, hace que por ejemplo la luz de una estrella lejana, en vez de convergir toda sobre un punto de 0,1 segundo de arco (un segundo de arco es un ángulo muy pequeño, 1/1800 veces el diámetro aparente de la luna) como se había previsto en el diseño, lo haga sobre un halo de varios segundos de arco de diámetro. De hecho, tan sólo el 15% de la luz recibida por el espejo principal es enfocada correctamente y puede ser aprovechada, en lugar de un 70% como se esperaba originalmente. Lo más grave del caso es que, por razones de economía y, aparentemente también, para evitar riesgos a la superficie extraordinariamente pulida del espejo, las pruebas del telescopio en tierra habían sido juzgadas innecesarias por los responsables.

A estos problemas de índole óptica, vinieron a añadirse otros de tipo mecánico, debidos al hecho de que las variaciones de temperatura a lo largo de la órbita del Hubble provocan oscilaciones lentas de los paneles solares que, al transmitirse a toda la estructura, dificultan considerablemente el enfoque del telescopio, especialmente al entrar y salir de la sombra de la tierra. Si a ello se suma

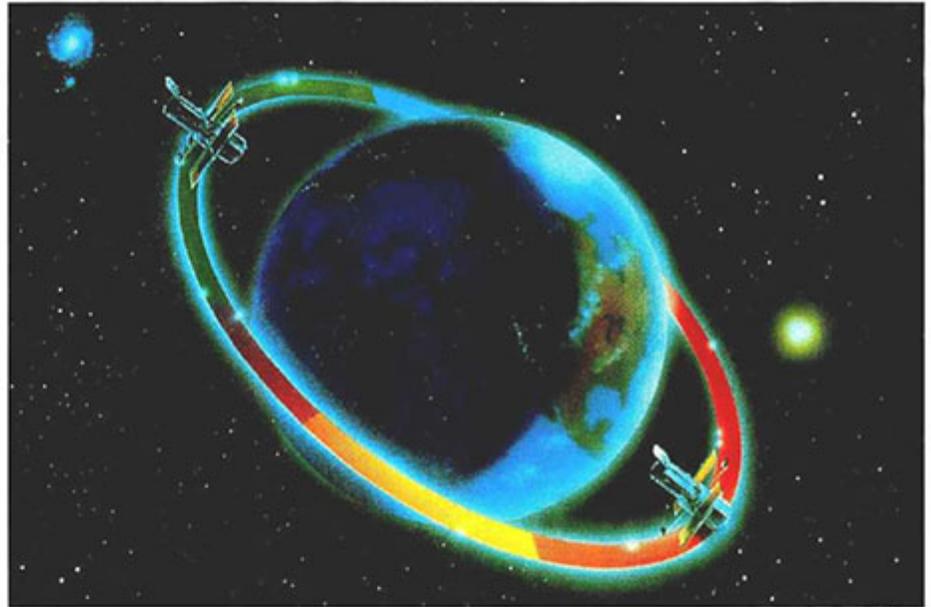


Figura 2. Esquema de una órbita del Telescopio Espacial durante 95 minutos. Los diferentes colores corresponden a las operaciones de enfoque (azul), calibración (morado) y observación (verde) realizadas.

el que dos de los seis giróscopos de orientación no han funcionado y que problemas eléctricos han comprometido la operación de uno de los espectrómetros, es casi milagroso que tres años después de su puesta en órbita, el Hubble haya producido una buena colección de resultados científicos importantes.

Las razones para ello son múltiples: por una parte, no cabe la menor duda de que la colocación orbital constituye una inmensa ventaja, aun mayor de lo esperado; por ello la resolución del telescopio, que se había estimado en 0,1 segundo de arco, resultó a la postre ser de 0,06 segundos, muy superior a la de cualquier instrumento terrestre. Por otro lado, el hecho de conocer exactamente las características del defecto del espejo, hace que sea posible, mediante un tratamiento de imágenes por computador, eliminar buena parte del efecto de la aberración esférica, así ello implique una pérdida adicional de luminosidad y por tanto de sensibilidad; es así que el objeto más débil que puede ser detectado, debe ser unas 20 veces más luminoso de lo inicialmente previsto.

A comienzos de 1994, la NASA planea instalar en el Hubble un sistema de corrección denominado COSTAR ("Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement"), destinado a eliminar la mayor parte del efecto de

la aberración esférica sobre tres de los detectores del Observatorio: las dos cámaras y uno de los espectrómetros. Para ello, dos espejos cuidadosamente diseñados serán colocados enfrente de cada uno de los detectores mencionados, de tal manera que compensen completamente el error de forma del espejo principal, sacrificándose tan sólo una pequeña cantidad de luz a causa de las dos reflexiones adicionales, que será ampliamente compensada por el hecho de poder utilizar nuevamente el 70% de la luz incidente, de acuerdo con lo calculado.

Además de la instalación del COSTAR, durante la misma misión se reemplazarán los paneles solares defectuosos al igual que los dos giróscopos y se efectuarán algunas reparaciones de menor envergadura. Todo ello devolverá al Hubble las especificaciones inicialmente previstas y permitirá añadir nuevos descubrimientos a la cosecha que el Observatorio Orbital ha permitido recoger. Dada la importancia del tema, INNOVACION Y CIENCIA dedicará un extenso artículo en el próximo número al análisis de los resultados obtenidos hasta ahora.

Eduardo Posada Flórez
Director,
Centro Internacional de Física

Dedos de zinc

De los genes a los organismos multicelulares...

¿Qué sucede en el intervalo? Una de las más

fascinantes preguntas de la biología ha encontra-

do una nueva respuesta en los últimos diez años.

La activación de un gen requiere que varias proteínas, conocidas como factores de transcripción, se adhieran a un segmento del mismo, llamado "promotor". El conjunto resultante permite que una enzima transcriba un segundo segmento de ADN, para producir una molécula de ARN que funciona a su vez como molde para la síntesis de una proteína específica o de una cadena de aminoácidos.

Pero ¿cómo selecciona el factor de transcripción un sitio específico del promotor? La pregunta no había obtenido respuesta hasta 1985, cuando Daniela Rhodes y Aaron Klug (Laboratorio de Biología Molecular, Medical Research Council, Cambridge, Inglaterra) identificaron un "dedo de zinc" en un factor de transcripción obtenido de un sapo.

En la actualidad pasan de docenas las proteínas -muchas de ellas factores de transcripción- que presentan dedos de zinc, y se han detectado estructuras semejantes en otros tipos de factores de transcripción.

Los dedos de zinc no son el único recurso estructural utilizado por los factores de transcripción: existen también el diseño hélice-giro-hélice, los homeodomínios, las cremalleras de leucina y los genes inteligentes; pero sí son los más frecuentemente observados.

Su importancia radica en que la investigación intenta, en última instancia, explicar el desarrollo embrionario de los organismos multicelulares. Todas las células de un embrión portan los mismos genes; sin embargo, mediante el proceso de diferenciación, se obtienen células tan distintas como pueden serlo una neurona y una célula de la piel. Esto es posible gracias a la activación, durante el desarrollo del embrión, de combinaciones diferentes de genes que tienen como resultado la síntesis de proteínas especializadas, las cuales proporcionan a las células diferenciadas sus características específicas. Establecer el mecanismo por el cual los factores de transcripción reconocen su sitio específico es esencial

para la comprensión de la activación genética selectiva.

El nombre "dedos de zinc" describe una estructura que "sujeta" un segmento de ADN, conectando el factor de transcripción y su respectivo gen; se trata de secuencias de aminoácidos que pueden plegarse independientemente en torno a un ion de zinc y construir módulos (Klug, 1985).

Rhodes y Klug plantearon la existencia de los módulos mencionados, como resultado de su trabajo de investigación sobre la proteína llamada factor de transcripción IIIA (TFIIIA), uno de por lo menos tres factores requeridos -en las células del sapo *Xenopus laevis*- para activar el gen que da lugar al ARN 5S. El ARN 5S es uno de los constituyentes de los ribosomas en los cuales las moléculas de ARN mensajero son traducidas a proteínas.

Como sucede con frecuencia, la investigación sufrió un tropiezo afortunado que puso a los científicos en la pista de los dedos de zinc. Jonathan Miller, un estudiante que trabajaba con el equipo y buscaba obtener el complejo TFIIIA-ARN5S a partir de ovarios de sapo, utilizando una técnica de extracción conocida, se encontró con que sólo podía recuperar cantidades muy pequeñas de dicho complejo. El análisis del método empleado demostró que éste eliminaba un metal necesario para que el complejo no se deshiciera. Miller modificó el procedimiento y obtuvo una buena cantidad del mismo, comprobando simultáneamente que el metal perdido era zinc. Cada unidad de TFIIIA-ARN5S incorporaba un número sorprendente de iones de zinc: entre siete y once.

Los resultados de experimentos diferentes realizados con posterioridad también apuntaban hacia la existencia de los módulos que finalmente se conocerían como dedos de zinc. Todos ellos indicaban que el TFIIIA consta, casi en su totalidad, de segmentos sucesivos de amino-

La estructura específica en los dedos de zinc permite reconocer una secuencia determinada de ADN.

ácidos (aproximadamente 30 por segmento), cada uno de los cuales se pliega en torno a un ion de zinc, constituyendo un pequeño y compacto dominio. La evidencia obtenida permitía inferir que el TFIIIA se extiende a lo largo de la doble hélice, tocándola en varios puntos y no solamente en uno o dos, lo cual explicaría también la interacción del TFIIIA con un segmento de ADN realmente largo.

La publicación de la secuencia de aminoácidos del TFIIIA contribuyó a la sustentación del modelo. Los primeros tres cuartos de la proteína constan de nueve unidades similares, de aproximadamente treinta aminoácidos; además, dentro de cada unidad se encuentran -en posiciones prácticamente idénticas- un par de cisteínas y un par de histidinas, lo que confirma la idea de que cada unidad contiene su propio ion de zinc, puesto que en las proteínas el zinc se encuentra generalmente unido a cuatro aminoácidos: cuatro cisteínas, o una combinación de cisteínas e histidinas.

Según el modelo de Klug, las cisteínas e histidinas que no varían se utilizan para plegar cada unidad independientemente, constituyendo un minidominio. El par de cisteínas que se encuentra cerca de un extremo de la unidad y el par de histidinas localizado cerca del otro extremo se enlazan con un mismo átomo de zinc, haciendo que el segmento intermedio de aminoácidos forme un bucle. De esta forma, en cada unidad de 30 aminoácidos, cerca de 25 se pliegan para formar un dominio estructurado; los restantes sirven de enlace entre dedos consecutivos. Así, la estructura específica en los dedos de zinc presentes en un factor de transcripción dado le permite reconocer una secuencia específica de ADN.

La información que surge del conocimiento estructural de una molécula, es decir, su posible vía funcional, ofrece también ideas acerca de su participación en la enfermedad. Tal es el caso de los dedos de zinc, en los cuales se han reportado alteraciones asociadas con tumores como el de Wilms, un tumor renal relativamente frecuente en la población infantil; y en la deficiente suplementación de zinc, que se manifiesta, entre otros síntomas, por retardo en el desarrollo sexual y se explica por alteración en la unión de las hormonas sexuales al ADN.

También es factible suponer que algunos dedos de zinc puedan tomar parte en actividades diferentes de la transcripción. No hay que olvidar que la respuesta a un interrogante de la especie humana suele ser el comienzo de una nueva serie de preguntas.

.....

Martha Patricia García
Microbióloga
Universidad de los Andes

Imágenes de satélite

Aplicadas en investigación oceanográfica

A pesar de no contar Colombia con satélites propios, se está utilizando y aplicando el producto de estas técnicas avanzadas en la investigación marina y la solución de problemas físico-dinámicos en algunas áreas marítimas del país.

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional (CIOH), ha ad-

quirido las capacidades de infraestructura técnica y humana para procesar y obtener soluciones positivas del análisis de las imágenes del satélite SPOT; estos análisis han sido orientados sobre algunas áreas de gran importancia para el país, donde se están presentando problemas potencialmente críticos y los cuales es necesario neutralizar, ya

que de no hacerlo en un futuro próximo implicarían problemas de salubridad, problemas económicos o de alto riesgo para los ecosistemas; es así como en los siguientes párrafos se hace una descripción de la aplicación de estas técnicas en algunas regiones del Litoral Caribe colombiano.

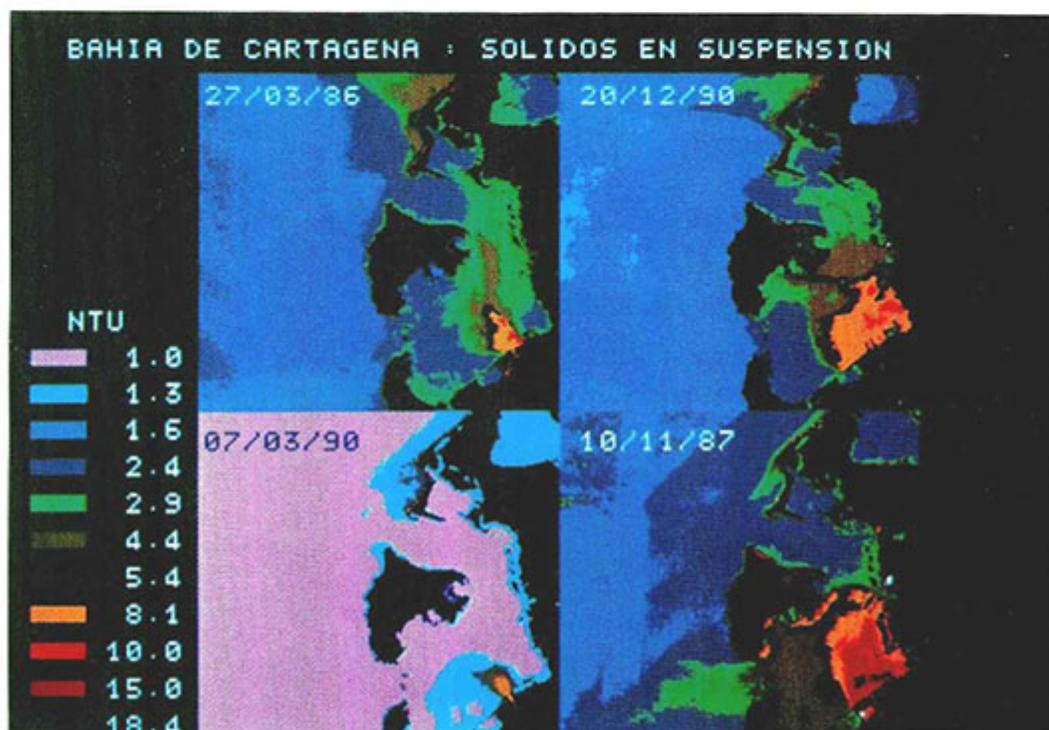


Figura 1. Cuatro imágenes de satélite, en diferentes épocas estacionales, tratadas independientemente para determinar la dinámica de las aguas en la Bahía de Cartagena.

Dinámica de la Bahía de Cartagena vs. contaminación

Durante los últimos años se ha dado prioridad a los estudios aplicados a la Bahía de Cartagena desde el punto de vista de las imágenes de satélite; lo anterior, teniendo en cuenta que los cuerpos de agua de su bahía interior y exterior son receptores de grandes volúmenes de materias contaminantes, algunas controlables fácilmente y otras a un alto costo. La Bahía de Cartagena tiene una superficie de 82 kilómetros cuadrados aproximadamente y un volumen de 1230 millones de metros cúbicos, los cuales reciben permanentemente los residuos de las siguientes fuentes:

- Vertimiento de aguas servidas de la ciudad.
- Aporte de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes por el Canal del Dique.
- Descargas de las industrias de Mamonal.
- Operación de buques y muelles portuarios.
- Escorrentías varias.

El primer objetivo sobre la Bahía fue determinar la **dinámica** de sus aguas durante las dos épocas estacionales que se presentan durante el periodo anual; el conocimiento de la dinámica nos permitirá precisar el desplazamiento e identificar aquellas zonas de mayor concentración de contaminantes. Para el efecto se estudiaron cuatro imágenes de satélite SPOT, tomadas por el radiómetro de alta resolución visible (ARV) operando en modo multiespectral y en las siguientes fechas: 27 de marzo de 1986, 10 de noviembre de 1987, 7 de marzo de 1990, 20 de diciembre de 1990 (figura 1).

Estas imágenes muestran los diferentes comportamientos de las masas de agua a través de los sedimentos en suspensión. Se obtuvo así una tipificación de las situaciones que se presentan en la Bahía de Cartagena. La técnica consiste en identificar las zonas de mayor concentración de sedimentos en suspensión y analizar su dispersión sobre la superficie de la Bahía; esto nos indica con precisión la dirección de la dinámica superficial. Las zonas de color amarillo y rojo co-

rresponden a las de mayor concentración de sedimentos en suspensión; la zona sur de la Bahía de Cartagena presenta esta coloración por encontrarse allí la desembocadura del Canal del Dique, el cual es la segunda fuente de contaminantes en la Bahía. La coloración azul clara corresponde a las aguas con menor densidad de sedimentos en suspensión, como son las aguas al oeste de la isla de Tierra Bomba y de Cartagena. Como resultado de este procesamiento y análisis se obtuvieron dos modelos de circulación superficial (figura 2).

Estos modelos permiten a la autoridad marítima tomar medidas preventivas en caso de desastres o derrames de materias contaminantes en la Bahía de Cartagena, toda vez que la zona industrial de Cartagena se localiza en el sector suroriental de la Bahía y el movimiento de las aguas superficiales es de dirección sur-norte sobre el extremo oriental de la misma; lo anterior es de gran importancia si se tiene en cuenta que durante todo el año predominan las corrientes del sur hacia el norte, donde se localiza la zona urbana y turística de la ciudad.

Figura 2. Modelos de circulación superficial en la Bahía de Cartagena. (A) Verano. (B) Invierno.

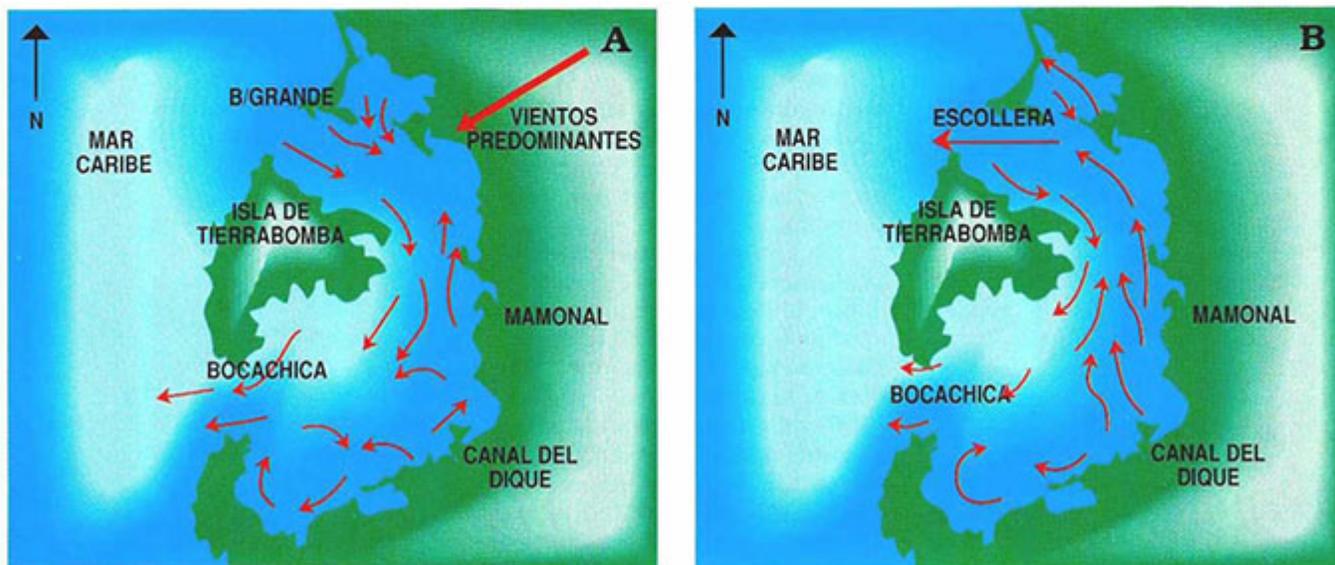


Figura 3. Imagen de satélite del Golfo de Urabá, febrero de 1989, que sirvió para la determinación de su dinámica superficial, mediante el método de análisis de sedimentos en suspensión.



Otro ejemplo de la utilización de las imágenes de satélite es el aplicado a las zonas urbanas, donde se pueden observar con detalle las diferencias entre las zonas pobladas y las zonas con vegetación.

Este tipo de tratamiento es aplicable para observar con detalle las zonas urbanas y tomar decisiones sobre el manejo y administración de las zonas costeras, con el fin de recomendar el manejo racional de estas áreas, clasificándolas como zonas turísticas, industriales, de recreación, urbanas, portuarias, etc. Lo anterior permitirá a las generaciones futuras poder conservar y disfrutar los ecosistemas más importantes y vivir en medios controlados en cuanto a los altos niveles de contaminación.

Dinámica del Golfo de Urabá

Debido al aporte de altos volúmenes de sedimentos del río Atrato sobre el Golfo de Urabá, y con el

incremento de esta acción natural por medio del manejo mecánico introducido por el hombre en la desembocadura del río Turbo, se ha presentado durante los últimos diez años un acelerado fenómeno de sedimentación en la boca de Bahía Colombia, limitando la anchura y profundidad del canal navegable en dicha zona. Lo anterior es una situación potencialmente crítica para el área y para la Gobernación de Antioquia, si se tiene en cuenta que es una zona de vital importancia para el proyecto del futuro canal interoceánico, Atrato-Truandó.

El Centro de Investigaciones Oceanográficas de la Armada, mediante el procesamiento de imágenes de satélite SPOT de febrero/89, ha determinado la dinámica superficial en el Golfo de Urabá (figura 3).

El anterior análisis permitirá a las autoridades gubernamentales tomar las acciones necesarias y oportunas para evitar que Bahía Colombia en un futuro lejano termi-

ne convertida en una gran ciénaga, ya que los actuales estudios así lo demuestran.

Estas imágenes de satélite vienen siendo utilizadas por la Armada Nacional para estudiar, además, las poblaciones de arrecifes coralinos, la distribución térmica superficial de las aguas marítimas colombianas y los procesos de erosión costera. Este material se encuentra disponible para los científicos e instituciones que lo requieran como aportes a la investigación*.

.....

Capitán de Fragata

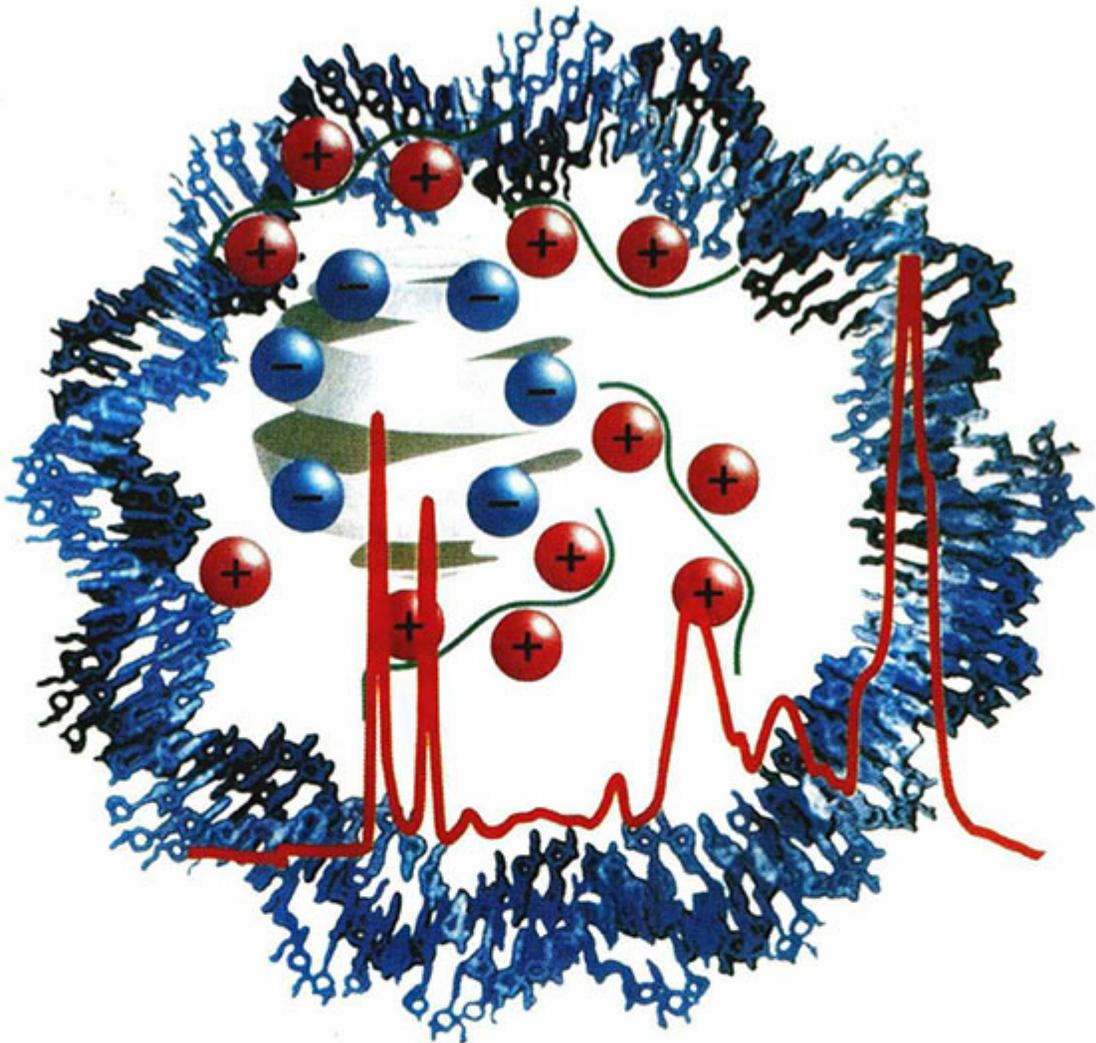
Jorge E. Urbano

Director,

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional.

*Boletín Científico del CIOH (A.A. 982, Cartagena de Indias, D.T. Colombia).

BIOQUIMICA MERCK



Bioquímica Básica

- Aminoácidos y derivados.
- Carbohidratos y derivados.
- Ácidos grasos.
- Vitaminas.
- Tampones biológicos zwitteriones.

Bioquímica enzimática:

- Enzimas.
- Coenzimas.
- Substratos enzimáticos.

Electroforesis:

- Medios gelatinosos y agregados.
- Anfolitos portadores.
- Sustancias marcadoras.
- Colorantes.

Química del ácido Nucléico:

- Nucleobases, nucleósidos.
- Nucleótidos, síntesis de DNA.

Biología Molecular:

- Reactivos y enzimas.

Química de las Proteínas

- Análisis secuencial de aminoácidos y proteínas.
- Modificación protéica.
- Proteínas.

Biocromatografía.

Bioquant. - Ing. Genética.

Biocromatografía.

¿Cómo



¿Sedimenta una suspensión?

Mauricio Hoyos

- Investigador en el Centre National de la Recherche Scientifique; Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, París, Francia.

-Miembro de la Asociación de Investigadores Colombianos en Francia, ACASTC.

¿Si nos lanzamos a una piscina y no sabemos nadar, no nos preocupemos, que a pesar del esfuerzo que hagamos, al fondo iremos a dar!

Este es el ejemplo más simple que se me ocurre para ilustrar lo que sucede con un cuerpo sólido que se encuentra sumergido en un líquido en reposo, bajo la acción de la gravedad. Este fenómeno representa lo que llamamos "sedimentación". Por otro lado, las suspensiones son las que conciernen los cuerpos sólidos dispersos dentro de una matriz, o fase continua, líquida. En términos generales, las suspensiones son una clase de sistema difásico, que pertenece a un grupo más general llamado grupo de medios dispersos. En la **tabla 1** se muestran todos los medios dispersos que

se pueden obtener combinando de manera difásica las fases sólida, líquida y gaseosa.

Las suspensiones pueden clasificarse en dos clases: coloidales y no coloidales. Las primeras tienen que ver con partículas cuya talla es más pequeña que un micrómetro; en este caso, la agitación térmica del sistema, movimiento Browniano, y las interacciones de tipo electrostático y de Van der Waals, juegan un papel importante. En el segundo caso, el de las suspensiones no coloidales, las partículas son, grosso modo, más grandes que un micrómetro y las interacciones de tipo hidrodinámico son

Figura 1. Movimiento de una partícula en un líquido viscoso. Las líneas en la vecindad de la esfera representan las trayectorias del líquido perturbado por el paso de la esfera.

Tabla 1

FASE CONTINUA	FASE DISPERSA		
	SOLIDO	LIQUIDO	GAS
Sólido	Aleación	Emulsión sólida	Espuma sólida
Líquido	Suspensión	Emulsión	Espuma
Gas	Humo	Aerosol	

**No olvidemos
que el comportamiento,
por ejemplo, de una
emulsión dentro de una
máquina centrifugadora
tiene que ver con
la hidrodinámica
de los medios dispersos.**

preponderantes. En este artículo solamente trataremos este segundo caso.

La receta para preparar una suspensión es muy simple. Nos proponemos preparar una suspensión de partículas idénticas, o sea del mismo material, de la misma forma y tamaño; las partículas pueden ser bolitas de cristal, partículas de silicio o partículas de poliestireno, dispersas en un líquido, sea agua, aceite o miel, por ejemplo. Llamaremos concentración inicial de la suspensión c_0 , al porcentaje de volumen de las partículas contenido en el volumen total de la suspensión. Tomemos un recipiente en forma de paralelepípedo, por ejemplo; midamos un volumen de 900 cm³ de agua y un volumen de 100 cm³ de partículas. Introduzcamos las partículas y el líquido en el recipiente, al cual llamaremos columna de sedimentación. El volumen total es entonces de un litro. Los 100 cm³ de partículas representan por consiguiente el 10% del volumen total de la suspensión. Diremos así, que la concentración inicial de la suspensión es $c_0=10\%$. Mezclemos bien la sus-

pensión con el fin de obtener un sistema homogéneo, o sea que en todas partes del recipiente la concentración sea del 10%. Bajo ciertas condiciones, las partículas así dispersadas irán hacia el fondo, si son más densas que el líquido, o hacia la superficie si son menos densas que el líquido, y, en el caso de que el líquido y las partículas tengan la misma densidad, el sistema permanecerá en equilibrio puesto que las partículas permanecerán flotando. El estudio del comportamiento en todos los casos concierne la "sedimentación de suspensiones". La sedimentación está gobernada por las características físicas de las partículas, a saber, su densidad, su volumen, su forma, etc., y también por las características del líquido, como la viscosidad y la densidad. Otros parámetros físicos pueden jugar un papel importante en la

sedimentación, por ejemplo, la temperatura y la presión.

El objetivo de este artículo es mostrar, en forma simple, cómo el problema de la sedimentación de suspensiones es estudiado por los hidrodinámicos desde los puntos de vista teórico y experimental, y dar una idea de la lógica que se utiliza y del rigor que se necesita en los conceptos que se manejan.

Nuestro estudio concierne únicamente partículas desplazándose en líquidos viscosos, donde ningún efecto de tipo inercial (turbulencia) está presente. Hay un número sin dimensiones que caracteriza el régimen donde nos ubicaremos: el número de Reynolds. Este número está definido como: $Re=\rho va/\eta$, donde ρ es la densidad del líquido, v la velocidad de la partícula que se desplaza, a el radio de la partícula y η la viscosidad del líquido. Todo lo que se dirá aquí, es válido solamente cuando $Re < 1$. En estas condiciones diremos que nos encontramos en el régimen laminar.

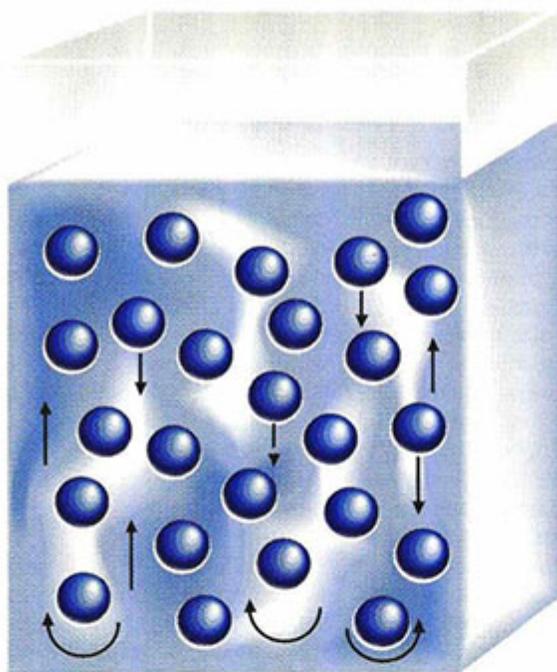
Sedimentación de partículas esféricas en líquidos viscosos

El problema de la sedimentación de una partícula esférica que se encuentra bajo la acción de la gravedad en un fluido viscoso infinito y en reposo, fue resuelto a finales del siglo pasado por el físico inglés G.G. Stokes. Stokes demostró que la velocidad de dicha partícula es constante y que su valor está dado por la relación:

$$v_0 = 2 (\rho_s - \rho_f) g a^2 / 9\eta \quad (1)$$

donde a es el radio de la partícula, ρ_s y ρ_f son las densidades del cuerpo y del fluido respectivamente, η es la viscosidad del líquido y g la aceleración de la gravedad. Este resultado fue obtenido a partir de un balance de fuerzas que actúan sobre la partícula, fuerzas viscosa, hidrostática y gravitacional. El problema no consiste solamente en determinar la velocidad del cuerpo con respecto a un observador exterior; también hay que estudiar lo que pasa con el fluido el cual a su vez es perturbado por el movimiento de la esfera. En la **figura 1** se muestra esquemáticamente cómo una esfera que se desplaza en un líquido en reposo, empuja el fluido hacia adelante y a su vez lo aspira por detrás. Las líneas en la figura representan las trayectorias del fluido en la vecindad de la

Figura 2.
Sedimentación de esferas en un líquido. En la parte inferior las flechas simbolizan el back-flow.



partícula. Estas líneas son llamadas "líneas de corriente". Uno de los principales problemas para resolver en hidrodinámica es determinar la velocidad de un fluido en cualquier punto y en cualquier situación, o sea, determinar la evolución espacio-temporal de una partícula de fluido. Esto se hace a través de las ecuaciones de Navier-Stokes. Dichas ecuaciones de movimiento, representan la evolución del campo de velocidades en un sistema fluido, inclusive en el caso en el cual uno o muchos objetos se trasladan dentro de él. Así, el estudio del comportamiento de cuerpos que se desplazan en un líquido viscoso se hace a través de las perturbaciones que dicho cuerpo produce. Una partícula que sedimenta, cambia la posición de los elementos del fluido a su alrededor; este cambio es percibido por los otros elementos del sistema los cuales a su vez transmiten la perturbación. Puesto que nos encontramos en presencia de un líquido viscoso, la perturbación se disipa a una cierta distancia la cual corresponde al alcance de la perturbación.

Vimos que la velocidad de sedimentación v_0 de una esfera en un líquido viscoso obedece a la ecuación de Stokes. Puede demostrarse teórica y experimentalmente que dos partículas que se encuentren próximas sedi-

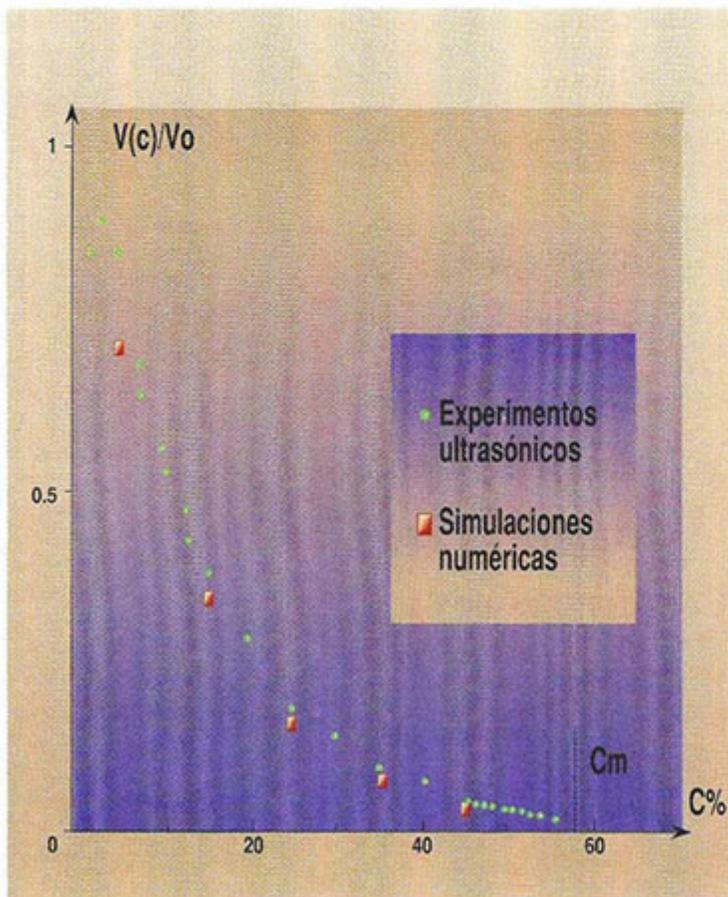
mentando en un líquido viscoso, lo hacen a la misma velocidad, la cual es mayor que v_0 . Tres partículas sedimentarán aún más rápido, etc. Este fenómeno se debe a las interacciones hidrodinámicas entre las partículas, o sea, a la transmisión de perturbaciones producidas por cada uno de los cuerpos y que influye sobre el movimiento del otro. Este análisis es válido cuando consideramos un recipiente muy grande con respecto al tamaño de las partículas y cuando éstas están aún lejos del fondo. En un recipiente más pequeño y cerrado en su parte inferior, el problema se complica cuando consideramos un número importante de partículas que sedimentan, ya que, de acuerdo con lo dicho anteriormente, la velocidad debería ser muy grande. Sin embargo, experimentalmente se observa todo lo contrario: mientras más partículas hay, la velocidad del conjunto es cada vez menor. El problema de determinar dicha velocidad desde el punto de vista teórico es extremadamente difícil y, experimentalmente, las precauciones deben ser muchas con el fin de evitar incoherencias. La explicación de este fenómeno se encuentra al observar que, cuando un grupo de partículas sedimenta bajo la acción de la gravedad, ellas desplazan un volumen de líquido, el cual debe evacuarse por algún lado ya que el recipiente está cerrado en su extremidad inferior. Por consiguiente, para el líquido no hay

más remedio que evacuarlo hacia arriba; este flujo de retorno, o "back-flow" (figura 2), frena las partículas durante su sedimentación; por tanto, mientras más partículas haya, mayor será el back-flow y las partículas serán frenadas cada vez más. Aquí encontramos el primer elemento importante del estudio de la sedimentación de suspensiones: podemos afirmar, entonces, que existe una relación entre la velocidad de sedimentación y la concentración. O sea, las partículas de una suspensión de concentración $c_0=10\%$ sedimentarán más lentamente que aquellas de $c_0=5\%$.

Muchos son los problemas y las situaciones desde el punto de vista teórico y experimental que todavía no son claros en el estudio de la hidrodinámica de los medios dispersos.

En el estudio de las suspensiones, podemos considerar tres situaciones: las suspensiones extremadamente diluidas, las suspensiones diluidas y las suspensiones concentradas. En el primer caso, donde $c_0 < 1\%$, se puede suponer que las partículas no interactúan entre ellas, podemos entonces considerar que la velocidad de sedimentación de las partículas es la velocidad de Stokes v_0 correspondiente a cada una de las partículas (ec. 1); como se ve, la concentración no interviene. En el caso diluido, c_0 entre 0.5% y 10% (no hay una definición clara), suponemos que existen interacciones hidrodinámicas entre pares de partículas y excluimos la posibilidad de interacciones terciarias o cuaternarias. Un complejo razonamiento matemático, el cual está fuera del propósito de este artículo, llevó a G.K. Batchelor¹ a la solución del problema de la dependencia entre la velocidad de sedimentación y la concentración para el caso diluido. Batchelor encontró que $v(c) = v_0 (1 - 5.6c)$, siendo c la

Figura 3. Variación de la velocidad de sedimentación en función de la concentración.



concentración y v_0 la velocidad de Stokes. Esta relación es válida hasta concentraciones del orden del 8%. Para suspensiones concentradas, no hay una expresión analítica que dé la dependencia entre la velocidad de sedimentación de las partículas y la concentración. Esto es debido a la complejidad del problema de interacciones hidrodinámicas entre n cuerpos. Soluciones numéricas exactas existen, las cuales están en acuerdo razonable con datos experimentales² (figura 3). En ingeniería se utilizan soluciones semiempíricas, donde intervienen coeficientes fenomenológicos de sedimentación.

Debemos tener en cuenta que lo que tratamos aquí, tiene que ver con suspensiones ideales donde las partículas son perfectamente esféricas y monodispersas; en la naturaleza, las suspensiones que se encuentran son polidispersas la mayoría de las veces, y como en el caso de los sedimentos que transportan los ríos, los granos de arena no son ni siquiera esféricos. El problema de la polidispersidad es muy complejo y sale de nuestro objetivo inmediato.

Velocidad de sedimentación

En nuestro estudio no podemos estar satisfechos totalmente con la determinación solamente de la velocidad de las partículas de una suspensión en sedimentación, ya que el fenómeno es colectivo; tenemos entonces que ser más rigurosos en el tratamiento del problema, con el fin de generalizar y establecer leyes y condiciones límites. Entremos entonces más en detalle y tratemos de comprender cómo sedimenta una suspensión considerándola como un fenómeno colectivo.

En la sedimentación de una suspensión, varias son las velocidades que están involucradas: la velocidad de las partículas, la del líquido, la velocidad relativa partícula-líquido con respecto a las paredes de la columna, etc. Entonces, primero que todo hay que definir un sistema de referencia desde el cual la sedimentación será estudiada. Es necesario escoger el referencial más conveniente desde el punto de vista matemático y más coherente con las verificaciones experimentales posibles. Si nos ubicamos en el referencial del laboratorio, veremos las partículas descender a una cierta velocidad; como el fenómeno de la sedimentación es colectivo, nos podemos interesar por la velocidad media de las partículas con respecto a las paredes del recipiente, las cuales se encuentran

en reposo con respecto al referencial del laboratorio. Pero si miramos más detenidamente, el líquido también se mueve con respecto al referencial definido, ya que, como dijimos antes, existe el back-flow. No hay que olvidar que la suspensión es todo, la parte sólida y la parte líquida; por consiguiente, el transporte global de materia durante la sedimentación debe ser también considerado. En promedio, si miramos el nivel superior de la suspensión, éste no varía de posición, y en la parte inferior, el fondo detiene las partículas y el líquido, o sea, globalmente, la velocidad de la suspensión es cero. Si la velocidad de sedimentación concierne únicamente las partículas, situémonos entonces en su propio sistema de referencia. ¿Qué ven las partículas? Primero que todo, ellas ven el líquido que pasa alrededor y que se dirige hacia arriba; también, ellas ven las paredes del recipiente moverse hacia arriba con una velocidad diferente a la del líquido. ¿Con respecto a qué tenemos que considerar la velocidad? Si notamos la velocidad de las partículas con respecto a las paredes del recipiente como v_p y la velocidad del fluido, también con respecto al recipiente, como v_f , en cada punto de la suspensión podemos definir una velocidad del conjunto partícula más fluido como $v_s = cv_p + (1 - c)v_f$, donde c es la concentración en cualquier punto de la suspensión. v_s representa entonces el transporte global de volumen en la suspensión. La forma más adecuada de definir la velocidad de sedimentación es tomar la velocidad relativa de las partículas con respecto a v_s , o sea, $V_{\text{sedimentación}} = v_p - v_s$.

Este ejemplo del razonamiento empleado en la dinámica de suspensiones con el fin de definir solamente uno de sus parámetros, muestra la dificultad y el rigor necesario en el estudio del comportamiento de los medios dispersos. En el caso que nos ocupa, o sea el de un recipiente en forma de paralelepípedo que contiene una suspensión de partículas que se encuentran dispersas en un líquido viscoso y que están sometidas a la acción de la gravedad, v_s puede considerarse como nula. No sería el caso si el recipiente tuviese una rejilla en el fondo o si fuese esférico. Esta definición de la velocidad de sedimentación es entonces gene-

Debemos tener en cuenta que lo que tratamos aquí, tiene que ver con suspensiones ideales.

ral. Esto quiere decir que en nuestro caso particular, la velocidad de sedimentación se identifica con la velocidad con que descienden las partículas: $V_{\text{sedimentación}} = v_p$.

El problema consiste ahora en medir esta velocidad. Tendríamos que medir la velocidad de cada partícula y luego establecer una velocidad promedio, pero esto es imposible desde todo punto de vista. Veamos entonces el problema analizando como un fenómeno colectivo.

Hagamos el experimento. Una vez la suspensión se

encuentra preparada y mezclada, en estado homogéneo, las partículas se dejan libres y comienzan a sedimentar. Observamos que en la parte superior de la columna, a la altura del nivel del líquido, las partículas desaparecen, mientras que en el fondo del recipiente ellas se acumulan. Aparecen entonces tres zonas claramente definidas a lo largo del recipiente (**figura 4**), las cuales varían a medida que las partículas sedimentan: una zona de líquido puro, otra zona donde se encuentran las partículas que están sedimentando y por último, el sedimento. Estas zonas se diferencian por su concentración. En la primera zona no hay partículas, luego la concentración $c=0$. En la segunda zona, la concentración es uniforme e igual a la concentración inicial c_0 , ya que todas las partículas, siendo idénticas, sedimentan a la misma velocidad, y esto hace que la estructura inicial de la suspensión, o sea, la separación media entre las partículas, no cambie. Finalmente, en el fondo del recipiente, se forma un sedimento donde la concentración, llamada concentración de compactación c_m , es máxima. Grosso modo, podemos decir, por razones de conservación del volumen, que las partículas que desaparecen en la parte superior, se acumulan en el fondo. Está demostrado que, sin importar el tamaño de las partículas y para cualquier c_0 , c_m tiene el mismo valor, el cual es aproximadamente de 58%, que corresponde a un apilamiento desordenado de esferas duras. La variación de la concentración a lo largo de la columna durante la sedimentación (variación espacio-

temporal de la concentración $c(x,y,z,t)$, es lo que llamamos "perfil de sedimentación", y su determinación es el objetivo principal de la investigación en hidrodinámica de suspensiones.

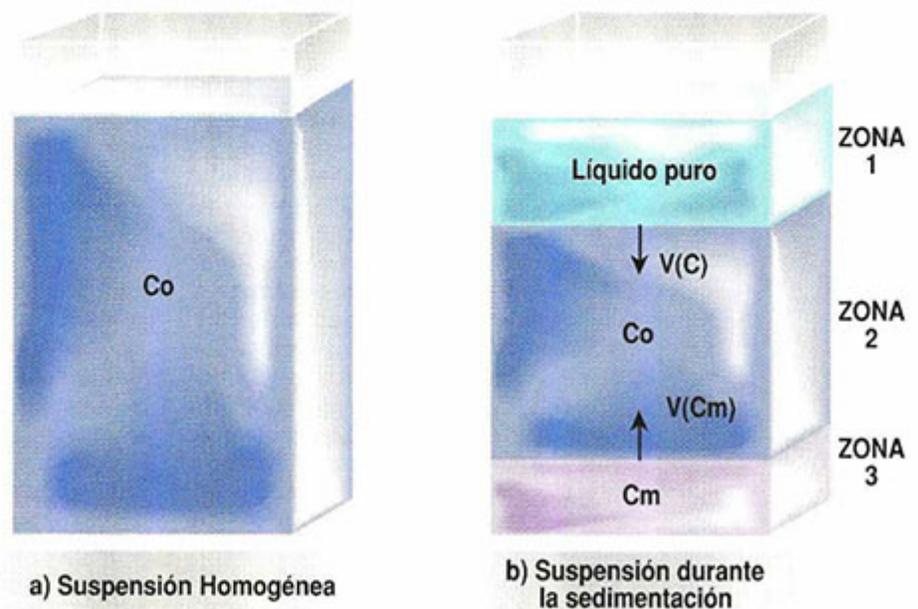
El trabajo más interesante sobre la teoría de la sedimentación, es el de Kinch³, el cual propone una teoría de ondas de choque donde se trata el perfil de sedimentación en términos de discontinuidades de concentración. No podemos detallar aquí esta interesante teoría, la cual sirve de base para la mayoría de los desarrollos teóricos y experimentales sobre el tema. Una de las consecuencias de esta teoría, es la posibilidad de identificar la velocidad de sedimentación con la velocidad de propagación de una onda de concentración. El frente de la onda se identifica con la interfase entre el líquido puro, la primera zona, y la segunda zona, donde la suspensión se presenta homogénea. Durante la sedimentación, dicho frente, llamado frente de choque, o choque simplemente, se propaga hacia la parte inferior del recipiente. Como sabemos, las partículas al acumularse en el fondo, forman otro frente el cual se propaga hacia arriba. La sedimentación termina cuando los dos frentes se confunden y quedan solamente dos regiones, el líquido puro y el sedimento. Teóricamente y experimentalmente, se mues-

tra (a pesar de no ser muy evidente) que las velocidades de los dos frentes son constantes para una concentración inicial dada; pero, mientras que la velocidad del frente de choque que desciende varía en forma monótona con la concentración, la velocidad del frente que asciende no tiene una dependencia trivial; la situación es mucho más complicada. Lo cierto es que existe una relación entre las dos velocidades, a partir de la cual podemos predecir, por ejemplo, la concentración de compactación. No es necesario entrar en detalles, solamente pretendo mostrar la forma como se trata el problema y los parámetros que se manipulan.

Para resumir, en el problema de la sedimentación, son importantes: la velocidad de los frentes de choque, la concentración inicial de la suspensión y la concentración de compactación.

A partir de este momento, luego de haber definido los parámetros más importantes del sistema de manera rigurosa, y de presentarlos en forma de magnitudes susceptibles de ser determinadas empíricamente, podemos hacer entrar la experimentación en juego. Necesitamos idear un método que nos permita observar los frentes de sedimentación, medir sus velocidades y medir las variaciones de la concentración a lo largo de la columna. Varias técnicas son posibles, los rayos X, los

Figura 4.



rayos gamma, la difusión de la luz y la técnica que utilizamos en el laboratorio de ultrasonidos de la Universidad Pierre et Marie Curie, en París, que es la técnica ultrasónica. La idea principal de todas las técnicas consiste en hacer incidir un haz de ondas, sean electromagnéticas o ultrasónicas, en la suspensión; observar variaciones de dichas ondas y establecer una correlación con la variación de los di-

ferentes parámetros ya mencionados. Aquí nos referiremos, en forma breve, solamente a la técnica ultrasónica. A través de ciertos experimentos, se observó que la velocidad del sonido en una suspensión es sensible a la concentración; entonces, detectar variaciones en dicha velocidad, puede dar, luego de una calibración apropiada, las variaciones de la concentración dentro de la suspensión. Ahora, todo consiste en montar un sistema experimental que permita obtener en forma dinámica estas variaciones. No es necesario entrar en detalles sobre todo el proceso, sería muy dispendioso, solamente haré un esbozo. Un sistema de captosres ultrasónicos (emisores y receptores) se dispone a lo largo de la columna de sedimentación (se adhieren a las paredes exteriores de la columna); con un sistema electrónico de barrido se hace una adquisición de datos que suministra las variaciones de la velocidad del sonido en cada punto de la suspensión en el transcurso del tiempo que dura la sedimentación. Cuando los frentes de sedimentación, descendente o ascendente, pasan frente a los captosres, vemos en forma clara el fenómeno. A través de

La ventaja de nuestra técnica es su capacidad para trabajar en todas las concentraciones.

técnicas de registro de datos podemos determinar la velocidad de los frentes y la concentración en las regiones donde están situados los captosres. La ventaja de nuestra técnica con respecto a las otras ya mencionadas, es su capacidad para trabajar en todas las concentraciones. Los métodos ópticos son aplicables a suspensiones diluidas; cuando la suspensión es muy opaca, o sea un poco concentrada, la técnica se

vuelve imprecisa.

Nuestros resultados nos permitieron estudiar por primera vez las suspensiones concentradas en forma precisa. Sin embargo, la realización de un sistema experimental fiel y cuyos resultados sean explotables y sin ambigüedades, es un ejercicio difícil en la física de medios dispersos. Esta técnica sirvió para estudiar un sistema más real como el de las suspensiones bidispersas y polidispersas, el cual puede ser el objeto de otro artículo.

Muchos son los problemas y las situaciones desde el punto de vista teórico y experimental que todavía no son claros y que son de gran importancia en la industria. No olvidemos que el transporte de sedimentos en los ríos, el comportamiento de una emulsión dentro de una máquina centrifugadora, el flujo de glóbulos rojos a través de las arterias, etc., tienen que ver con la hidrodinámica de los medios dispersos, y que todo lo que se mencionó hasta el momento, no es sino una pequeña parte de este vasto e interesante campo de la ciencia.

.....

Bibliografía

1. Batchelor G.K. *An introduction to fluid dynamics*. Cambridge University Press, 1967.
Batchelor G.K. "Sedimentation in a dilute polydisperse system of interacting spheres. Part I. General theory". *Journal of Fluid Mechanics* 119: 379-408, 1982.

2. Hoyos M. *Etude des suspensions par acoustique: sédimentation et viscosité*. Tesis de Doctorado, Université Paris VII, 1989.

3. Kinch G.J. "Theory of sedimentation". *Trans. Faraday Society* 48: 166-176, 1952.

**INCENTIVOS TRIBUTARIOS
PARA INVERSION EN
CIENCIA Y TECNOLOGIA**



Para complementar el apoyo a la investigación científica y tecnológica brindado por Colciencias, la Ley Sexta de 1992 y su Decreto Reglamentario 2076 del mismo año, crearon valiosos incentivos tributarios para las personas o empresas que hagan donaciones a proyectos de investigación en ciencia y tecnología o que realicen inversiones para los mismos proyectos, bien sea que los ejecuten directamente o a través de alguna universidad o centro de investigación.

Dichas inversiones o donaciones son deducibles de las rentas del respectivo año gravable en el 100% o 20%, respectivamente.

Las donaciones se pueden realizar a un proyecto de investigación específico o a uno de los Programas Nacionales o Regionales, aprobados o modificados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Para que las inversiones en investigaciones de ciencia y tecnología puedan ser deducidas de la renta líquida, el proyecto de investigación debe obtener la aprobación previa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y responder al desarrollo de productos, procesos o mejoramiento de la calidad, de conformidad con la reglamentación que para el efecto ha expedido dicho consejo.

El Instituto de Asuntos Nucleares (IAN)
a partir del presente año se transforma en el:

INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS (INEA)

Con el objetivo adicional de fomentar el uso racional y eficiente de la energía en el país, al tiempo que promueve la investigación y desarrollo de las fuentes nuevas y renovables de energía y las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.

MINISTERIO
DE MINAS
Y ENERGÍA



Su misión es:

Servir al país de manera responsable y solidaria, haciendo el mejor uso de la ciencia y la tecnología relativas a los recursos energéticos renovables, a la energía nuclear y al uso racional y eficiente de la energía, con fundamento en el logro de la excelencia, a través de la integración del talento y el esfuerzo de sus funcionarios, para garantizar a la comunidad el mayor beneficio a partir de sus actividades de investigación y desarrollo.

INEA

Avenida el Dorado

Carrera 50

Santafé de Bogotá D.C.

Colombia

Ingen



*Figura 1.
Las técnicas del
ADN recombinante
han producido una
verdadera
revolución en todos
los campos de la
biología, y sus
beneficios para toda
la humanidad ya
empiezan a
concretarse.*

El poder del ADN recombinante

Fabio A. Rodríguez C., M.D., M.Sc.
Profesor Asociado, Sección de Bioquímica
Facultad de Medicina
Universidad Nacional de Colombia

Introducción

Hace apenas 30 años era simplemente una ilusión, y hasta una aberración, pensar que se pudiera hacer una combinación genética entre organismos de diferentes especies.

Hace apenas 30 años era simplemente una ilusión pensar que se pudiera hacer una combinación genética entre organismos de diferentes especies.

Hacia 1970 se estableció el escenario para la biología molecular actual, con base en los estudios de numerosos científicos en las tres décadas precedentes. En este tiempo se avanzó del desconocimiento de qué entidad bioquímica dirigía la replicación de las formas vivientes, a un estado en el cual sería posible el secuenciamiento y la manipulación de la expresión de los genes. La marcha incesante hacia la comprensión total de la regulación genética en condiciones normales y patológicas ha venido avanzando con paso creciente desde los años setenta.

El descubrimiento de la estructura del ADN, en 1953, mostró su aparente simpleza en relación con su composición, que depende de cuatro bases nitrogenadas: adenina, guanina, cito-

sina y timina; el azúcar desoxirribosa y el fosfato. Estos dos últimos compuestos proporcionan las columnas vertebrales o "parales" de una escalera cuyos peldaños están constituidos por los pares de las bases

mencionadas, de tal forma que la unión de adenina con timina (A=T) y de guanina con citosina (G=C) proporciona estos diferentes peldaños (**figura 1**).

La escalera se enrolla sobre sí misma, originando la estructura denominada de doble hélice. Esta simplicidad descrita se contrapone a la complejidad conferida a la molécula del ADN por la secuencia específica (no al azar) de sus bases, las diversas conformaciones espaciales que existen en el medio biológico y las proteínas específicas que reconocen y se asocian con regiones particulares de esa molécula de ADN.

A finales de la década de los años sesenta, ya era claro que la expresión genética tenía un alto grado de regulación. Se habían purificado las enzimas comprometidas en la duplicación del ADN y en la transcripción de las varias especies del ARN y logrado la definición de sus papeles en los procesos sintéticos. El código genético se había "roto" y los mapas genéticos de los cromosomas procariontes se habían establecido con base en los estudios de unión de genes con miles de mutantes de diversa índole. Luego, se alcanzó la purificación de la especie del ARN, su hidrólisis enzimática y su laborioso secuenciamiento, esto es, el conocimiento exacto del orden de las bases adenina, guanina, citosina y uracilo. Entonces, ya era evidente que el progreso adicional en la comprensión de la regulación genética requeriría técnicas adecuadas para "cortar" el ADN selectivamente en pedazos homogéneos, puesto que aun los pequeños genomas virales muy purificados eran demasiado complejos para ser descifrados. En consecuencia, ni siquiera se consideraba que el



Figura 2. Después de aislar el plásmido de las bacterias, es cortado en un sitio específico mediante las enzimas de restricción (1) y se inserta a este nivel el gen de interés (2) (por ejemplo el de la insulina). Como resultado obtenemos un plásmido híbrido (ADN recombinante) (3), que se introduce en otras bacterias donde se replica y permite que la bacteria produzca grandes cantidades de la hormona insulina (4).

genoma humano, con más de 3×10^9 pares de bases en 46 cromosomas, pudiese ser evaluado.

El desarrollo de las técnicas de ADN recombinante

La identificación, purificación y caracterización de las endonucleasas de restricción (o restrictasas), que hidrolizan fielmente las moléculas del ADN en secuencias absolutamente específicas, permitió el desarrollo de la tecnología de la recombinación del ADN, también denominada clonación molecular, o más comúnmente, ingeniería genética. El desarrollo concomitante de las técnicas de secuenciación del ADN (conocimiento del orden de sus bases), abrió las puertas previamente cerradas de la biología

molecular a los secretos guardados dentro de la organización de los diversos genomas biológicos. Así, los genes (regiones del ADN que contienen la información específica para una proteína determinada) pudieron ser secuenciados, y, todavía más importante, las regiones que regulan su expresión en una célula específica, con un propósito único y en un momento adecuado.

El conocimiento de dichas regiones regulatorias pudo definir las secuencias a las cuales se unen o ligan las proteínas que regulan, activando o inhibiendo, la expresión genética.

El conocimiento detallado del cromosoma bacteriano de la *Escherichia coli*, a través de la técnica de la conjugación entre las células bacterianas y de la transducción utilizando los bacteriófagos, permitió igualmente el conocimiento de los denominados elementos extracromosómicos o plásmidos, los cuales pueden proporcionar diferentes capacidades biológicas a las bacterias en las que se albergan. Algunas veces les confieren la facultad de presentar resistencia a ciertos antibióticos (factor R), otras les representan factores de fertilidad (factor F) y otras los equipan para la competencia ecológica (colicinas). Puesto que estos elementos se pueden transferir entre las células bacterianas, además de presentar replicación independiente en la célula, se vislumbró la posibilidad de utilizarlos como vehículos (vectores) con el fin de introducir elementos genéticos "extraños". El descubrimiento en 1970 del proceso de la transcripción inversa, esto es, la síntesis del ADN a partir del ARN, con base en el estudio de los denominados retrovirus; la disponibilidad de los métodos de hibridación de los ácidos nucleicos; el desarrollo a finales de la década de los métodos de secuenciación del ADN por parte de A. Maxam y W. Gilbert (método químico) y de F. Sanger (abordaje enzimático), brindaron los toques finales a tal posibilidad.

Clonación genética

En su forma general, el procedimiento de clonación genética comprende (**figura 2**):

- Romper las células vivas, lo cual se puede lograr por diversos métodos.
- Remoción del material genético de las células. En su forma más simple, el ADN puede ser enrollado en una varilla de vidrio.
- Obtener los genes específicos de interés, separándolos del resto del ADN. Las "tijeras

moleculares" utilizadas son las enzimas de restricción, las cuales reconocen y cortan el ADN en secuencias específicas y por tanto producen fragmentos de longitudes variables. El uso de más de una enzima permite una mayor diversidad de los productos obtenidos.

d) Incorporación de las secciones específicas de ADN, obtenidas mediante las enzimas de restricción, en los denominados "vehículos de clonaje" o vectores, que llevan estas secciones a otras células vivas. Estos vectores son moléculas de ADN relativamente cortas que pueden penetrar la pared de una célula viva y multiplicarse dentro de ella. Este proceso de empalme produce una "quimera del ADN" (por analogía con la figura mitológica así llamada), esto es, parte del gen específico y parte del vector. Tal molécula es también llamada de "ADN recombinante".

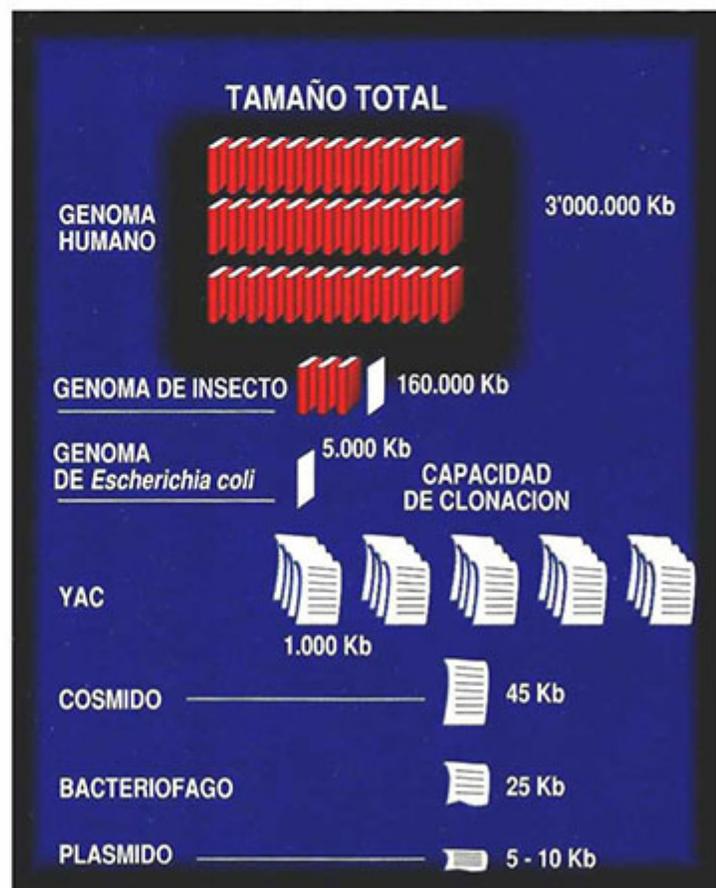
e) Transferencia del vector a la célula hospedera adecuada. Usualmente éstas son organismos unicelulares como las bacterias o las levaduras.

f) Multiplicación celular para formar los clones que contienen millones de células idénticas. Mediante este proceso, un pedazo de información genética, el gen objeto de interés, puede ser transferido a una célula en la cual no existe en forma natural. En cierto sentido, un nuevo organismo puede ser creado.

Sin embargo, el simple clonaje del segmento de ADN no significa mucho. En consecuencia, esta información debe convertirse en un producto útil, es decir, sintetizar una proteína específica, cuyo interés radica en la función que ella desempeña a nivel celular, por ejemplo, la insulina humana.

El primer logro de una molécula recombinante utilizó el plásmido pSC101, de la *E. coli*, el cual contiene un solo sitio de ruptura (restricción) y un gen que codifica una proteína que confiere a la bacteria resistencia a los antibióticos. Los primeros estudios utilizaron plásmidos naturales, pero en los últimos años se han diseñado vectores de gran versatilidad usando precisamente la tecnología de

Figura 3.
Longitud de diferentes secuencias de ADN, y su relación con la del genoma humano. El bacteriófago más utilizado es el lambda, un virus bacteriano de ADN de doble cadena de aproximadamente 45 kb. Los cósmidos son un híbrido entre plásmidos y bacteriófagos. El "cromosoma artificial" de levadura (YAC), desarrollado en 1987, tiene centrómero y telómero como los cromosomas normales de la levadura.
*1 kilobase corresponde a 1000 pares de nucleótidos del ADN.



La marcha incesante hacia la comprensión total de la regulación genética en condiciones normales y patológicas ha tenido un paso creciente desde los años setenta.

recombinación del ADN, tal como el plásmido pBR322.

Los rasgos deseables de un plásmido vector incluyen: peso molecular relativamente bajo (3 - 5 kb), para acomodar fragmentos más grandes; varios sitios de restricción diferentes, útiles para recolectar una variedad de fragmentos; marcadores múltiples para ayudar a seleccionar las bacterias portadoras de la molécula recombinante; una alta tasa de replicación.

La necesidad de poder detectar las secuencias no codificadoras en la mayoría de los genes eucariotas y las regiones reguladoras distantes que flanquean los genes impone la búsqueda de nuevas estrategias de clonaje, de manera de poder incluir fragmentos más grandes de ADN en los vectores. Podemos determinar la longitud de las secuencias que se pueden incluir así, según como se indica en la **figura 3**.

Bibliotecas genéticas

Como se ha mencionado, el propósito fundamental de la clonación es el de aislar un gen particular u otras secuencias de ADN en grandes cantidades para su estudio. La manera más común de hacerlo es construyendo una cadena de clones recombinantes, que contengan el gen o la secuencia de interés. Tales colecciones se conocen como "bibliotecas" o "genotecas" y deben contener toda la secuencia del material original. Estas colecciones de fragmentos pueden obtenerse del material genético directamente (bibliotecas genómicas) mediante el uso de las enzimas de restricción, y pueden contener un millón o más de fragmentos que es posible almacenar para usos futuros. Actualmente el proceso de localización de los fragmentos de interés se facilita mucho si se utilizan clones de un cromosoma humano específico, los cuales se pueden separar por técnicas adecuadas.

El otro tipo de colección es la biblioteca de "ADN complementario" (cADN), esto es, copias de la población de ARN mensajero (mARN) presente en un tejido particular, mediante la reacción de la transcriptasa inversa. Estas genotecas complementarias tienen mayores ventajas que las genómicas, porque el gen

obtenido representa solamente las secuencias codificadoras (no hay intrones) y además se enriquece sustancialmente el material genético derivado de un tejido. La expresión de estos vectores se puede determinar mediante anticuerpos dirigidos contra la proteína producto de dicho gen.

Pero el disponer de una biblioteca de cualquiera de los tipos mencionados es sólo el primer paso en el proceso de clonación, puesto que se debe identi-

ficar el clon o clones de interés a partir de la biblioteca, es decir, localizar "el libro o volumen" deseado, utilizando métodos de selección que sean capaces de hallar, en algunos casos, aun una sola copia del clon buscado en una multitud hasta de 10 millones de clones.

Análisis de ADN o ARN

En el análisis del ADN o el ARN, el abordaje más común comprende la detección de secuencias homólogas, es decir semejantes, utilizando una "sonda" para buscar una secuencia particular de ADN o de ARN entre una colección de muchas otras secuencias y marcarla, de tal manera que pueda ser observada y analizada, ya sea con fines de diagnóstico o de investigación. Tanto para el ADN genómico como para las especies particulares de ARN mensajero, la solución al problema de localización involucra el método de la hibridización de ácidos nucleicos, es decir, usando las "sondas" que son moléculas de ácido nucleico clonado o sintético que hibridizan únicamente con su secuencia complementaria. Así, una sonda para el gen de la β -globina puede analizar una muestra del ADN humano para una mutación específica que se considera responsable de la anemia falciforme. Por tanto, las sondas son absolutamente necesarias en los laboratorios de diagnóstico molecular para detectar las mutaciones y en los laboratorios de investigación para la realización de una gran variedad de experiencias de genética molecular.

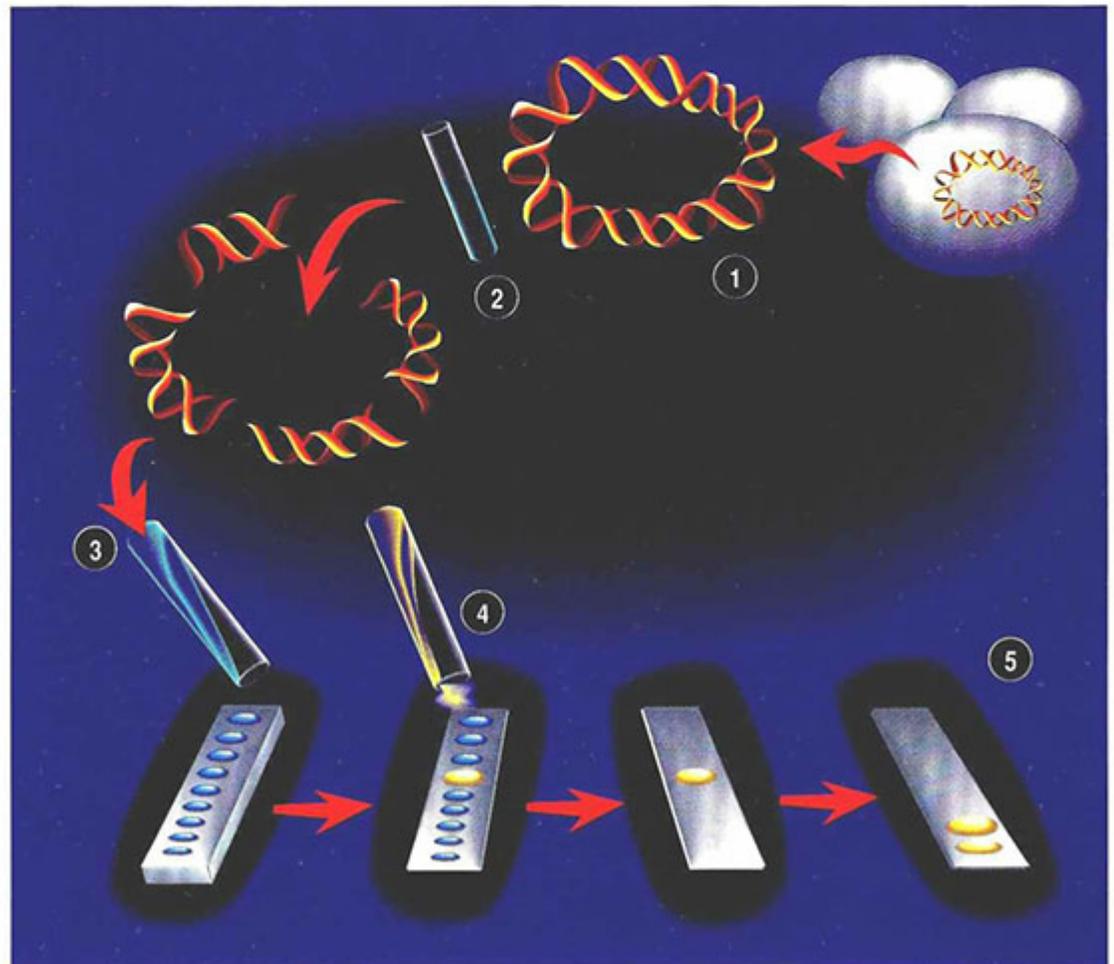
La técnica estándar para analizar la estructura de los fragmentos de ADN obtenidos por las enzimas de restricción es la denominada "Southern blotting" (transferencia), denominada así en honor a su creador, Edward Southern, a mediados de la década de los años setenta. Los fragmentos de restricción del ADN se separan por electroforesis en gel, se desnaturalizan y se transfieren (blot) a un filtro de nitrocelulosa, en donde se identifican por hibridización con la sonda radiactiva y su localización se determina por autorradiografía (figura 4).

Esta técnica se utiliza ampliamente en los estudios genéticos humanos, para detec-

tar los llamados polimorfismos genéticos, esto es, variaciones que dependen de la presencia o ausencia de sitios de restricción particulares en el ADN, denominados "polimorfismos en la longitud de los fragmentos de restricción" (RFLP's). El análisis completo de los elementos funcionales en un fragmento clonado de ADN requiere secuenciar la molécula en su totalidad. Las técnicas actuales pueden secuenciar de 200 a 400 bases en un fragmento de ADN, aunque las inserciones clonadas frecuentemente son mucho más grandes.

El conocimiento de cómo se organizan los genes y sus regiones reguladoras debe conducir a la comprensión de la regulación coor-

Figura 4. Técnica de "Southern blotting". (1) Se extrae el material genético de las células y mediante las enzimas de restricción (2) se corta el ADN en sitios específicos. (3) Los fragmentos de ADN son separados por electroforesis de acuerdo con su tamaño y son transferidos a un filtro de nitrocelulosa (4), en donde se identifican por hibridización con sondas radiactivas y se determina su localización mediante autorradiografía (5).



dinada de los conjuntos de genes. Actualmente es difícil, si no imposible, clonar fragmentos de ADN lo suficientemente grandes como para identificar genes continuos. La combinación de varias técnicas permite el análisis de segmentos largos de ADN (50 - 100 kb). Uno de tales métodos es el denominado "paseo o caminata cromosómica", en el cual una porción clonada de ADN eucariota se utiliza para buscar entre los clones de ADN recombinante aquellos que contienen secuencias vecinas.

Transferencia genética

Como ya se dijo, una meta importante de los estudios de ADN recombinante es la de lograr que un gen extraño se exprese en las bacterias, con el producto en una forma biológicamente activa. El desarrollo de los denominados "vectores de expresión" y las "proteínas de fusión" ha permitido el aprovechamiento de las regiones reguladoras propias de las bacterias para lograr la expresión adecuada de los productos proteicos.

Las enfermedades genéticas de los mamíferos resultan de proteínas celulares ausentes o defectuosas. Con el fin de utilizar las técnicas recombinantes para tratar estas enfermedades, se han construido vectores que pueden incorporarse a dichas células. Además, los vectores tienen que ser selectivos para las células o el tejido con la proteína aberrante. Por otra parte, estos vectores se han utilizado para dilucidar la síntesis proteica y el procesamiento pos-traducciona (modificaciones secundarias a la síntesis de la proteína) en la célula eucariota en cultivo. Dentro de los tipos de vectores desarrollados se tienen los virales de ADN o ARN que contienen los segmentos de ADN extraño, y el método más comúnmente utilizado para

introducirllos en la célula es la "transfección", proceso análogo a la transformación del ADN en las células bacterianas. Según los métodos utilizados, del 10 a 20% de las células en cultivo son transfectadas.

La expresión de genes recombinantes en células de mamífero requiere la presencia de elementos de control dentro del vector, que no son necesarios en el sistema bacteriano.

Para tal propósito se usan elementos de control derivados de virus con un amplio rango de hospederos tales como los papovavirus, el virus simio 40 (SV40), el virus de sarcoma de Rous, o el citomegalovirus humano.

Es una sorpresa grande el que las células eucariotas captan el ADN en solución a través de la membrana celular, en condiciones adecuadas. En el caso de células vegetales y hongos debe eliminarse la pared celular y formar protoplastos. Alternativamente, se puede inyectar el ADN en una célula bajo el microscopio, por medio de microjeringas y manipuladores.

Un "organismo transgénico" es el que se desarrolla a partir de una célula en la cual se ha introducido ADN extraño. Así, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se ha convertido en la *E. coli* de los eucariotas, por la disponibilidad de plásmidos específicos (p2 μ). Igualmente, los YAC's son muy prometedores como vectores

de clonaje de grandes trozos de ADN de mamífero, especialmente el humano.

En las plantas, los vectores de rutina para producir organismos transgénicos se derivan de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, a través del plásmido Ti, cuyo comportamiento natural lo convierte en un elemento muy adecuado como vector vegetal.

Dentro de los diversos ejemplos de transferencia de genes a plantas, uno de ellos es el gen bacteriano que confiere resistencia contra el herbicida glifosato. Este gen confiere también resistencia a las plantas transgénicas, permitiendo la aplicación del herbicida en el campo.

Existen diversas formas de generar los animales transgénicos, entre ellas la inyección de

Un "organismo transgénico" es el que se desarrolla a partir de una célula en la cual se ha introducido ADN extraño.

vectores plasmídicos a óvulos fecundados. El ADN inyectado se comporta como un gen nuclear normal.

Aplicaciones de la ingeniería genética

Una aplicación futura de los animales transgénicos será la "terapia genética", para tratar de corregir genes defectuosos en el hospedero, tal como ya se ha logrado realizar en el caso de la deficiencia de la hormona de crecimiento en el ratón.

Las enfermedades genéticas determinadas por mutaciones específicas pueden ser analizadas mediante el estudio de células obtenidas del feto por la amniocentesis o la biopsia de vellosidades coriónicas y en las cuales se pueden realizar pruebas bioquímicas de identificación del defecto. Sin embargo, la tecnología del ADN recombinante incrementa notoriamente la capacidad de detectar tales defectos, puesto

que permite el análisis directo del ADN, que se puede simplificar extraordinariamente por la disponibilidad del estudio de los fragmentos de restricción, el uso de oligonucleótidos como sondas y especialmente por la actual disposición de la técnica de la reacción de polimerización en cadena (PCR), la cual permite amplificar millones de veces una secuencia determinada de ADN.

Las técnicas del ADN recombinante han producido una verdadera revolución en todos los campos de la biología, sus beneficios para toda la hu-

manidad ya empiezan a concretarse en campos específicos y se puede decir que sus usos prácticos están limitados solamente por nuestra propia imaginación. Sus métodos son aplicables a la agricultura, los estudios evolutivos y antropológicos, la medicina

forense y desde luego, la medicina clínica. La ingeniería genética puede introducir proteínas nuevas o alteradas en los cultivos, por ejemplo el maíz, con el fin de corregir la deficiencia de aminoácidos esenciales en los humanos; y los numerosos ejemplos biotecnológicos magníficamente descritos en un artículo anterior de esta publicación (W.M. Roca, INNOVACION Y CIENCIA Vol. II N° 1, pág. 18, enero-marzo, 1993). El diagnóstico prenatal de los defectos genéticos es uno de los campos de mayor proyección médica, así como la determinación de los rasgos de susceptibilidad a condiciones específicas y el diagnóstico de entidades ya establecidas de la naturaleza más variada (bacteriana, viral, oncogénica). Cantidades minúsculas de ADN se pueden aislar de muestras biológicas preservadas en diversos ambientes geológicos, amplificadas y secuenciadas para estudios evolutivos a nivel molecular. El ADN de un solo pelo, una gota de sangre o un espermatozoide en una víctima de violación puede dar la clave de identificación del delincuente.

La industria farmacéutica ya ha puesto a disposición de la práctica médica toda una serie de productos recombinantes, tales como insulina, hormona de crecimiento, los interferones, la eritropoyetina, factores de coagulación, factores de crecimiento celular, vacunas tanto para uso humano como animal, el activador tisular del plasminógeno, etc., para nombrar solamente los más conocidos, sin contar los muchos productos actualmente en desarrollo.

Desde su iniciación en los años setenta, la tecnología del ADN recombinante planteó una serie de inquietudes de diversa índole, entre ellas las relacionadas con la seguridad y, desde luego, las pertinentes a los aspectos éticos. Aunque muchas de esas preocupaciones se han desechado, el tema ha servido para plantear cuestiones fundamentales sobre la relación entre ciencia y sociedad, las cuales pueden persistir o incluso incrementarse en el futuro, conforme nos vayamos involucrando en la aplicación de estas tecnologías.

De cualquier manera, recordemos que en una u otra forma estas disciplinas afectarán inexorablemente nuestras vidas.

**De cualquier manera,
recordemos que en una
u otra forma estas
disciplinas afectarán
inexorablemente
nuestras vidas.**



Carbón y medio ambiente

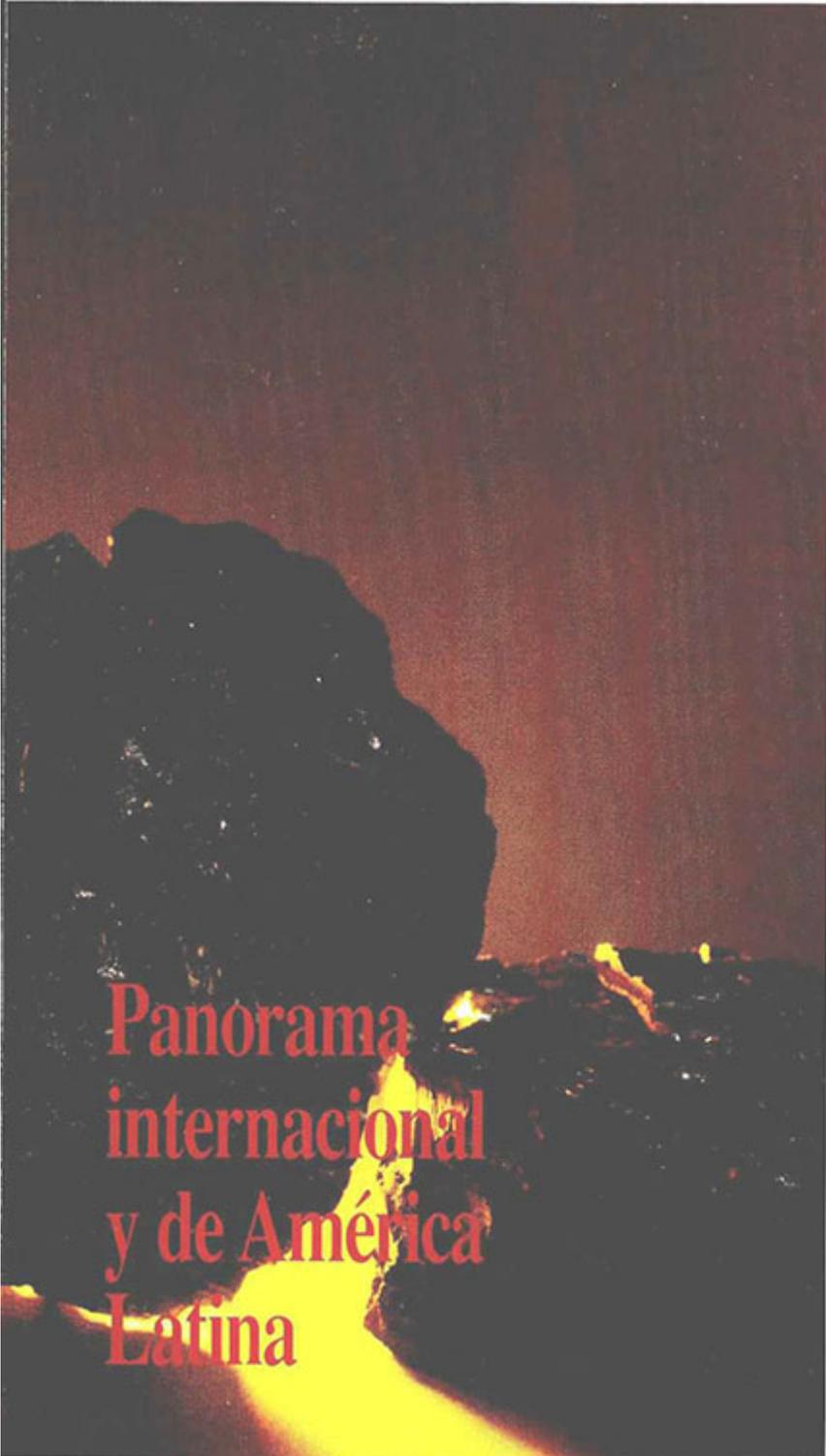
Jairo Londoño Arango
Presidente Ejecutivo
Federación Nacional de Carboneros
Colombia

Perspectiva actual

El carbón no es un recién llegado al escenario energético mundial; desde la época del Imperio Romano se comercializa carbón internacionalmente, fue el combustible que movió la Revolución Industrial en el siglo XIX y actualmente es el principal soporte de la generación de electricidad en el planeta. En el mundo de hoy mucha gente no ha visto ni conoce la forma como el carbón se produce y se utiliza. Por ello, la percepción popular sobre este recurso se liga, a veces, a imágenes del pasado, sin tener en cuenta que en la actualidad es posible usar el carbón en forma limpia y eficiente.

El carbón era la más importante fuente de energía primaria del mundo antes de los años sesenta, cuando esta posición la tomó el petróleo, y se espera que alrededor del año 2010 nuevamente volverá el carbón a asumir este liderazgo (figura 1). Sesenta por ciento del carbón consumido por la humanidad es utilizado para generar electricidad, 25% se destina a procesos siderúrgicos y 15% se consume en la industria o en usos domésticos.

Debido al hecho de que la población sigue aumentando y que los niveles de vida tienden a ser cada vez mejores, la demanda internacional de energía continuará creciendo a tasas que varían entre el 2% y el 6,6% anual. La fuente de combustibles abundante, segura y económica para atender esta creciente demanda la constituye el carbón. En efecto, más de dos terceras partes de los combustibles fósiles que posee el planeta corresponden al carbón, recurso éste que, a la tasa actual de producción, le alcanzaría a la humanidad para 230 años, mientras que el petróleo y el gas natural apenas si nos durarían para escasos 50 años a los niveles actuales de consumo.



**Panorama
internacional
y de América
Latina**

Las reservas mundiales de carbón para 1991, han sido estimadas en un billón 83 mil millones de toneladas métricas distribuidas por todo el mundo en unos 60 países. Un 25,6% de estas reservas se encuentra en 38 de los 50 estados de los Estados Unidos, un 23,8% lo posee la ex-Unión Soviética, 11,4% la China, 7,3% lo tiene Australia, 5,7% lo poseen Alemania y Sudáfrica, 4,1% está en Polonia y un escaso 2,1% pertenece a América Latina, en donde Colombia ocupa el primer lugar en cantidad y calidad del carbón existente en su subsuelo.

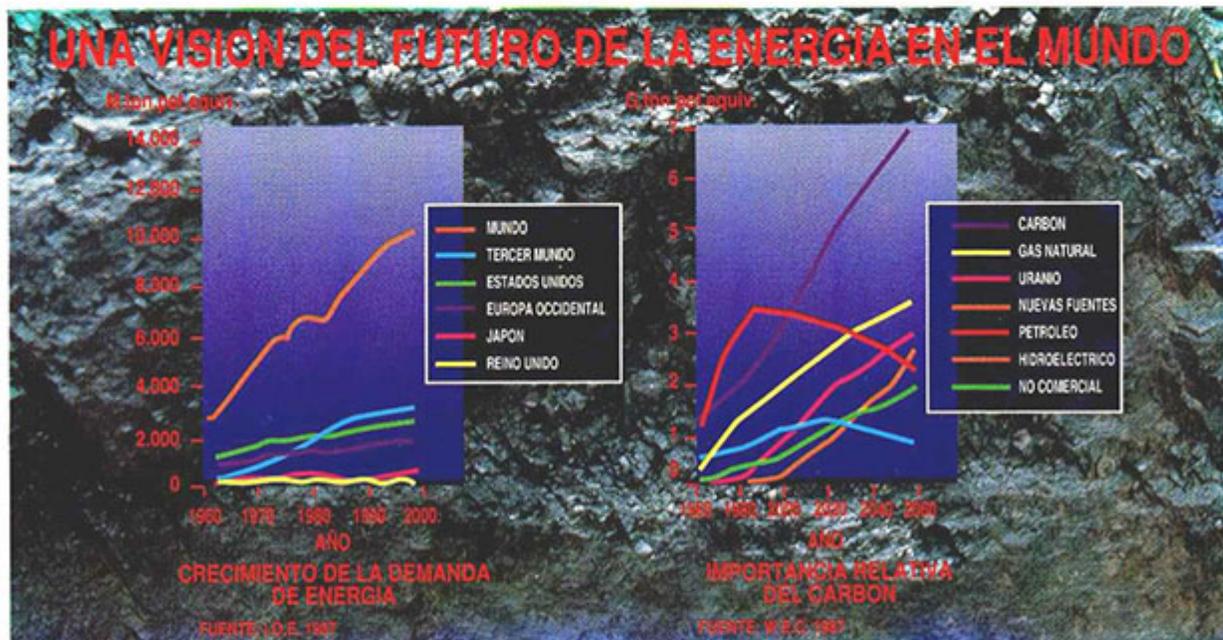
El hecho de que el carbón se encuentre más armónicamente distribuido por todos los continentes que el petróleo y el gas, hace que los futuros suministros de combustibles fósiles se basen en este energético. Obviamente, su producción y transporte es menos vulnerable que el de los hidrocarburos, cuyas reservas se encuentran entre un 65% y 70% en el Medio Oriente. Ya hemos visto cómo una simple reducción del 5% en los suministros de petróleo trajo como consecuencia todo un desbarajuste en la economía del planeta. Un simple accidente que, de pronto, tapone la salida del Golfo Pérsico puede causar serios traumas a la economía mundial, mientras que en el caso del carbón esto nunca ocurrirá porque este recurso se mueve internacionalmente a través de numerosas rutas marítimas sumamente seguras y

confiables, y debe tenerse en cuenta que tal movimiento equivale apenas al 11% de la producción total, mientras que la mitad de la producción de petróleo se comercializa internacionalmente.

Todo esto hace que el carbón sea una fuente de energía mucho más segura y confiable para la humanidad que el resto de los recursos fósiles existentes en el planeta. Que el carbón es, además, un energético barato lo demuestra el hecho de que aun con la gran caída de los precios del petróleo y el gas ocurrida a mediados de los años ochenta, el carbón se mantuvo como el combustible fósil menos costoso para la economía mundial, y se prevé, además, que para el año 2010 los precios de los hidrocarburos crecerán entre seis y ocho veces más que los del carbón para la misma unidad térmica. En Colombia el costo económico del carbón es 4,92 veces menos que el costo del gas natural; 7,48 veces menos que el kerosene; 8,52 menos que la gasolina; 9,28 menos que el propano y 30 veces menos que la electricidad, siendo, además, dicho energético el que no cuenta con ningún subsidio gubernamental (figura 2).

Estas verdades inobjetables han permitido que el carbón abastezca hoy más de la cuarta parte de las necesidades energéticas de la humanidad y que, por ejemplo, una cuarta parte de la energía primaria consumida por los Estados Unidos provenga del carbón, que un

Figura 1



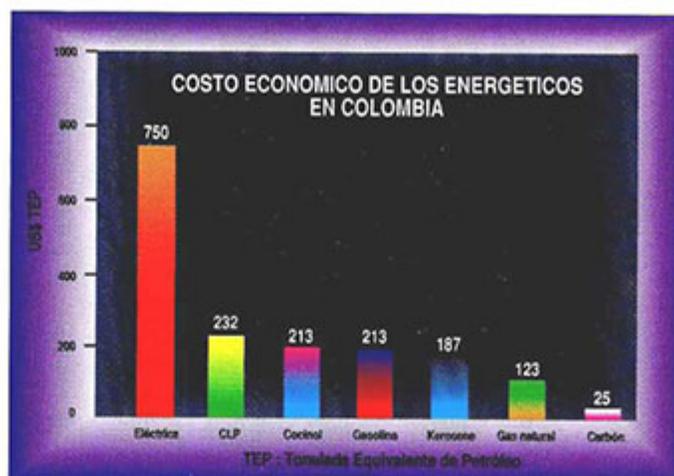


Figura 2

57% de la electricidad que utilizan los consumidores del país del norte sea producida con este energético y que cada norteamericano consuma hoy 19 libras de carbón por día en forma de electricidad, lo cual equivale a un ahorro en importaciones de 3,2 millones de barriles diarios de petróleo.

Más aún, a nivel mundial se estima que un 47% de la electricidad que hoy consume el planeta se genera con carbón (figura 3), y el Banco Mundial afirma que el crecimiento de la demanda de energía en los países en desarrollo es de un 6,6% por año durante la presente década, teniendo en cuenta que el 48,8% del incremento en la generación de electricidad en estos países durante la década pasada se hizo con base en el carbón, un 29,4% correspondió a hidroelectricidad, y un 11,7% se desarrolló con gas, mientras que un 7,3% fue nuclear, y esta tendencia parece que se va a mantener, por lo menos, hasta el año 2000.

Crecimiento, proyecciones futuras e impacto ambiental

Casos excepcionales como el de Indonesia, que pasará de 1,3 gigavatios de generación eléctrica a base de carbón en 1990 a 10 gigavatios en el año 2000, o el de México, que instalará cerca de 7.000 MW a carbón durante la presente década, o el de los países asiáticos de la cuenca del Pacífico, que deben instalar 110.000 MW a base de carbón de aquí al año 2000 a través de 152 nuevas plantas diseñadas o en construcción, con lo cual se pasará de 42.352 MW en Asia (sin incluir a Japón) a 92.381 MW durante la presente década, muestran un panorama sumamente claro para el futuro del carbón durante, por lo menos, las próximas dos décadas.

Para atender la demanda de carbón en los Estados Unidos, 115.141 mineros trabajaban

en 3.273 minas que produjeron 1.018 millones de toneladas cortas en 1990 y generaron más de US\$20 mil millones anuales en ventas y US\$4 mil millones en divisas. En Colombia estas cifras son de 1.290 minas, 22.000 mineros, alrededor de US\$800 millones en ventas y US\$570 millones en divisas.

La producción mundial de carbón (sin incluir lignitos) en 1991 se estima que fue de 3.636 millones de toneladas métricas, de las cuales únicamente 440 millones se comercializaron internacionalmente. Los principales productores fueron la China con un 27%, los Estados Unidos con 24%, Sudáfrica con 20%, la ex-Unión Soviética con 16% y Australia con 5% (figura 4).

Se estima que el mercado internacional del carbón continuará expandiéndose hasta llegar a 565 millones de toneladas anuales en el año 2000 y a 661 millones en el año 2010. Colombia ocupa el octavo lugar en este importante mercado. En 1990 Australia exportó 117,3 millones de toneladas, los Estados Unidos 105,5 millones, Sudáfrica 54,4 millones, la ex-Unión Soviética 41,9 millones, Canadá 33,8, Polonia 30,9, la China 19,5 y Colombia 15,3 millones.

Una industria de este tamaño, no puede menos que repercutir sobre el medio ambiente, razón por la cual, desde hace ya más de dos décadas, se ha venido trabajando positivamente en la forma de minimizar su impacto, al igual que el de los demás combustibles fósiles. Para el sector del carbón, el imperativo es asegurar que este energético sea producido, transportado y utilizado en la forma más limpia y eficiente posible.

Las exigencias ambientales pueden ser satisfechas, y lo están siendo. Hoy en día las compañías mineras son generalmente muy responsables. Las explotaciones de carbón no tienen por qué ofender la vista, y las modernas técnicas de restauración frecuentemente dejan

el terreno en mejores condiciones que antes de iniciarse las labores mineras. A diferencia de otros combustibles fósiles, los riesgos inherentes al transporte marítimo y terrestre del carbón son mínimos, debido a que el carbón no resulta peligroso ni en su transporte ni en su almacenamiento. Ello contrasta vivamente con la experiencia que se tiene con los hidrocarburos, la cual ha sido catastrófica. Basta citar los casos recientes del "Exxon Valdez", los pozos petroleros de Kuwait, la contaminación masiva del Golfo de Génova, el desastre ecológico en Australia Occidental, las islas Shetland, la explosión de gas ocurrida en México y los diarios atentados con explosivos contra los oleoductos y gasoductos colombianos.

El "carbón limpio": tecnología y legislación

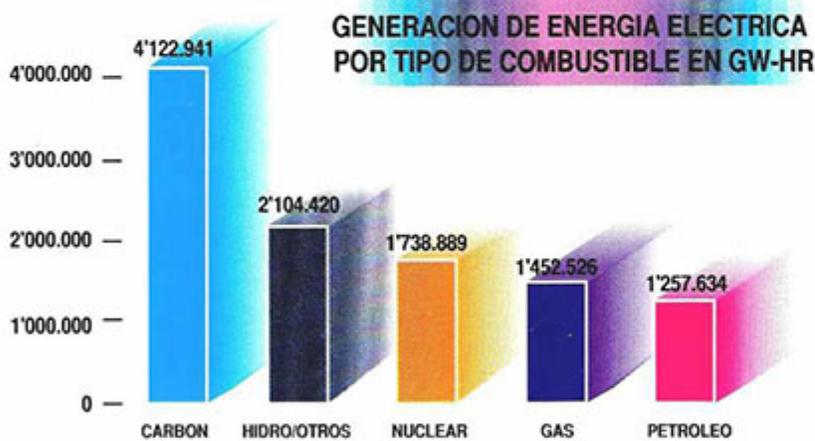
En cuanto a la combustión del carbón, se ha dedicado mucha investigación al uso limpio de este combustible, y continúan realizándose

En efecto, hoy operan comercialmente tecnologías que eliminan entre un 90% a 99% del SO₂ y entre un 80% a 90% del NO_x producidos durante los procesos de combustión del carbón. Todo este proceso se inició en los Estados Unidos en 1970, cuando se aprobó la "Clean Air Act", o Ley del Aire Limpio, que obligó a reducir en un 25% las emisiones de SO₂ (comparadas con los niveles de 1970) y a mantener constantes las de NO_x, a pesar de que el consumo de carbón aumentó en un 80% en dicho país entre 1970 y 1990. Este esfuerzo tecnológico ha implicado un gasto de alrededor de US\$100 mil millones en la sola captura del SO₂ cuyas emisiones, en 1973, ascendían a 30 millones de toneladas por año y hoy equivalen a unos 20 millones, cifra que, coincidentalmente, resulta ser igual a las de NO_x, las cuales han permanecido constantes durante los últimos 20 años en dicho país como resultado de los reglamentos impuestos en 1970.

En diciembre de 1985, el Congreso de los Estados Unidos expidió la ley 99-190, que encargó al Departamento de Energía llevar a cabo con el sector privado un programa para desarrollar nuevos procesos que permitieran un uso más limpio del carbón, estableciendo para ello una apropiación presupuestal por parte del gobierno federal de US\$2.747,6 millones. En esta forma fue posible implementar nuevas tecnologías que permiten reducir sustancialmente las emisiones asociadas con la "lluvia ácida" y que pueden ser instaladas en una cualquiera de las tres etapas de la cadena de uso del carbón, desde la mina hasta la planta de consumo.

Hoy existen, por ejemplo, tecnologías que permiten remover azufre y otras impurezas antes de la combustión, por medio de procedimientos físicos (utilizando

plantas de lavado), químicos (agregando sodio o potasio en lechos fundidos) o biológicos (a través de microorganismos que "comen" azufre orgánico). También puede hacerse dicha limpieza durante la combustión utilizando, por ejemplo, lechos fluidizados o combustores avanzados, o, después de la combustión, con "scrubbers", separadores, etc., reduciendo casi en forma total las emisiones e incrementando, en la mayoría de los casos, la eficiencia de las plantas.



Fuente: O.E.C.D. 1988

Figura 3

grandes esfuerzos en este mismo sentido. Con base en lo que se ha conseguido hasta la fecha, se espera, por tanto, que en el futuro el carbón podrá ayudar a crecer a nuestro país y a nuestros socios comerciales, sin llegar a poner en peligro la ecología de la tierra, utilizando para ello la serie de tecnologías avanzadas conocidas como "Clean Coal Technologies", que permiten quemar el carbón con una muy notable reducción de las emisiones, a muy bajo costo.

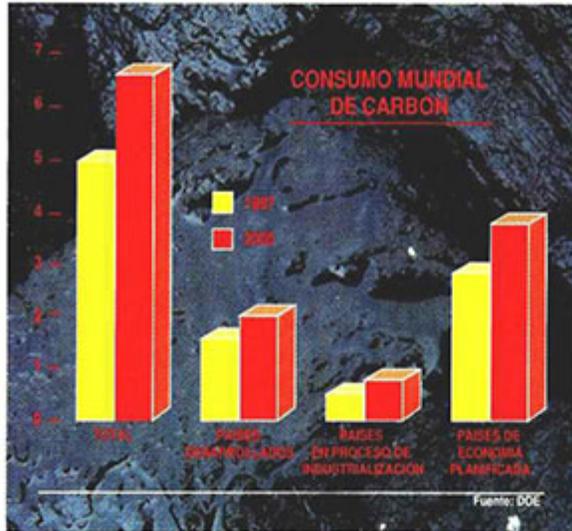


Figura 4

Sobre este tema de la **eficiencia** es importante tener en cuenta que las primeras plantas productoras de energía con base en el carbón que sirvieron para sustentar el inicio de la era industrial, apenas si aprovechaban un 5% de la energía del combustible con que eran alimentadas, y que la tecnología más avanzada que hoy existe en el mercado se desarrolló en los años 50 y 60 con eficiencias cercanas al 35%, habiendo crecido las calderas respectivas de 50 kilovatios a 1.200 megavatios durante este mismo periodo. Las nuevas plantas que actualmente se están construyendo con la tecnología del **"carbón limpio"** tienen eficiencias del orden del 40% al 45%, con posibilidades de incrementarse en el futuro si, por ejemplo, utilizan "ciclos combinados" o sistemas de "conversión" a líquido o a gas del carbón utilizado por ellas, con la ventaja de que los costos de inversión por unidad (por ejemplo, por KW instalado) son muy similares a los de aquellas que hoy se encuentran disponibles en el mercado.

Con estas tecnologías y con el solo aumento de la eficiencia se ha logrado reducir el consumo de combustible de 0,5 kg de carbón por KWH generado a 0,32 kg, con un ahorro del 35% en el combustible, reduciendo, obviamente, la contaminación ambiental y las necesidades de agua para enfriamiento, con lo cual la tendencia en el mundo actual es que vamos hacia un uso mucho más eficiente y limpio del carbón, y esto, sin duda, es bueno para el mundo entero y, por supuesto, para Colombia.

La tendencia en el mundo actual es que vamos hacia un uso mucho más eficiente y limpio del carbón.

La Ley del Aire Limpio de 1970 ha tenido varias "enmiendas" a través del tiempo, la última de las cuales tuvo lugar el 15 de noviembre de 1990. En ella se ordenó una reducción de las emisiones de SO₂ a partir del año 2000, en 10 millones de toneladas anuales, tomando como base los niveles reportados en 1980. Después de esa fecha el límite de emisiones de SO₂ no podrá sobrepasar los 8,9 millones de toneladas por año. Hoy, por ejemplo, cuesta en los Estados Unidos unos US\$300 por kilovatio instalar un sistema de control de emisiones para poder cumplir con las normas ambientales vigentes sobre el tema de la "lluvia ácida".

Del mismo modo, los países miembros de la Comunidad Europea deben cumplir con la directiva de Grandes Instalaciones de Combustión aprobada en 1988, además de tener que satisfacer cualquier otra limitación que llegue a establecer cada país en forma individual, como ocurre, por ejemplo, en Suecia en donde las nuevas centrales no pueden exceder de 50 gramos de emisiones de NO_x por gigajulio de entrada de energía.

El "efecto invernadero"

Este tema ha tomado mucha fuerza frente a la opinión pública en los últimos tiempos como un gran movimiento mundial, el cual tuvo su inicio a partir de la fecha en que un grupo de activistas encabezado por el profesor Singer de la Universidad de Virginia, obtuvo de las Naciones Unidas el apoyo para que un primer grupo de trabajo que se denominó el "Intergovernmental Panel of Climate Change" (IPCC) hiciera un estudio sobre dicho fenómeno. Al concluir su labor, el grupo elaboró un *Resumen Ejecutivo* de lo que ellos denominaron "Aval Científico del Cambio Climático", que fue entregado a las Naciones Unidas en el verano de 1990 y en el cual el IPCC:

Asegura:

1. Que hay un efecto invernadero natural presente en la atmósfera, sin el cual la tierra sería inhabitable porque las temperaturas serían demasiado bajas.

2. Que las emisiones de CO₂, CH₄, CFCs y N₂O derivadas de la actividad humana producen un calentamiento adicional del planeta como un toldo.

Considera como casi probado:

1. Que algunos gases afectan las condiciones climáticas más que otros, y que el CO₂ es el responsable de por lo menos el 50% del aumento del "efecto invernadero" (figura 5).

2. Que es necesario limitar las emisiones de estos gases para, por lo menos, mantener sus concentraciones en los niveles actuales.

3. En cuanto al CH₄, considera que se requiere reducirlo en un 15% a 20%, y que los CFCs deberían ser eliminados por su altísima tasa de crecimiento y su enorme efecto nocivo.

Con base en ello, anticipa:

1. Que la temperatura media del planeta aumentará 0,3°C por década si no se adoptan medidas para controlar la emisión de estos gases, y que como consecuencia de esta predicción los océanos subirán su nivel en aproximadamente 6 cm por década.

2. Que los continentes experimentarán mayores aumentos en las temperaturas que los océanos.

A partir de estas conclusiones y predicciones generales del IPCC el pánico del CO₂ fue

creciendo como una especie de "bola de nieve", a pesar de haber quedado incluido en dicho informe un llamado a la cautela acerca de los resultados de las investigaciones científicas. Así, por ejemplo, la Comisión de la Comunidad Europea tomó tales conclusiones y predicciones como base científica para su documento titulado *La Energía en Europa*, el cual, en julio de 1991, sirvió para proponer el establecimiento de un oneroso "impuesto al CO₂", que en caso de haber sido aprobado hubiera significado un incremento en el precio del carbón de US\$18 por tonelada en 1993 y de US\$60/ton en el año 2000.

Afortunadamente, en la reunión de Río de Janeiro esta propuesta de la Comunidad Europea no hizo tránsito, hasta el punto de que el comisionado para el Ambiente de esta organización, Ripa di Meana, declinó asistir a la "Cumbre de la Tierra", que él denominó, por esa época, el "cocktail party de Río".

Y digo afortunadamente, porque no está plenamente comprobado que lo que afirma el IPCC sea totalmente cierto científicamente. Más aún, han surgido muchas voces en contra de estas tesis dentro de la comunidad científica conocedora del tema, que, además, apoya la tesis del desarrollo sostenible o sustentable, por medio de la cual se trata de elevar la calidad de vida de las presentes generaciones sin amenazar el bienestar de las venideras.

EL EFECTO INVERNADERO

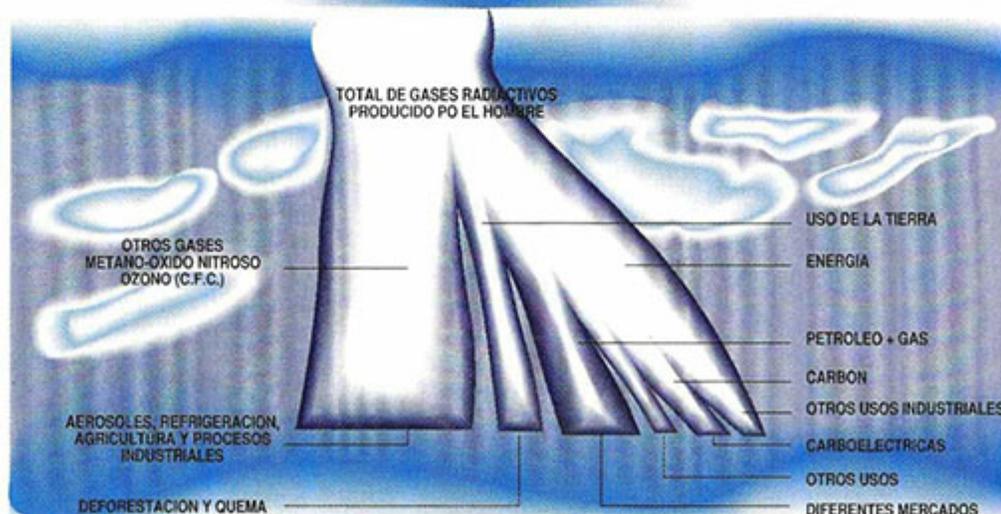


Figura 5

El carbón continuará desempeñando un papel muy importante como fuente de energía para las economías del mundo.

En efecto, poco antes de la Cumbre de Río, 46 expertos internacionales (incluyendo 27 ganadores del Premio Nobel) pidieron a los líderes mundiales que "tuvieran cuidado en fijar estos objetivos ambientales y en tomar decisiones que estén sustentadas por argumentos pseudocientíficos o por datos falsos o no relevantes", y tal vez por ello el señor Di Meana canceló su viaje a Río.

Ahora, como simple habitante de este planeta, yo me pregunto a veces sobre este tema, que por supuesto no domino, interrogándome a mí mismo sobre, por ejemplo, cómo es posible que el común de la gente acepte que resulta factible admitir la teoría de que la temperatura de la tierra aumentó 1°C en 50 años o más, cuando diariamente las temperaturas fluctúan,

a veces, 10°C o más. ¿Acaso no nos enseñaron en la escuela que el CO₂ existe en nuestra atmósfera desde que se creó el planeta y no existía vida en él, y que, además, el CO₂ es un estimulante del crecimiento de las plantas y, por tanto, podría contribuir a combatir el hambre existente en este mundo?

Más aún, si uno ha leído sobre este tema, de inmediato le vienen a la mente preguntas tales como ¿cuáles fueron las razones para que el doctor Sherwood Idso, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, afirmara que "si se dobla el contenido de CO₂ en la atmósfera se producirá un tremendo reverdecimiento del planeta"? ¿Cuáles fueron las razones para que una investigación en enero de 1992, realizada por la UNEP (United Nations Environment Program) y por la Organización Meteorológica Mundial, mostrara que "la capa de ozono tiende a enfriarse en vez de calentarse"? ¿Y que el director de Ciencias Atmosféricas del NERC (National Environment Research Council), doctor Tony Cox, dijera al conocer estas investigaciones que "esta nueva evidencia hace que este tema sea considerado como mucho más complejo de lo que pensábamos", e hiciera un llamado de cautela acerca de los resultados de las investigaciones referentes al cambio climático?

¿Cuál fue, además, la razón para que el director ejecutivo del famoso Instituto George C. Marshall, Jeffrey Salmon, dijera recientemente sobre este tema que "el problema del efecto invernadero no era un problema porque en 1980 los expertos habían afirmado que con el calentamiento del planeta se podrían derretir los casquetes polares y aumentar el nivel del océano en 25 pies (763 cm), mientras que en 1989 esta predicción se redujo únicamente a un pie (30,5 cm), y ahora resulta que para el año 2030 el nivel de los océanos probablemente bajará"?

Todo esto para mí es un claro mensaje de que hay que tener mucho cuidado con estos anuncios apocalípticos porque, además, no es difícil encontrar argumentos convincentes que refuten algunas de las afirmaciones de todos estos "expertos" sobre lo que podría llegar a suceder en el futuro.

Veamos, a continuación, algunos de estos argumentos que a mí se me han ocurrido últimamente para rebatir varias de las tesis que diariamente aparecen publicadas por los medios de comunicación:

- Cuando se reportan calentamientos locales, una explicación para ello podría ser que estas mediciones generalmente son realizadas por institutos localizados en grandes ciudades donde la población crece y, por tanto, allí hay un calentamiento natural que trae como consecuencia temperaturas más altas.

- Si la quema de combustibles fósiles causa un calentamiento de la tierra, ¿por qué la temperatura del planeta era más alta antes de la Revolución Industrial? (figura 6).

- Sobre el cáncer de la piel que se produciría por una disminución del espesor de la capa de ozono por efecto del CO₂, hecho que permitiría el libre paso de rayos ultravioletas que causarían esta enfermedad, es bueno anotar que la más alta radiación ultravioleta del planeta ocurre en el Ecuador (5.000% más alta que en los polos), zona en donde, precisamente, el cáncer de la piel es una enfermedad relativamente rara.

- En cuanto a la "desertificación", yo me pregunto ¿por qué, hace 2000 años, cuando la temperatura de la tierra era mucho más alta, los desiertos del Norte de África eran el granero del Imperio Romano? Si el clima es más cálido habrá, por supuesto, más evaporación y, por lo tanto, más nubes y lluvias que mejorarán la vegetación. A propósito, 17 científicos alemanes que dirigen institutos de investigación bajo la

dirección del doctor Burkhardt Frenzel de la Academia de Ciencias de Mainz, afirman que si la temperatura de la tierra aumentara 3°C, los desiertos se convertirían en tierras fértiles.

- Supongamos, por ahora, que la temperatura de la tierra va a aumentar. ¿No será que con ello nos ahorraremos mucha más energía que con cualquier otro programa de conservación energética.

Conclusiones

Terminemos todo esto con una última reflexión para concluir este tema. ¿Cómo podrán los países en desarrollo tratar de mejorar sus condiciones de vida sin el uso creciente de recursos fósiles, sin que aumenten las emisiones de CO₂?

Supongamos, por ejemplo, que se pudiera llegar a un acuerdo que permitiera reemplazar los actuales consumos de combustibles fósiles por otra fuente energética y que el mundo tratara de dejar de depender de estos recursos que hoy cubren el 90% de las necesidades de energía de la humanidad, o que sólo pensáramos en tratar de reemplazar el uso del carbón como productor de electricidad. El Rocky Mountain Institute estima que sólo para reemplazar las plantas térmicas a base de carbón en el mundo, se requiere construir una planta nuclear de un gigavatio (un millón de kilovatios) cada 2,5 días hasta el año 2025. De este tamaño sería el problema a resolver.

Y, adicionalmente, si es que existe un problema, resulta igualmente importante saber si va a seguir creciendo el consumo de carbón. La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, ECE, dijo en marzo del presente año en Ginebra que este consumo (sin incluir lignitos) pasará de 3.500 millones de toneladas en 1990 a 4.300 millones en el año 2010, lo cual quiere decir que el carbón continuará desempeñando un papel muy importante como fuente de energía para las economías del mundo, razón de más para que se busque la manera de tener un uso controlado y eficiente de éste y de los demás recursos fósiles que utiliza la humanidad en su diario vivir.

Sin embargo, yo soy optimista acerca de que nada malo va a suceder porque los avances tecnológicos van a permitir quemar más limpiamente el carbón y, además, soy un firme convencido de que su gasificación y licuefacción pronto se extenderán por todo el planeta. De

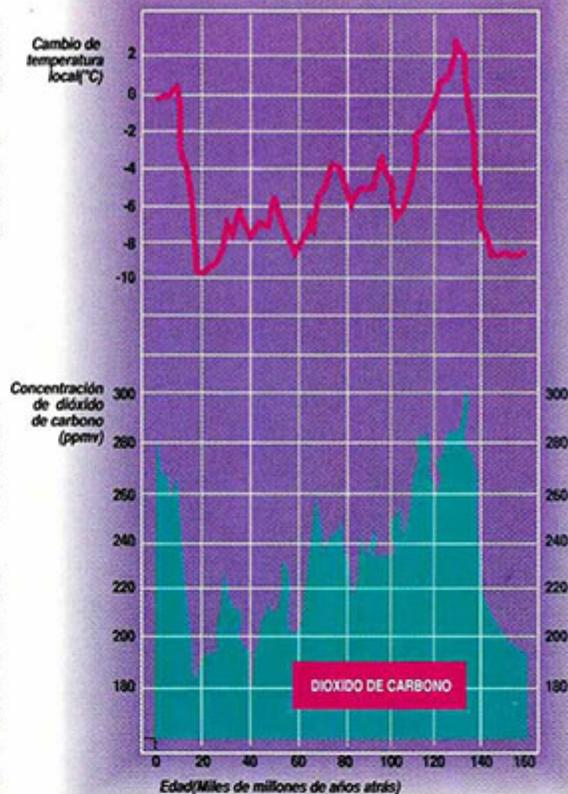


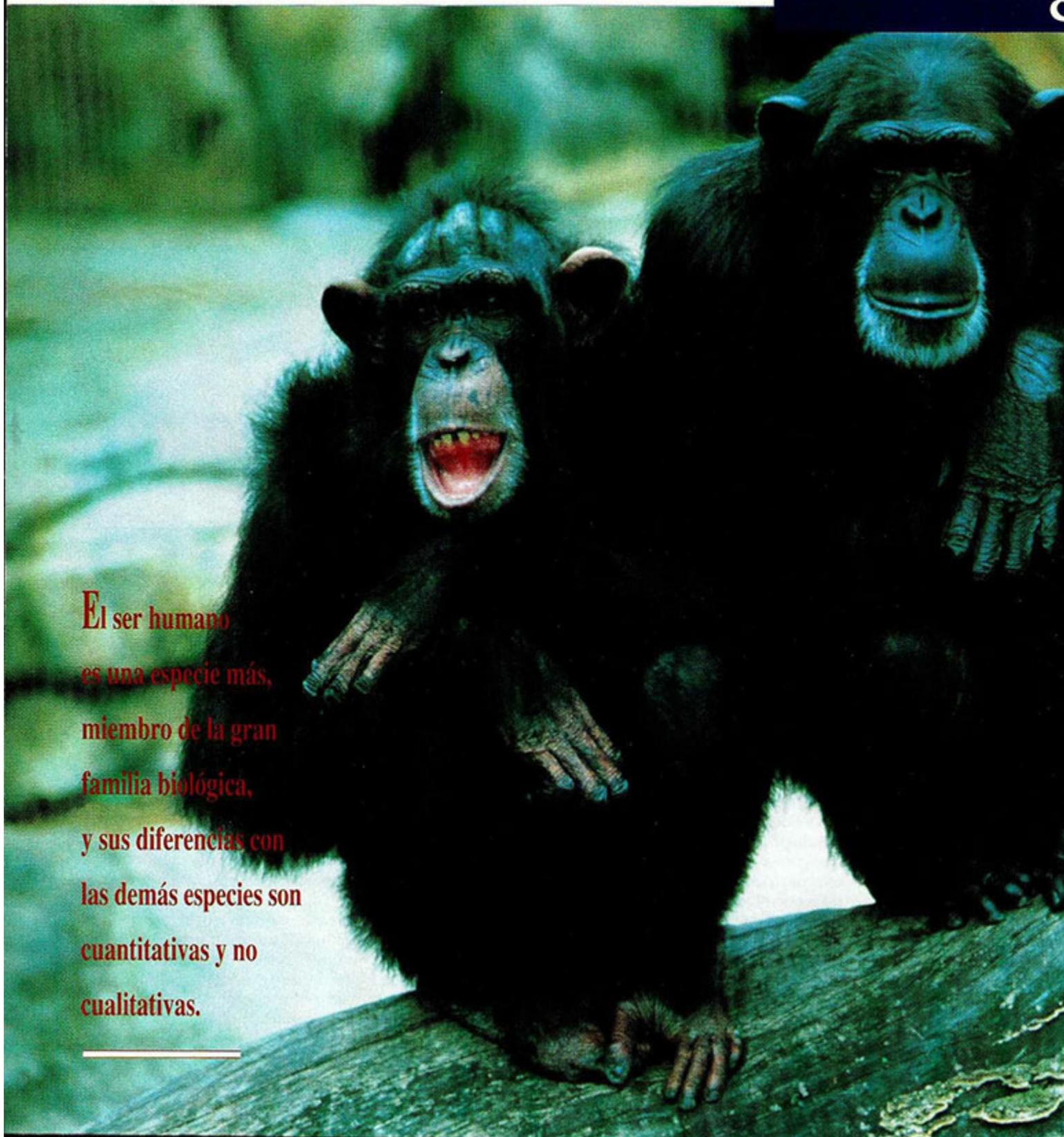
Figura 6

igual manera, espero que pronto va a estar disponible para sus habitantes la gasificación *in situ* de muchos carbones, lo cual permitirá que tengamos una energía mucho más limpia, incrementando, de paso, las reservas recuperables del energético más abundante, seguro y barato con que hoy cuenta la humanidad: **su carbón**.

Si alguien dice que el carbón contamina, no olvidemos que todos los acueductos del mundo lo utilizan como filtro y desodorante del agua requerida para consumo humano y que, por tanto, como mineral en bruto es inerte y no causa ningún daño a las personas, a las plantas o a los animales; que, cuando este mineral se explota queda "un hueco" que debemos y podemos manejar; que cuando se transporta, al igual que cualquier otro producto, se requiere hacerlo tomando aquellas medidas que recomiendan los técnicos; y que cuando se lo consume hay que tener en cuenta los reglamentos existentes en cada Estado o país.

El leng

El ser humano
es una especie más,
miembro de la gran
familia biológica,
y sus diferencias con
las demás especies son
cuantitativas y no
cualitativas.



Uaje de los monos superiores



Rubén Ardila
Departamento de Psicología
Universidad Nacional de Colombia

Uno de los problemas que más han interesado a los psicólogos y a otros especialistas en ciencias del comportamiento es el relacionado con las semejanzas y diferencias entre los seres humanos y otras especies animales. Desde Darwin hasta nuestros días, hemos insistido en la continuidad biológica y psicológica entre las diferentes especies. El ser humano es una especie más, miembro de la gran familia biológica, y sus diferencias con las demás especies son cuantitativas, no cualitativas. En otras palabras, no hay nada intrínsecamente diferente entre el hombre y los otros animales: se trata sólo de diferencias de grado. En muchos casos tales diferencias son muy amplias -son enormes diferencias-, pero siempre cuantitativas.

Tal idea, que hoy es parte de la ciencia contemporánea y que no se discute mucho, fue considerada "hereje" hace unas cuantas décadas. Se suponía que los hombres éramos cualitativamente diferentes de los animales no humanos. Incluso se afirmaba que los seres humanos no evolucionábamos, aunque sí lo hacía el universo, incluyendo nuestro sistema solar, nuestro planeta, las plantas y los animales. Pero los hombres supuestamente éramos parte de un reino diferente (¿el "reino de Dios"?) y no del reino biológico. La evolución se aceptaba para las otras especies pero no para la especie humana.

Hoy todo esto ha cambiado, y se acepta que el hombre proviene de especies "inferiores" y que ha recorrido un largo camino en este planeta. Camino que parece haber empezado hace casi tres millones de años, en África. Camino que no ha terminado, obviamente.

Como organismos biológicos hemos cambiado, pero tales cambios son menos notorios que los cambios culturales.

La evolución hoy en día se estudia en niveles, cosmológico, biológico y psicosocial. Evolucionan las especies biológicas y evoluciona el hombre y su sociedad. Pero en el caso particular del ser humano, existen condiciones especiales, características que no com-

partimos con las demás especies. Ciertos caracteres distintivos del *Homo sapiens sapiens* no han variado durante un lapso muy largo de tiempo. Pero ha cambiado la capacidad de modificar el ambiente y de crear cultura. Este aspecto, la **cultura**, es lo que distingue nuestra especie. Como organismos biológicos hemos cambiado a lo largo del tiempo y vamos a seguir cambiando, pero tales cambios son menos notorios que los cambios culturales. La evolución psicosocial implica un cierto grado de dependencia del ambiente (búsqueda de nichos ecológicos y culturales), y también planeación consciente del futuro. Implica que cultivamos la tierra, criamos animales, nos protegemos de las inclemencias del tiempo, y además anticipamos lo que va a suceder, tenemos concepto del futuro, y tratamos de lograr un equilibrio armónico con la naturaleza. Equilibrio que no siempre se alcanza, pero que se considera una meta de la cultura humana.

Esa evolución psicosocial se fundamenta en lo que llamamos cultura, que es la parte del ambiente hecha por el hombre. Incluye elementos objetivos (por ejemplo la agricultura, el vestuario, la arquitectura) y subjetivos (las actitudes, las expectativas, las cogniciones). Una cultura se caracteriza por aspectos objetivos y subjetivos y tiende a perpetuarse.

Dentro de dicha conceptualización el **lenguaje** ocupa un lugar prioritario. Es muy poco probable -o casi imposible- que se desarrolle una cultura sin la presencia del lenguaje. Se requiere comunicación verbal y no verbal para que el ambiente físico y social se pueda transformar y se origine una cultura. Hoy podemos afirmar que gran parte de las diferencias observadas entre las especies subhumanas y el *Homo sapiens sapiens* se deben a la cultura. Y dentro de ella al lugar del lenguaje.

Existen varios aspectos en el lenguaje, la fonología (que tiene que ver con los sonidos), la sintaxis (estructura), la semántica (el significado de palabras y frases) y la pragmática (la utilización práctica de las habilidades de comunicación). El desarrollo de cada uno de estos aspectos ha sido estudiado ampliamente por lingüistas y psicólogos a lo largo de varias décadas.

Los monos superiores

A la humanidad le han causado gran curiosidad y fascinación los monos superiores -chimpancés, gorilas, orangutanes- por su semejanza con nuestra especie. Se ha afirmado que somos "primos" de estos primates, y en el pasado se consideró incluso que podían ser nuestros antepasados; hoy sabemos que eso no es cierto, sino que descendemos de un antecesor común a monos y hombres. Se dice que a un chimpancé "sólo le falta hablar..." para ser como un hombre. Es obvio que no sólo le falta un lenguaje similar al nuestro, sino también producir cultura, y muchas

otras cosas. Pero el lenguaje es una de las características distintivas de nuestra especie, que se suponía -tradicionalmente- que nos diferenciaba de los monos superiores, por muy parecidos que fueran a nosotros.

En las dos últimas décadas se comenzó a investigar la comunicación en los monos, por medio de situaciones que se asemejan al lenguaje humano. Se comenzó preguntando si los monos superiores hablan, si expresan ideas, conceptos, emociones, utilizando un proceso lingüístico similar al nuestro. ¿Serán capaces de aprender signos arbitrarios de comunicación, análogos al habla humana? Esta controversia se remonta por lo menos a 100 años, y reaparece de vez en cuando en los círculos científicos. Desde que Darwin postuló que los hombres y los monos tenemos mucho en común, la diferencia más obvia y aparente -el lenguaje- ha llamado profundamente la atención de los especialistas en evolución y en psicología animal. Hace dos décadas se comenzó a trabajar el problema en forma experimental.

Los antecedentes importantes de esta área de investigación se encuentran en los esfuerzos por enseñar a "hablar" el lenguaje humano a los monos. Esto tuvo poco éxito: aprendieron a emitir cuatro o cinco palabras, después de muchos meses de entrenamiento.

Los científicos explicaron este fracaso señalando que el sistema de fonación de los monos es muy limitado y no puede emitir los sonidos humanos. En otras palabras, que los chimpancés no hablan no porque no tengan nada que decir, sino porque su sistema de fonación no se lo permite. Es una limitación a nivel periférico y no central (del sistema nervioso). Las loras, por el contrario, son capaces de imitar algunos sonidos humanos pero sin entenderlos; en ellas la limitación se presenta a nivel central y no periférico.

**Es obvio que
al chimpancé no sólo
le falta un lenguaje
similar al nuestro, sino
también producir cultura,
y muchas otras cosas,
para ser como el hombre.**

Köhler, un psicólogo alemán, investigó la inteligencia de los chimpancés y aclaró que estos animales son capaces de solucionar problemas complejos y que poseen un repertorio conductual altamente desarrollado. Según Köhler, los chimpancés son capaces de entender la situación problema y de solucionarla inteligentemente. El nivel de conceptualización de los primates es muy alto. Entonces permanece la incógnita: ¿por qué no hablan?

El siguiente paso consistió en grabar el "lenguaje" espontáneo de los monos, tanto en jardines zoológicos como en la selva. Se registraron y aislaron pautas sonoras específicas, que al presentarlas a otros monos producían una respuesta apropiada: sonidos de miedo, alegría, alerta, etc., eran comunes entre los chimpancés, y los animales parecían "entenderlos". Los investigadores sugirieron que parece existir un lenguaje en estos monos, pero bastante elemental y muy diferente del nuestro.

Se afirmaba en forma contundente que los animales no tienen la "intención" de comunicarse que es característica del lenguaje humano, y se pensó que esta era la principal diferencia entre lenguaje animal y lenguaje humano. Por ejemplo, si un chimpancé observa signos de fuego en su hábitat, grita desesperadamente y escapa de allí; no tendría la "intención" de comunicar este mensaje a los demás chimpancés, sino que trataría solamente de expresar una emoción. El hombre, por el contrario, si observa signos de que está comenzando un incendio, grita para comunicar a las demás personas que hay fuego y que es preciso escapar. En el caso del animal no habría intencionalidad, en el caso del hombre sí la habría.

Los trabajos de Terrace, hace una década y media, representan un enfoque nuevo y original en el estudio del lenguaje de los chimpancés. Terrace entrenó a Nim, un chimpancé que se crió en un ambiente hu-



Figura. Se requiere comunicación verbal y no verbal para que el ambiente físico y social se pueda transformar y se origine una cultura.

mano desde el momento de nacer, para que usara el lenguaje de los sordos (el «American Sign Language»), que está compuesto por movimientos de las manos y expresiones faciales. El chimpancé recibió su nombre -Nim- en honor a Noam Chomsky, el lingüista que afirma que sólo los seres humanos son capaces de manejar los aspectos creativos del lenguaje. Además afirma que el lenguaje es una característica de nuestra especie, básicamente innata. Esto no es lo que piensa Terrace ni los investigadores que han trabajado sobre el lenguaje en monos superiores.

El chimpancé pasó los primeros cuatro años de su vida en contacto con seres humanos, y aprendió muchos signos lingüísticos, de los que usan los sordos. Entre las palabras que aprendió a usar correctamente están las siguientes (en el orden en que las aprendió): beber, arriba, dulce, dar, más, comer, abrazar, limpiar, perro, abajo, etc. Terrace y su grupo de investigadores registraron más de 20.000 combinaciones de dos o más signos



Algunos críticos consideran que los animales aprenden a solucionar problemas y no realmente a comunicarse.

dadas por el chimpancé Nim. Las palabras no se le enseñaron en secuencias, pero el animal las combinó para formar frases sencillas. Si estas se parecen a la manera como el bebé humano usa el lenguaje, es algo que se discute entre los especialistas. Parecería que la mayor parte de las combinaciones de palabras obedecieran a reglas gramaticales, pero esto no se demostró nunca en forma concluyente.

Otra línea de investigación, diferente de la de Terrace, se debe a Premack y sus colaboradores. Ellos entrenaron chimpancés a utilizar símbolos de plástico (digamos un triángulo sobre un círculo) para expresar ideas complejas (por ejemplo "Quiero ir de paseo"). Estos símbolos son arbitrarios y el chimpancé los aprendió con relativa facilidad. Adquirió en esta forma un complejo repertorio que le permitió comunicarse, incluso al nivel de relaciones causales ("si A, entonces B") que se supone es uno de los pilares de la ciencia. Lo importante de los trabajos de Premack es que los símbolos de plástico son arbitrarios, como es básicamente arbitrario el lenguaje humano. Son signos aprendidos. Sirven para que el animal se comunique de manera intencional, lo cual se suponía que era exclusivo del hombre.

La comunicación por medio de símbolos geométricos posee la ventaja de eliminar el problema de las limitaciones en el sistema fonador de esta especie. Lo que se preguntan los especialistas es dónde queda la diferencia entre el lenguaje del hombre y el lenguaje del chimpancé.

Otros proyectos investigativos importantes de entrenar monos superiores a comunicarse de acuerdo con las categorías humanas, se deben a los esposos Gardner. Ellos entrenaron a una chimpancé llamada Washoe a producir 130 signos manuales, después de cuatro años de aprendizaje. Más adelante lograron los mismos resultados en otros chimpancés, pero mucho más rápidamente.

Patterson entrenó gorilas a producir signos manuales y a entender algunos rudimentos del inglés hablado. Por otra parte, Savage-Rumbaugh y Rumbaugh utilizaron un sistema de lexigrama con base en el computador, con muy buenos resultados.

Objeciones

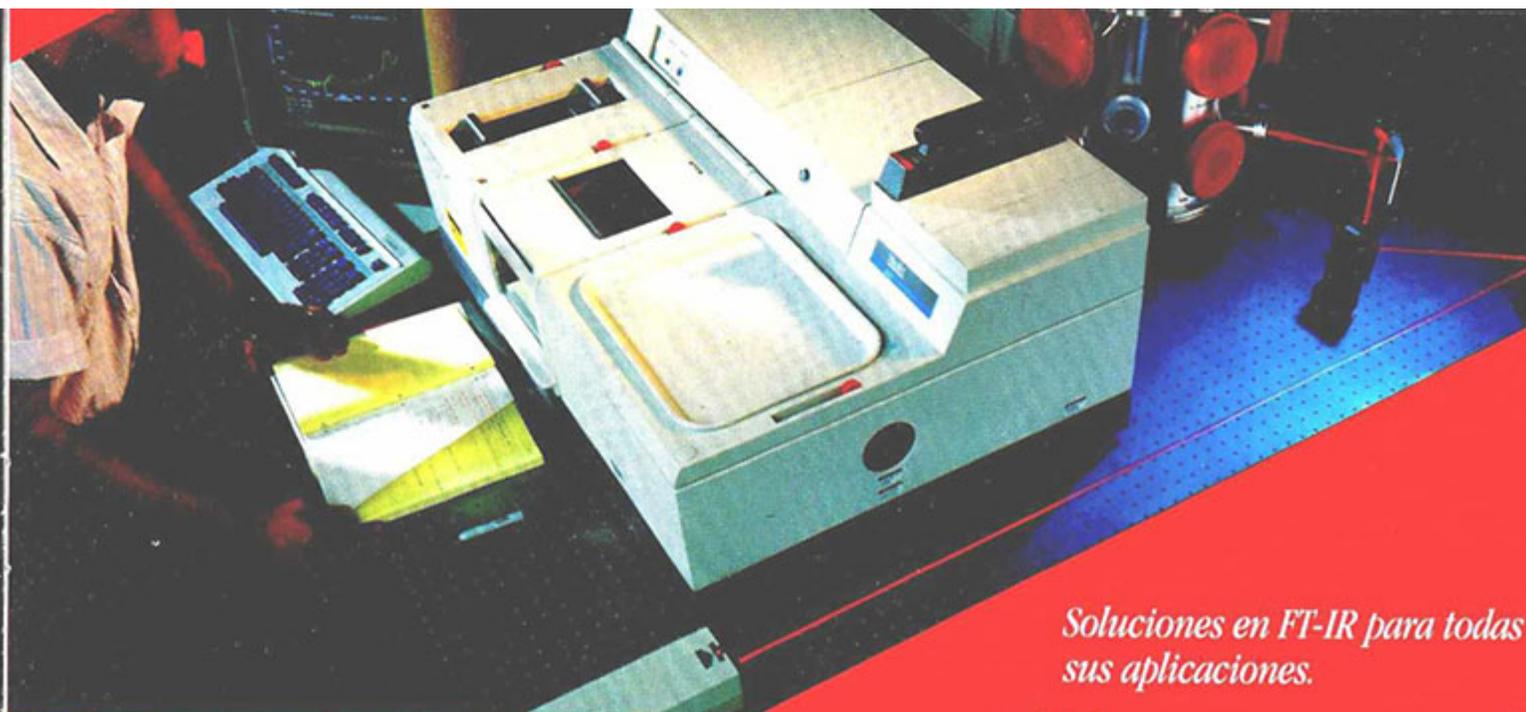
Todos estos trabajos, a pesar de su refinamiento metodológico, han sido objeto de críticas y de objeciones por parte de los psicólogos. Algunos críticos consideran que los animales aprenden a solucionar problemas y no realmente a comunicarse. Indican que la manera como el animal se expresa no es claramente lingüística, dado que no existe gramática. Las comunicaciones del animal son cortas,

EVENTOS QUE MULTIPLICAN SUS NEGOCIOS

Haga suya la experiencia de Corferias y programe desde ya, su participación en los certámenes de mayor éxito comercial.

CALENDARIO FIERAL 1993

- **COLOMBIAN SHOES AND LEATHER GOODS FAIR**
Es el evento que reúne en un solo sitio a los mejores productores nacionales e internacionales de artículos de cuero y calzado para exportación. **En asocio con ASOCUEROS, CORNICAL Y FEDECURTIDORES.**
Febrero 24-27
- **III EXPOSALUD**
Es el evento que reúne a fabricantes e importadores, congregados entorno a los avances científicos en equipos médicos, odontológicos y hospitalarios. **Con auspicio de LA ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA.**
Agosto 24-29
- **VITRINA TURISTICA DE ANATO**
Es el certamen especializado más importante del sector turístico que se realiza en Colombia, con la presencia de los agentes de viajes, oficinas de turismo internacional, transportadores, servicios, hoteles y restaurantes. **En asocio con ANATO.**
Marzo 3-5
- **VI FERIA INTERNACIONAL DEL LIBRO**
Es la cita cultural y comercial más importante del año, entre lectores, editores, importadores y famosos autores de varios países. México país invitado de honor. **En asocio con LA CAMARA COLOMBIANA DEL LIBRO**
Abril 21-Mayo 3
- **II EXPOCONSTRUCCION Y EXPODISENO**
Es el evento con carácter internacional que reúne en un solo recinto los productos, materiales, equipos y avances tecnológicos de la construcción y el diseño arquitectónico, industrial y visual. **En asocio con CAMACOL Y PRODISENO**
Mayo 13-23
- **EXPOMILITAR**
Gran exhibición de la dotación militar colombiana. Con la participación de las empresas proveedoras de las fuerzas militares. **En asocio con EL EJERCITO DE COLOMBIA**
Mayo 28-Junio 7
- **GONDOLA**
Encuentro de los supermercados y almacenes por departamento. **En asocio con FENALCO NACIONAL.**
Junio 9-11
- **EXPOPARTES**
Reúne productores y representantes nacionales e internacionales de las mejores casas de piezas para automotores. **En asocio con ASOPARTES.**
Junio 15-19
- **IX AGROEXPO**
Es la feria más importante de América Latina, con la última en maquinaria agrícola, salones especializados del sector, además de una destacada exposición ganadera, equina y de especies menores.
Julio 14-25
- **COLOMBIAN SHOES AND LEATHER GOODS FAIR**
En asocio con ASOCUEROS, CORNICAL Y FEDECURTIDORES
Agosto 4-7
- **PROFLORA**
Es la feria internacional de las flores, donde se resalta la imagen de la floricultura colombiana. **Organizada por ASOCOLFLORES**
Septiembre 1-5
- **X FERIA DEL HOGAR**
Certamen con el atractivo de venta directa al público de bienes de consumo nacionales e importados.
Septiembre 17-Octubre 3
- **JUVENALIA**
Festival de la infancia y la juventud recoge y divulga la inquietud juvenil a través de sus expositores; cuyos productos están directamente relacionados con el público infantil y juvenil, nuestros invitados de honor.
Septiembre 17-Octubre 3
- **EXPOCIENCIA**
En el marco de la apertura económica es la muestra de los últimos avances científicos y tecnológicos a nivel nacional e internacional. **En asocio con LA ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA.**
Octubre 7-15
- **XII COMPUXPO-SOFTWARE II TELEXPO**
Es la feria internacional especializada que pone al servicio de Colombia lo último en computadores, programas y equipos de oficina. **En asocio con ACIS y ACUC**
Octubre 21-28
- **EXPOENERGIA (MINAS, PETROLEOS, ENERGIA ELECTRICA)**
Amplia el horizonte económico del sector en los cinco continentes, con equipos, tecnología y nuevas inversiones.
Noviembre 3-7
- **ANDIGRAFICA 93**
Feria Internacional de la Industria Gráfica. **En asocio con ANDIGRAF**
Noviembre 16-21
- **FERIA INTERNACIONAL DEL AUTOMOVIL (SALON NAUTICO Y AEREO)**
Muestra comercial y deportiva que exhibe los últimos modelos de automóviles, motos, lanchas y accesorios.
Noviembre 25-Diciembre 5
- **III EXPOARTESANIAS**
Con lo más representativo en artesanías colombianas y de otros países. **En asocio con ARTESANIAS DE COLOMBIA**
Diciembre 10-19



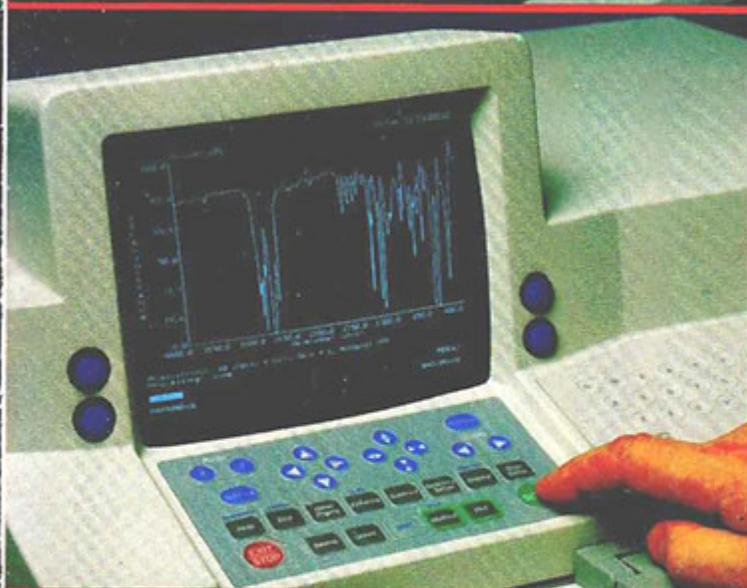
Soluciones en FT-IR para todas sus aplicaciones.

Espectroscopia FT-IR

para la década del 90

*Investigación
Control de Calidad
Análisis Dedicado*

En el mercado de FT-IR, solamente NICOLET puede responder a todas sus necesidades, desde el laboratorio de Investigación y Desarrollo hasta la planta de producción. Nicolet le da las máximas ventajas del FT-IR.



Nicolet

INSTRUMENTS OF DISCOVERY



Representantes en América Latina:

Argentina—Eidomet SRL
Tel. 54-1-534-6207 Fax: 54-1-534-1757

Brasil—Ambriex S.A.
Tel. (11) 826-6722 Fax: (11) 67-1870

Chile—Coasín Instrumentación Ltda.
Tel. 22 50 645/1848 Fax: 497 450

Colombia—Instrumentación Ltda.
Tel. (1) 612-1313 Fax: (1) 612-0805

México—Instrumentos de Alta Tecnología
Tel. (5) 554-9568/9908 Fax: (5) 554-9572

Venezuela—Equilab C.A.
Tel. 299-32-33 Fax: 299-52-05

Nicolet Analytical Instruments / 5225 Verona Rd. / Madison, WI U.S.A. 53711 / (608) 271-5333 / Fax: (608) 273-6808



La bi

Las momias y esqueletos no son simples curiosidades de museo. Son un complejo mundo de información científica sobre el pasado.

Momias y huesos arqueológicos:

Bioantropología del pasado

Felipe Cárdenas-Arroyo
Centro de Estudios en Bioantropología,
Departamento de Antropología
Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, D.C.

Durante la historia de la humanidad, todas las sociedades han desarrollado formas diversas para disponer de los cuerpos de sus muertos. En algunas el ritual funerario dura apenas pocas horas, mientras que en otras pueden ser días o semanas. De la gran diversidad de prácticas funerarias que se conocen, la momificación intencional es tal vez la más interesante, pues no solamente fue corriente en tiempos pretéritos sino que aún se realiza en nuestra cultura occidental con las más avanzadas técnicas de preservación. Los antiguos aborígenes la practicaron en varias áreas de lo que hoy es Colombia, incluyendo las selvas del Darién, donde no se encuentra ningún ejemplar por la altísima humedad ambiental; las áreas del suroccidente en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, pero especialmente en los territorios muiscas de Boyacá y Cundinamarca. En algunas regiones de Santander se han encontrado muchas momias, aun cuando son cuerpos preservados por la acción de la naturaleza debido a la baja humedad y condiciones óptimas de baja descomposición orgánica. Los españoles que vinieron por estas tierras desde el siglo XVI, dejaron algunas descripciones sobre la

manera como los indígenas deshidrataban los cadáveres de la gente principal:

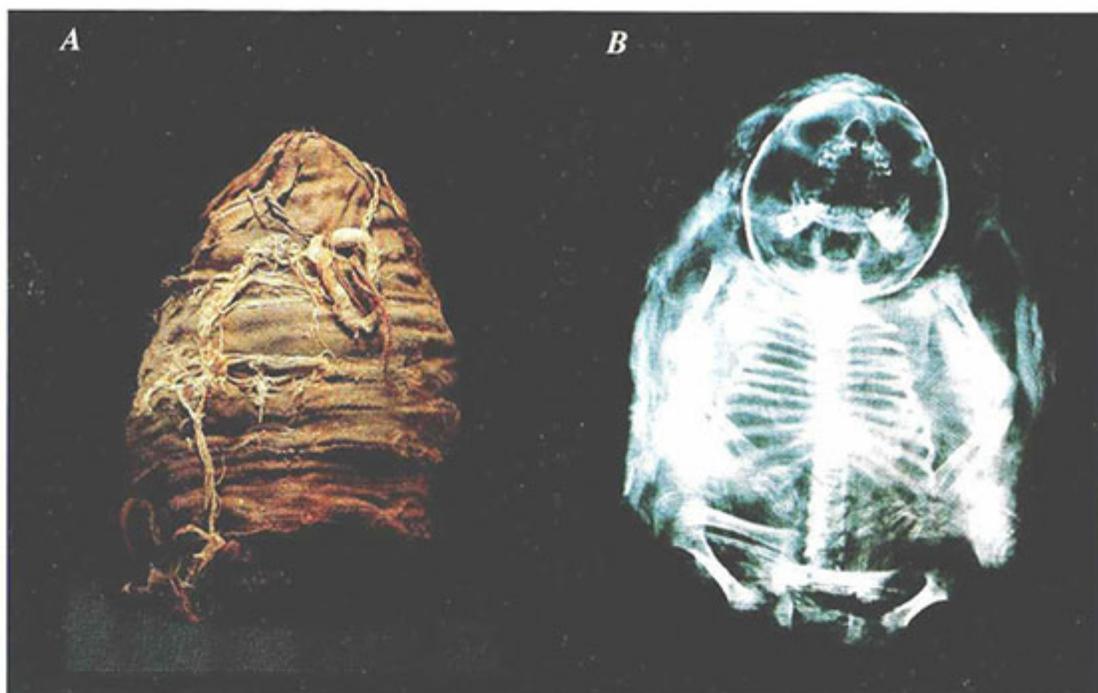
"...en algunas tierras, como la de Comagre, desecan los cuerpos de los reyes y señores al fuego poco a poco hasta consumir la carne. Asanlos, en fin, después de muertos, y aquello es embalsamar; dicen que duran así mucho. Atavianlos muy bien de ropa, oro, piedras y pluma; guárdanlos en los oratorios de palacio colgados o arrimados a las paredes"¹

Esta descripción de López de Gómara puede extenderse a todos los lugares donde se llevó a cabo la momificación artificial en Colombia. Nunca se emplearon sustancias especiales y tampoco se desarrollaron técnicas avanzadas para secar los cuerpos. Sencillamente se exponían a la acción del calor y, en algunas ocasiones, se evisceraban.

Los estudios recientes en restos humanos momificados y restos óseos arqueológicos suministran gran cantidad de información sobre la biología y la cultura de nuestros antepasados aborígenes. Aparte de ser un tema realmente apasionante para quien lo aborda, la bioantropología de las sociedades antiguas ofrece respuestas a ciertos interrogantes de vieja data, a la vez que genera nuevas incógni-

La bioantropología es una actividad interdisciplinaria; de allí su riqueza como metodología que reconstruye y explica el pasado aborígen.

Figura 1.
(A) Fardo funerario encontrado en Chiscas (Boyacá). Por dentro se encuentra la momia de un bebé de seis meses de nacido. Ha sido fechado por radiocarbono en 1750±55 d.C.
(B) Radiografía anteroposterior del fardo. Se observa claramente el grado de la erupción de los dientes y otras características que permiten estimar la edad del niño.



tas. Naturalmente, el avance de las investigaciones en esta subdisciplina de la antropología se debe en gran medida a los desarrollos tecnológicos de los últimos 20 años en ciencias como la química, la biología y la medicina; de manera, pues, que se trata de una actividad totalmente interdisciplinaria; de allí su riqueza como metodología que reconstruye y explica el pasado aborígen.

Las momias y los esqueletos encontrados por arqueólogos constituyen una especie de "enciclopedia" biológica del pasado que encierra la historia genética, médica, demográfica y cultural de las sociedades desaparecidas; pero, para dilucidar esa historia, ha sido necesario el desarrollo de métodos y técnicas especiales, obteniéndose resultados sorprendentes que permiten a los estudiosos ampliar su visión del pasado aborígen.

Métodos no invasivos de estudio: escanografía computadorizada, radiología*

El completo estudio escanográfico y radiológico de las momias es primordial en este tipo de investigaciones. Por una parte, se evita la destrucción del espécimen, pues no es necesaria la disección del cuerpo. Con las imágenes producidas por el escáner se puede establecer si las momias tienen o no restos de vísceras, coprolitos (materias fecales secas), y permite su localización precisa, con lo cual

* Durante el curso de la investigación, el doctor Gustavo Echeverri ha realizado gentilmente estos estudios desde 1988, en las instalaciones de la Clínica del Country, en Santafé de Bogotá.

se facilita la extracción de muestras sin causar daños.²

La aplicación de escanografía y radiología en momias colombianas nos ha permitido realizar estudios completos en fardos funerarios sin necesidad de remover las telas. El que se ilustra en la **figura 1** proviene de la región de Chiscas, en Boyacá, fechado por radiocarbono en 1750±55 d.C, fecha ésta que evidencia la continuidad de la práctica de momificar transcurridos 200 años de conquista. Por dentro se encuentra la momia de un infante entre cinco y medio y seis meses de edad. Esta estimación se hizo observando el grado de erupción de los dientes deciduos, el desarrollo de los centros de osificación, y la suturación incompleta de huesos, como por ejemplo las vértebras. Gracias al escáner fue posible determinar cómo están dispuestas las telas del fardo y la colocación del niño.

En otro caso, la momia de una persona adulta (**figura 2**), el escáner reveló un objeto extraño dentro de la cavidad abdominal. Gracias a esta imagen fue posible realizar una cuidadosa incisión para remover el objeto, identificado como un cálculo biliar de aproximadamente tres y medio centímetros de diámetro (**recuadro**).

La dieta y la dinámica demográfica en el pasado

Uno de los principales objetivos de los arqueólogos es aprender qué comían las personas en el pasado. Esta información es difícil de encontrar, pues muchas veces se limita a dimi-

Las momias y los esqueletos constituyen una especie de “enciclopedia” biológica del pasado que encierra la historia genética, médica, demográfica y cultural de las sociedades desaparecidas.

nutos granos de polen que no son observables a simple vista, o macrorrestos de flora y fauna muy fragmentados. Sin embargo, con esos datos los especialistas en palinología, suelos y medio ambiente realizan una gran labor en la reconstrucción de la utilización de los recursos alimenticios por parte de los grupos humanos antiguos.

En este campo la bioantropología juega un papel importante. Hace pocos años se

desarrolló una técnica capaz de recuperar la información acerca de la alimentación prehistórica en momias y huesos. Se fundamenta en la fijación de algunos isótopos en el colágeno y la apatita de huesos y tejidos blandos, siendo especialmente útiles los isótopos de carbono 13, nitrógeno 15, y estroncio-calcio.

El principio se fundamenta en la fotosíntesis de las plantas. Cuando éstas forman azúcares utilizan dos “rutas” o caminos. En una de ellas los vegetales sintetizan un producto de tres carbonos, por lo que se conocen como plantas C3. A este grupo corresponden aquellos productos vegetales de climas fríos, por ejemplo los tubérculos de altura como la papa, produciendo valores de aproximadamente -24 ó -25‰.

En la segunda ruta los vegetales sintetizan un producto de cuatro carbonos, por lo que se conocen como plantas C4. A este grupo corresponden aquellos productos vegetales de climas templados y cálidos, como el maíz, produciendo valores alrededor de -12‰. De tal forma, cuando obtenemos valores analíticos de -12‰ o mayores inferimos la preeminencia de plantas de climas cálidos en la dieta; mientras que si obtenemos valores menores, entre -13‰ y -25‰, lo interpretamos como el consumo de una combinación de plantas C4 y C3, o exclusivamente C4 hacia el extremo menor.^{3,4} Hasta aquí los valores son tomados en el colágeno; pero lo interesante resulta en que la diferencia entre los valores obtenidos entre el colágeno y la apatita indica la proporción de alimentación de carne animal en la dieta. A esta diferencia se la conoce

como “espaciamiento”, y es de gran utilidad para inferir los porcentajes de cada tipo de alimentos en una persona o en una población arqueológica.

Finalmente, la fijación del nitrógeno 15 suministra datos acerca del consumo de plantas terrestres y dieta marítima.³ Si los valores de este isótopo sobrepasan +8, indican el posible consumo de alimentos de mar; y si llegan a +20 o inclusive +30, no cabe duda de que la persona consumió básicamente dieta marina.

Tradicionalmente hemos considerado que la dieta de los habitantes prehispánicos se fundamentaba en el maíz, una planta C4. Esto lo indican las evidencias arqueológicas, como por ejemplo la recurrencia de metates y manos de moler, el hallazgo de tusas carbonizadas,⁵ los estudios de polen y las crónicas de la conquista. Sobre este asunto no cabe duda de que el maíz fue la base de la agricultura amerindia. Sin embargo, los resultados de isótopos en



Figura 2. Momia de una persona adulta. Presenta pintura en diversas partes de la cara y cabeza. Posiblemente originaria del altiplano cundiboyacense, aun cuando no hay referencias precisas de su proveniencia.

momias y restos óseos nos hacen pensar en que no es posible generalizar este modelo a todas partes. El consumo del maíz fue probablemente diferencial en las diversas regiones ocupadas por los indígenas de Colombia prehispánica y siempre vino acompañado por otros productos que, en el registro biológico, aparecen también como plantas C4, por ejemplo el frijol y la calabaza. Desafortunadamente, el método no permite diferenciar las especies de plantas consumidas, solamente los grandes grupos a los cuales pertenecen. Sin embargo, algunas mo-

mias de tierras intermedias mostraban evidencia de haber consumido una dieta en la cual los alimentos de climas fríos fueron importantes, indicando la existencia de un movimiento de recursos entre pisos térmicos diferentes. Algunas momias del altiplano y vertientes orientales de la Cordillera Oriental demostraron el posible consumo de dieta marítima.⁶ Este dato es particularmente interesante, porque se sabía del comercio de productos originarios del litoral hacia el interior, como por ejemplo conchas, cuentas para collares y sal marina; pero estos

Tomografía axial computadorizada

El principio fundamental del escáner o TAC (tomografía axial computadorizada) es la atenuación de un haz de rayos X cuando pasa a través de un objeto para luego reconstruir la imagen. En esta atenuación hay dos aspectos importantes: primero, hay absorción fotoeléctrica que determina la diferenciación entre tejidos, dependiendo de si son blandos con bajo peso atómico, o si son tejidos duros, como el hueso, con alto peso atómico; y segundo, el fenómeno de dispersión de Compton, que depende de la densidad del material escanografiado. El resultado final son imágenes internas del cuerpo que aparecen en una pantalla de computador en forma de secciones transversales. Allí se puede observar la presencia del contenido interno, cálculos (figura 3), fracturas, o problemas patológicos. También permite observar objetos extraños introducidos artificialmente en el cuerpo.



Figura 3:
El estudio escanográfico de las momias es de vital importancia en este tipo de investigaciones.
(A) Escáner de la momia: 1=cálculo biliar; 2=vértebra; 3=fémur; 4=tibia; 5=peroné.
(B) Cálculo biliar extraído de la momia.

datos sugieren que también se transportaba pescado, probablemente secado al sol, ahumado o transformado en harinas.

Vistos globalmente, los datos disponibles demuestran que para una población muisca cuya cronología está entre los siglos 8 y 10 d.C., conocida como "Las Delicias", localizada al suroccidente de Bogotá⁷, el consumo de alimentos vegetales en general constituía aproximadamente el 54% del total, mientras que el consumo de proteína animal alcanzaba un alto porcentaje de 46%, lo cual es considerable si se tiene en cuenta que los muiscas eran esencialmente grupos agricultores.

De los diversos aspectos que trata la bioantropología en restos arqueológicos se encuentra la paleodemografía. Tal como lo indica su nombre, esta disciplina busca explicar la dinámica de las poblaciones arqueológicas mediante la aplicación de fórmulas estadísticas y el uso de técnicas de la medicina forense para determinar las dos variables principales de toda población: la edad y el sexo. Cuando el arqueólogo cuenta con la buena fortuna de hallar restos óseos en buen estado de conservación, es posible construir tablas de vida y curvas de mortalidad, además de calcular la esperanza de vida de una población específica (Figura 5). Estos estudios son supremamente importantes porque permiten ver los patrones demográficos según los grupos de edad y según el sexo. Los valores estadísticos que se obtienen son, en-



Figura 4. Momia de un bebé muisca. Se encuentra envuelto en una pequeña manta de algodón.

tonces, la base sobre la cual se interpretan las actividades que pudieron ser la causa de las diferencias entre uno y otro sexo o entre grupos de edad. Así, por ejemplo, el paleodemógrafo puede inferir el consumo diferencial de alimentos entre hombres y mujeres, o quizás entre niños y adultos, para



Figura 5. Esperanzas de vida comparadas para dos poblaciones arqueológicas muiscas: siglos 8-10 d.C.



luego preguntarse por qué existían esas diferencias.

Dos cementerios arqueológicos muisca han sido investigados sobre el particular: el cementerio de La Candelaria, y el de Las Delicias, ambos en el suroccidente de Santafé de Bogotá. Para La Candelaria la esperanza de vida en la cohorte de los 0 a los 4 años de edad se calculó en 22,9 años; para Las Delicias en 11,7 años, y al juntar las dos poblaciones la esperanza de vida es de 19,7 años. Como puede verse, la mortalidad infantil en Las Delicias es muy alta, comparada con aquella de La Candelaria, lo que repercutió directamente en la esperanza de vida al nacer; y, en general, las tasas de mortalidad en las poblaciones aborígenes son muy altas en las primeras cohortes de edad. Hay diversas explicaciones para ello, pero dos de los principales factores son las

complicaciones en los partos que en aquellas épocas no podían tratarse con la urgencia requerida, y las infecciones y complicaciones médicas en los frágiles primeros años de vida.

Tipificación de grupos sanguíneos y aislamiento de anticuerpos

El grupo de trabajo en la Universidad de los Andes, encabezado por el doctor Felipe Guhl Nannetti, realizó diversas pruebas para tipificar grupos sanguíneos en las momias arqueológicas. Se aplicaron las técnicas de reacción de la aglutinación y de inmunofluorescencia. En la primera, la reacción se basa en que los antígenos A y B se distribuyen en todos los tejidos del cuerpo y que los anticuerpos tienen la capacidad de aglutinar los antígenos presentes en las células.

Reacción de
aglutinación
en una de
las momias
estudiadas.

En la segunda el principio se fundamenta en que se puede conjugar una molécula de un anticuerpo específico con un fluorocromo que, bajo la excitación de luz de onda corta, emite luz de longitud de onda mayor que el espectro visible. De esta forma se puede visualizar el antígeno homólogo del anticuerpo.⁸ Los tejidos rehidratados de dos momias prehispánicas fueron sometidos a las dos pruebas por Guhl y sus colaboradores, corroborándose en ambos casos los resultados: en una de las momias el grupo sanguíneo fue O; en la otra fue A.

Estos datos son el inicio de una larga cadena de investigaciones que permitirán establecer distancias genéticas entre las poblaciones prehispánicas de Colombia. Más interesante aún resulta el desarrollo de la técnica que permitió al mismo grupo de trabajo aislar y purificar inmunoglobulinas del tipo G (IgG) en los mismos especímenes mediante cromatografía de afinidad. La IgG purificada permite estudios paleoparasitológicos mediante ensayos inmunes, tales como inmunofluorescencia indirecta y ELISA.⁸

Las momias como registro de la historia sociopolítica aborígen

Aparte de toda esta tecnología altamente científica, las momias también se analizan dentro de los contextos sociopolítico y religioso. La sociedad muisca momificaba artificialmente los

cuerpos de personas importantes: caciques, "sacerdotes", y gente principal. Sus cuerpos secos eran llevados a los campos de batalla:

"Llevan a la guerra hombres muertos que fueron valientes, para animarse con ellos, y por ejemplo que no han de huir más que ellos, ni dejarlos en poder del enemigo..."¹

Esta actitud podía deberse a la necesidad de reforzar la imagen del poder político de algunos grupos o etnias sobre territorios específicos, cuya motivación subyacente sería el control de áreas importantes de explotación económica, bien fuese para la agricultura, la minería o la cacería de presas grandes como el venado. Aun cuando es cierto que existía una importante ideología religiosa, es necesario visualizar el fenómeno de la momificación en un sentido más amplio en el que la política y la economía entran a jugar papeles fundamentales, para entender ciertos fenómenos que anteriormente sólo se atribuían a los aspectos religiosos.⁹

Estos son algunos de los temas que actualmente se estudian en el campo de la bioantropología. Las momias y esqueletos no son simples curiosidades de museo. Son un complejo mundo de información científica sobre el pasado.

Bibliografía

1. López de Gómara, Francisco. *Historia General de Las Indias*. Espasa-Calpe. Madrid, 1552/1941.

2. Cárdenas Arroyo, Felipe. "The Application of Computer Assisted Tomography in a Mummy Bundle from Colombia". *Paleopathology Newsletter* 69: 13-14. Detroit, 1990.

3. Krueger, Harold W. "Exchange of Carbon with Biological Apatite". *Journal of Archaeological Science* 18: 355-361, 1991.

4. Krueger, Harold W & Sullivan, Charles H. "Models for Carbon Isotope Fractionation Between Diet and Bone". *Ac. Symposium Series No. 258, Stable Isotopes in Nutrition*. Am. Chemical Society, 1984.

5. Langebaek, Carl Henrik. "Informe preliminar sobre tusas de maíz arqueológico encontradas en Pasca, Cundinamarca". *Boletín de Arqueología* 2(3):50-59. FIAN-Banco de la República. Bogotá, 1989.

6. Cárdenas Arroyo, Felipe. "Reconstrucción química de la paleodietas en restos arqueológicos humanos del territorio muisca". *Memorias II Congreso Mundial de Arqueología, Barquisimeto. Museo del Oro, Banco de la República. Bogotá, 1992 (en prensa)*.

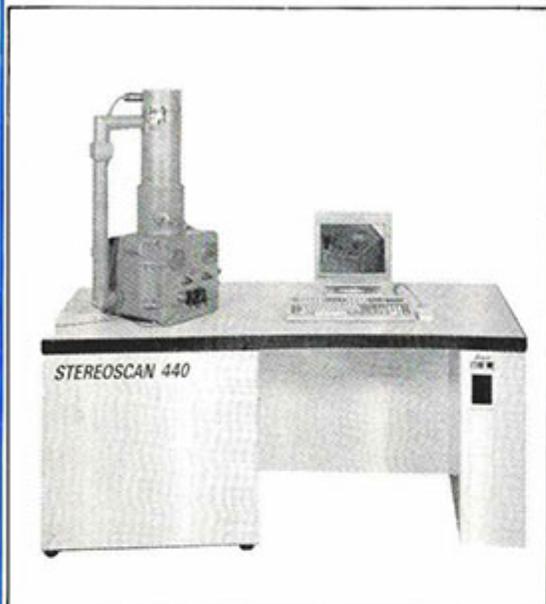
7. Enciso, Braidia Elena. "Arqueología de rescate en el barrio Las Delicias". *Revista Colombiana de Antropología* XXVIII: 155-160, 1990-1991.

8. Guhl Nannetti, Felipe y Cárdenas Arroyo, Felipe. *Paleoparasitología, paleopatología y genética prehistórica: un estudio interdisciplinario en momias arqueológicas. Fundación Para la Promoción de la Investigación y la Tecnología*. Banco de la República. Bogotá, 1992 (inédito).

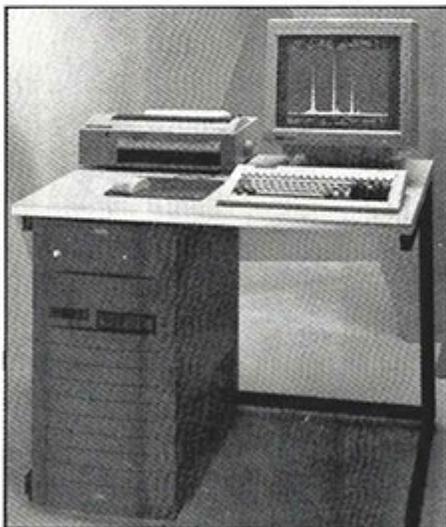
9. Langebaek, Carl Henrik. "Competencia por prestigio político y momificación en el norte de Suramérica y el istmo de Panamá". *Revista Colombiana de Antropología* XXIX: 7-26, 1992.

Leica

Microscopio Electrónico
de Barrido Modelo 440
la Nueva Generación SEM
a Bajo Precio.



OXFORD Instruments Microanalysis



Link e XL II
Sistema de Microanálisis
para su Microscopio Electrónico.

AROTEC

COLOMBIANA S.A.

CRA. 15 No. 38-23 - CONMUTADOR 2887799
TELEFAX 2853604 APARTADO 050862
TELEX 42142 SANTAFE DE BOGOTA D.C.

INSTRUMENTOS PARA CIENCIA Y TECNICA

AROTEC

*Un paso adelante en
Ciencia y Tecnología*

*Suscríbase al mejor
aliado de sus estudios e
investigaciones*

Innovación y Ciencia

*Todo lo que usted quería
saber para estar
adelante*



Cuenta con nosotros
Hay que creer en los
Correos de Colombia

Innovación
Ciencia

SUSCRIPCIÓN

Incluye 4 ejemplares y un número extraordinario con ocasión de EXPOCIENCIA 93.
Favor suscribirme a la revista, por el término de un año a partir de la edición N° _____ Vol _____

Valor suscripción	\$ 11.500 ()	Exterior Latinoamérica (aéreo)	US \$ 20 ()
Estudiantes con carnet vigente	\$ 8.000 ()	Exterior, otros (aéreo)	US \$ 25 ()
Ejemplar atrasado	\$ 2.200 ()		

Forma de pago: cheque efectivo
Credibanco Diners Credencial Tarjeta No _____
Consignación: Colmena - sucursal Galerías cuenta No 010-4500246931
Banco Popular - sucursal Galerías cuenta No 160-203196

Consignación a nombre de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia
* Autorizo renovación automática

Nombre _____
Dirección _____ Teléfono _____ Fax _____
Ciudad _____ Departamento _____ País _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____
Dependencia _____ Cargo _____
Fax _____ Fecha _____

FIRMA _____
c.c. _____

Enviar su cupón diligenciado al A.A. 92581 de Santafé de Bogotá (Anexar copia de la consignación)

SOCIOS
A.C.A.C
suscripción
gratuita,
incluida en
la cuota anual

Innovación
Ciencia

REGALO

Incluye 4 ejemplares y un número extraordinario con ocasión de EXPOCIENCIA 93.
Favor suscribir a la revista, por el término de un año a partir de la edición N° _____ Vol _____

A:
Nombre _____
Dirección _____ Teléfono _____ Fax _____
Ciudad _____ Departamento _____ País _____
Profesión _____ Especialidad _____

Regalo de:
Nombre _____
Dirección _____ Teléfono _____ Fax _____
Ciudad _____ Departamento _____ País _____
Profesión _____ Especialidad _____

FIRMA _____
c.c. _____

Forma de pago: cheque efectivo
Credibanco Diners Credencial Tarjeta No _____
Consignación: Colmena - sucursal Galerías cuenta No 010-4500246931
Banco Popular - sucursal Galerías cuenta No 160-203196

Consignación a nombre de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia
* Autorizo renovación automática

Valor suscripción	\$ 11.500 ()	Exterior Latinoamérica (aéreo)	US \$ 20 ()
Estudiantes con carnet vigente	\$ 8.000 ()	Exterior, otros (aéreo)	US \$ 25 ()
Ejemplar atrasado	\$ 2.200 ()		

Enviar su cupón diligenciado al A.A. 92581 de Santafé de Bogotá (Anexar copia de la consignación)

SOCIOS
A.C.A.C
suscripción
gratuita,
incluida en
la cuota anual

ASOCIACION COLOMBIANA PARA
EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581
SANTA FE DE BOGOTA

ASOCIACION COLOMBIANA PARA
EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581
SANTA FE DE BOGOTA

DNA

RNA

PROTEINAS/
PEPTIDOS

METABOLISMO
(LIPIDOS)

METABOLISMO
(GLUCIDOS)

BIO-RAD

**CLAVE PARA EL ESTUDIO DE LA
CIENCIA DE LA VIDA**

EQUIPOS PARA INVESTIGACIONES ANALITICAS,
BIOTECNOLOGIA Y BIOLOGIA MOLECULAR.

DOTAGIEN LTDA

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS PARA COLOMBIA

TELS: 2264225 - 2264848 FAX: (91) 2264848 CLL. 99A No. 57-45

Ciencia y Tecnología para el Desarrollo



**EXPO
CIENCIA**
1 9 9 3

Una ocasión para tratar temas sobre:

Industria Electrónica, Instrumentación Industrial, Robotica,
Automatización, Informática, Nuevas Tecnologías,
Centros de Investigación y Universidades



ASOCIACION
COLOMBIANA PARA EL
AVANCE DE LA CIENCIA

Teléfonos 221 3313 - 221 6769 - 221 7348 Fax 221 6950
Santafé de Bogotá, D.C.

Noticias A.C.A.C.

Expociencia
reúne lo más destacado
del potencial
creador nacional
e internacional
en Ciencia
y Tecnología.

EXPOCIENCIA 93 - UNA NUEVA CULTURA EMPRESARIAL

Para Colombia, la apertura económica significa la oportunidad de ampliar las exportaciones y de incrementar la competitividad de las empresas, y para lograr estos objetivos la transferencia de tecnología se hace cada vez más necesaria.

Por este motivo, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia y Corferías organizan Expociencia, evento que, entre el 7 y el 15 de octubre, reúne lo más destacado del potencial creador nacional e internacional en ciencia y tecnología en los campos de: desarrollo científico e innovaciones tecnológicas, procesos y equipos para el sector productivo, mejoras a los procesos de calidad, equipos e insumos para el sector productivo, información y servicios para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, programas de apoyo para la investigación y el avance tecnológico, y material para la enseñanza de las ciencias.

En Expociencia se darán cita la industria nacional e internacional, entidades estatales, universidades, centros e institutos de investigación, academias y sociedades científicas e inversionistas nacionales y extranjeros. Está confirmada la participación de China, Francia, España, Israel y Venezuela, que presentarán sus innovaciones en ciencia y tecnología para ponerlas al alcance de la empresa privada, la comunidad científica y el público en general.

Durante Expociencia-93 se llevarán a cabo diversos eventos de interés general, en los cuales usted también puede participar. Algunos de ellos son:

Ruedas de negociación:

Los inversionistas nacionales e internacionales encontrarán en

Expociencia-93 innovaciones y proyectos tecnológicos importantes, a los cuales pueden dar viabilidad. Durante la feria se realizarán ruedas de negociación para poner en contacto a la empresa privada con investigadores e innovadores.

Premio a los mejores proyectos de grado de ingeniería:

En Expociencia-93 se llevará a cabo la exhibición de los mejores proyectos de grado desarrollados por estudiantes de ingeniería en todas las facultades del país, que serán seleccionados a través de un concurso que se abrirá próximamente. La exposición abre así un espacio para estrechar los vínculos entre las universidades y el sector productivo, fomentando además la creación de nuevas empresas. Este evento resulta, además, muy conveniente si se tiene en cuenta que la feria es el punto de encuentro de importantes inversionistas a nivel mundial.

Encuentro Nacional de Coordinadores de investigación:

La situación actual de la ciencia en Colombia, los programas de fomento a la investigación en las instituciones de educación superior y las nuevas tecnologías generadas en el país o adaptadas a la realidad del mismo, serán los temas a tratar en el Encuentro Nacional de Coordinadores de Investigación, en el cual se darán cita más de 250 representantes de universidades y centros de investigación. El Icfes es el coordinador del evento.

Expocalidad:

En el marco de Expociencia se reunirán las empresas interesadas en demostrar cómo la filosofía de la calidad está presente en sus procesos de pro-

ducción, en sus servicios y en sus productos finales. Este es un espacio excepcional para demostrar la necesidad de la excelencia en los servicios y productos colombianos para competir en igualdad de condiciones frente a la gran variedad de bienes importados que llegan al mercado nacional.

***Premio Nacional al Mérito Científico:**

Con este premio la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (A.C.A.C.) y Granahorrar, recompensan anualmente la contribución que un ciudadano colombiano haya hecho o esté haciendo al desarrollo científico y tecnológico.

La presentación del candidato deberá hacerse mediante carta institucional, a la cual se anexará hoja de vida y copia de los trabajos que a juicio del proponente, lo hagan acreedor al galardón.

•Obra del candidato

Se recompensará la vida y obra de un ciudadano colombiano, que haya sido realizada primordialmente en Colombia y que represente una contribución importante a la ciencia o a la tecnología.

•Condiciones de participación

a) Presentación de los candidatos

Los candidatos al Premio Nacional al Mérito Científico pueden ser presentados por:

- Organismos Nacionales e Internacionales vinculados al fomento de la ciencia y tecnología
- Rectores y Decanos de Universidades
- Presidentes de Academias Científicas y Tecnológicas
- El Consejo Directivo de la A.C.A.C.
- Institutos y Centros de investigación.

b) Resultado

El veredicto se dará a conocer a través de los diferentes medios de comunicación.

c) El Premio

La persona distinguida con el Premio Nacional al Mérito Científico recibirá la suma de cinco millones de pesos (\$5'000.000) y un motivo conmemorativo. Igualmente, se publicará un libro sobre la vida y obra del ganador, quien se comprometerá a suministrar el material para tal efecto, antes del 27 de agosto de 1993. La entrega del Premio se realizará durante la inauguración de Expociencia-93.

La fecha límite para la presentación de candidatos será el 31 de agosto a las 5:00 p.m. en la sede de la asociación.



DESCORRIENDO EL VELO

Descorriendo la cortina verde: evolución de la biología tropical en Panamá. es el título de la muestra que presentará el Instituto de Investigaciones Tropicales Smithsonian, entre el 14 de abril y el 14 de mayo en Santafé de Bogotá.

La muestra ilustra la biodiversidad y la complejidad de los ecosistemas tropicales, terrestres y marinos, tomando como base la investigación realizada por el Instituto en Panamá. Durante la exposición se llevará a cabo un ciclo de conferencias sobre el medio ambiente, la diversidad biológica y la conservación de los ecosistemas.

Lugar: Salón Lleras - Universidad de los Andes, carrera 1 No. 18A-70. Teléfonos: 286 92 11 y 284 99 11.



UN NUEVO ENCUENTRO CON EL FUTURO

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, en asociación con la Escuela Pedagógica Experimental y la Universidad Nacional, organiza un nuevo ciclo de conferencias gratuitas los sábados a partir de las 9:30 a.m. en el Auditorio León de Greiff de la Universidad Nacional. Los temas a tratar son los siguientes:

Marzo 20: **¿La filosofía para qué?** - Antanas Mockus, rector Universidad Nacional.

Marzo 27: **Historia geológica del fenómeno El Niño** - Hernando Dueñas, geólogo.

Abril 3: **El cáncer, presente y futuro** - Julio Enrique Ospina, director de Ascofame.

Abril 17: **Los láseres: una opción tecnológica para Colombia** - Paulo Orozco, presidente de la Sociedad Colombiana de Física.

Abril 24: **Qué es Colombia en lo ambiental y ecológico** - Carlos Fonseca, director de la Unidad de Desarrollo Ambiental, Universidad Javeriana.

Mayo 8: **Biotecnología: una gran alternativa** - Dolly Montoya, directora del Instituto Biotecnología, Universidad Nacional.

Mayo 15: **Viaje al interior de un átomo** - Efraim Barbosa, Departamento de Física, Universidad Nacional.

Mayo 22: **El banco biológico humano** - Alberto Gómez, jefe de Inmunogenética, Instituto de Genética Humana de la Universidad Javeriana.



Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

Categoría de Microempresa

IDIMEQ LTDA.

A principios del año 1989 se constituyó legalmente IDIMEQ LTDA., convirtiendo en realidad el sueño de estudiante de tres ingenieros mecánicos de la Universidad Nacional, todos ya con experiencia durante algunos años en la industria. El pensamiento generalizado que se tenía sobre la industria era que en ella se trabajaba principalmente en la transferencia de tecnologías importadas, en el control de procesos de fabricación y en el mantenimiento; dentro del sector de transferencia de tecnología los ingenieros se ocuparon en la selección y adaptación de tecnologías importadas y una pequeña parte en el diseño de sistemas de interconexión que permitieran la mejor adaptación de dichas tecnologías.

Esta visión de la industria nos hizo pensar que existía un gran potencial en ingeniería desaprovechado en la industria nacional y fue

una de las razones por las que se tomó la decisión de constituir a IDIMEQ LTDA., cuya sigla significa Investigación y Diseño de Maquinaria y Equipo, que involucraba en esencia el pensamiento de los tres socios y en adelante el de la empresa.

Se inició IDIMEQ con un gran ideal y muy poco capital, enfocando sus esfuerzos hacia tres frentes: en la línea de **investigación** (objetivo fundamental) al desarrollo del proceso de Electroerosión; en la línea de **diseño** al diseño de equipos especiales; y en la línea **tradicional** a la fabricación de equipos ya conocidos en la experiencia profesional de cada uno. Este último frente no se logró desarrollar, muy probablemente porque el cliente prefiere negociar con proveedores con experiencia, cosa que nosotros no podíamos demostrar, mientras que al ofrecer el diseño de equipos especiales se tenía poca competencia de otras empresas proveedoras y se vendía más la capacidad de diseño que la experiencia en fabricar equipos.

Iniciamos operaciones comerciales con el diseño y fabricación de equipos especiales, lo que nos empezó a dejar enormes satisfacciones profesionales, y las pequeñas utilidades del ejercicio fueron siendo invertidas en el desarrollo del proceso de electroerosión (**ver recuadro**). Hay que anotar que ninguno de los socios percibía ingresos de su trabajo, pues cada uno procuraba su sostenimiento por medio de actividades por fuera de la empresa. Los resultados rápidamente se empezaron a dar, fue así como en octubre de 1989, en Expociencia, presentamos la primera «máquina» electroerosionadora diseñada y fabricada en el país. Ponemos entre comillas máquina porque eso en realidad no era una máquina sino un mueble con un husillo que electroerosionaba; en otras palabras, se estaba produciendo el proceso de electroerosión, pero en realidad sin ningún tipo de control.

La participación en esta feria fue muy costosa para IDIMEQ, pues

todos los costos de fabricación y participación fueron financiados mediante la fabricación de equipos especiales, actividad no muy rentable que se seguía realizando paralelamente. Se tenía como objetivo en esta feria darse a conocer y encontrar apoyo económico de alguna entidad. El primer objetivo se logró mientras que el segundo no, pues la empresa privada no está dispuesta a invertir en investigación, por estar el proyecto inconcluso, y las entidades del Estado no tienen la estructura para atender los requerimientos de una microempresa como IDIMEQ que cuenta con muy poco capital de respaldo y tiene necesidades económicas grandes equivalentes a la magnitud de su proyecto; por tanto el proyecto siguió avanzando difícilmente con la autofinanciación dada por la fabricación de los equipos especiales, y fue así como se continuó trabajando en el desarrollo de los sistemas de control tanto del arco, como en los servo-sistemas de posición, con la limitación de tener que utilizar de elementos del mercado nacional por su costo. Se logró así construir una máquina que fue presentada en la feria internacional del año 1990, en el stand contratado entre varias empresas de ingenieros mecánicos pertenecientes a AIMUN (Asociación de Ingenieros Mecánicos de la Universidad Nacional).

Esta muestra contaba con un sistema de control de posición y un control del arco fabricados artesanalmente, y digo artesanalmente porque no tenía los elementos más adecuados para el diseño sino los que se lograron

encontrar en un mercado popular en Santafé de Bogotá. Esta última máquina tenía buena apariencia y tal vez esto facilitó el acercamiento con la comercializadora de maquinaria más grande del país, con la que después de varios meses de negociación se logró establecer un convenio para la fabricación de dos máquinas para iniciar, con la ventaja de que nos pagaban por anticipado un buen porcentaje de los costos de producción. El resultado de esta negociación se pudo observar en Expociencia 1991, evento en el cual obtuvimos el Premio Nacional a la Innovación Tecnológica, categoría microempresa. Aquí sí se pudo ver una **máquina** con todos los sistemas de control que posee una máquina importada. En ese momento pensamos que el

objetivo se había logrado: Desarrollamos un bien de capital que permite el acceso de esta tecnología moderna a empresas que por su tamaño no tienen acceso a ella, logramos un reconocimiento en el país que muy probablemente sería retribuido en apoyo económico para el beneficio del proyecto, de la empresa y del desarrollo tecnológico del país.

Una vez concluida Expociencia 1991, la empresa entró en una crisis económica antes no vista, pues los anticipos entregados por la empresa comercializadora para la fabricación

de dos máquinas se habían desvanecido en la adaptación del diseño artesanal a una máquina de carácter más industrial que permitiera la fácil reproducción, y en una pobre adecuación de los talleres de fabricación.

IDIMEQ fue el
producto del alma
soñadora de tres
ingenieros mecánicos
que algún día preten-
dieron desarrollar
en Colombia
tecnología propia.

LA ELECTRO

La comercialización de la máquina, que era nuestra única esperanza, se hizo difícil, pues ésta tenía algunos problemas como: falta de precisión en los sistemas mecánicos de posición (husillo y mesa coordenada), por haber sido fabricados por nosotros mismos con elementos nacionales; problemas en los sistemas electrónicos por falta de confiabilidad, pues los elementos e incluso el mismo diseño no habían podido ser sometidos a un control de calidad en funcionamiento continuo. Estos dos defectos básicos para la calidad de una electroerosionadora impidieron la comercialización de la máquina y lo que ocurrió después fue que IDIMEQ, por la atención puesta en el desarrollo derivado del compromiso comercial, descuidó la fabricación de equipos especiales, que entre otras cosas es una actividad muy desgastante; por tanto faltaron los recursos de autofinanciación, no hubo posibilidades de financiación externa, no surgió el tan anhelado apoyo económico derivado del Premio Nacional 1991 y cada uno de sus miembros se desgastó intelectual y económicamente durante tres años llegando al final a un callejón sin salida.

IDIMEQ declinó su interés de desarrollar tecnología y producir bienes de capital en el segundo semestre de 1992, sus miembros se empezaron a dispersar en busca de mejores horizontes y la empresa quedó con un compromiso comercial difícil de superar, y por sobre todo sin el alma soñadora de tres ingenieros mecánicos que algún día pretendieron desarrollar en Colombia tecnología propia.

Como conclusión, para desarrollar tecnología propia se requiere no sólo el interés de unos investigadores aislados, sino también el apoyo integral de un país, desde sus dirigentes para la creación de políticas y entidades que faciliten el buen desempeño de sus investigadores. En Colombia hay muchos que como IDIMEQ quieren hacer, tal vez algún día lo podamos realizar.

El proyecto electroerosión lo podemos dividir en dos etapas, la primera es el desarrollo y conocimiento del proceso de electroerosión, y la segunda en el desarrollo de una máquina electroerosionadora.

Proceso de electroerosión

La electroerosión es el proceso de mecanizado no convencional de aceros y en general de metales; se dice esto porque para conformar el acero el arranque de viruta no utiliza las fuerzas de corte tradicionales entre una herramienta y la pieza, sino que lo va manipulando por procesos de microfusión al producirse descargas eléctricas controladas entre un electrodo (herramienta) y la pieza.

Las descargas eléctricas se van produciendo entre el electrodo y la pieza y la optimización del efecto erosivo se da gracias a la ionización de un líquido dieléctrico que se encuentra entre ellas. Estas descargas se repiten con una frecuencia entre 10 y 100 kilohertz, y debido a que las distancias entre el electrodo y la pieza son del orden de una décima de milímetro se logra progresivamente obtener en la pieza una reproducción hembra fiel de la forma que poseía el electrodo.

Según los parámetros entregados por la fuente de potencia se logra producir en el acero acabado fino o vasto. Es de anotar que el material del electrodo es generalmente cobre y el ma-

Para desarrollar tecnología propia se requiere, no sólo el interés de unos investigadores aislados, sino el apoyo integral de un país.

EROSION

terial de la pieza puede ser cualquier metal sin importar su dureza o resistencia.

Máquina electroerosionadora

Una máquina electroerosionadora utiliza el proceso de electroerosión y otros sistemas adicionales para que el usuario pueda con toda confiabilidad manipular aceros para la producción de moldes de inyección, de soplado, troqueles, etc.

Sistemas necesarios en una máquina erosionadora

• Sistema electrónico de potencia

Formado por una fuente de pulsos que permita variar la duración del pulso, la frecuencia, el voltaje, el amperaje.

• Servo sistema de posición del husillo

Formado por una tarjeta electrónica de control, un servo motor de alta velocidad de respuesta y baja inercia y un sistema mecánico de posición. Este conjunto permite la posición manual del electrodo, el avance automático manteniendo el electrodo a la distancia de ionización sin permitir que éste se estrelle.

• Sistema electrónico de control

Tarjeta electrónica que interconecta la fuente de potencia y el



Máquina Electroerosionadora.

sistema de posición del husillo, para dar al usuario los servicios requeridos como orientación del electrodo respecto a la pieza, programación del fin de carrera, programación de tiempos de lavado y tiempos de limpieza y otros como alarmas de temperatura y nivel del dieléctrico e inestabilidad del arco, etc.

• Sistema mecánico

Formado por una estructura portante lo suficientemente rígida para evitar vibraciones indeseadas que afectan el arco, y una mesa coordinada de precisión que posea una cubeta hermética para mantener sumergida la pieza, con puertas de acceso para

facilitar el montaje de las mismas.

• Sistema dieléctrico

Formado por un sistema hidráulico que permite orientar chorros de líquido dieléctrico a presión sobre las zonas de erosión, con sistemas de filtraje para ir purificando el dieléctrico y sistemas de refrigeración y de control del nivel.

La perfecta interconexión de todos estos sistemas permite obtener una máquina electroerosionadora que cumpla con las necesidades básicas del usuario.



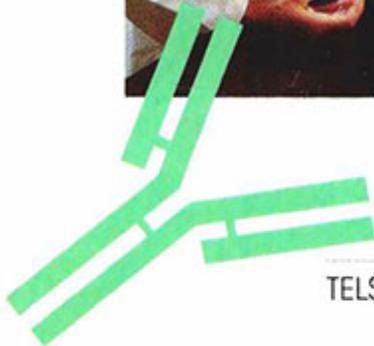
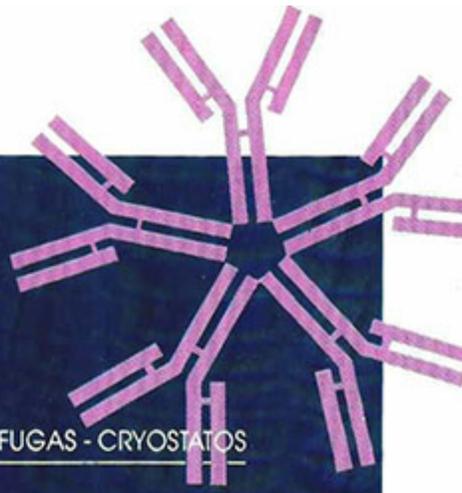
**DOTACIONES
PARA EL AVANCE
CIENTIFICO**

IEC CENTRIFUGAS - CRYOSTATOS

Harris EQUIPOS PARA REFRIGERACION

LABCONCO CABINAS Y LIOFILIZACION

Eppendorf PIPETAS



TELS: 2264225 - 2264848 FAX: (91) 2264848 CLL. 99A No. 57-45

**CONFIABILIDAD
PARA SU
DESARROLLO
EN
BIOTECNOLOGIA**



ARC quimicos Itda.

ANALISIS Y REPRESENTACIONES CIENTIFICAS



Enzimas • Marcadores • Vectores • Acidos Nucleicos
Análisis Proteinas • Biología Molecular • Resinas
Electroforesis • Electroporación • Cromatografía
Liofilización • Filtros

Calle 30A No. 4-05 Tels: 2328830 - 2458267
2856791 Fax: 2880841 A.A. 28983
Cantafé de Bogotá



LIBROS

MANUAL DE RADIACION SOLAR EN COLOMBIA



**HUMBERTO RODRIGUEZ M.
FABIO GONZALEZ B.**
Departamento de Física,
Universidad Nacional
de Colombia

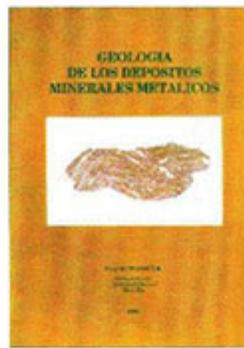
H. Rodríguez & F. González -
Editores.
Santafé de Bogotá, Colombia

"El suministro confiable de energía, a precios aceptables para los consumidores, es esencial para el desarrollo de una nación. La búsqueda de nuevas fuentes de energía, nuevas tecnologías de transformación, utilización, y uso racional y más eficiente de la energía, son tareas que deben adelantar los grupos de investigación y desarrollo, bajo las directrices de una política energética nacional y con el estímulo y la participación activa de las instituciones comprometidas en el desarrollo energético y tecnológico del país".

Las anteriores palabras, establecen el objetivo que buscan los autores con la publicación de este libro, primero de una serie de publicaciones sobre energía, en el cual se consigna la información básica sobre la disponibilidad de la energía solar sobre el territorio colombiano durante todos los meses del año.

Para la elaboración de este manual se desarrolló una metodología que luego fue sistematizada con el fin de permitir futuras actualizaciones de la información. Además, el libro presenta como novedad la inclusión de un diskette en el cual se suministra una base de datos de radiación global para el país y un programa que permite calcular los valores de la radiación para cualquier lugar del país.

GEOLOGIA DE LOS DEPOSITOS MINERALES METALICOS



FRANKLIN ORTIZ B.
Profesor Titular,
Universidad Nacional
Medellin

Universidad Nacional
de Colombia -
Seccional Medellin,
agosto de 1992

Este libro está dirigido a geólogos y mineros, y su objetivo es cubrir los rasgos geológicos esenciales que caracterizan los yacimientos de minerales metálicos.

El texto puede servir para desarrollar un curso semestral en depósitos minerales metálicos a nivel de pregrado. La temática se ofrece a partir de una síntesis de libros, revistas, resultados de investigaciones realizados en nuestro medio y la experiencia docente adquirida por el autor durante el desarrollo del programa de esta asignatura en la Universidad Nacional de Colombia.

La filosofía básica en que se desarrolla el texto se fundamenta en la descripción de yacimientos típicos dentro de la división general en que se han clasificado las rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias); la idea fundamental es que los depósitos minerales se pueden comprender mejor si se miran como una extensión de las rocas en las cuales se encuentran y no como algo extraño a ellas.

LOS SISTEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN IBEROAMERICA



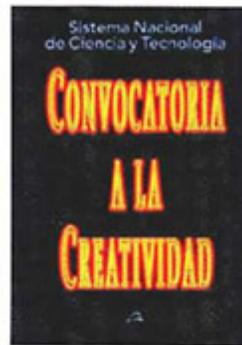
Edición de:
**LUIS A. ORO y
JESUS SEBASTIAN**

Los libros de Fundesco
Colección Impactos
Madrid - España, 1992

El concepto actual de Sistema de Ciencia y Tecnología hace cada vez más imprescindible la cooperación internacional. Tal necesidad de colaboración es especialmente obvia en el ámbito iberoamericano, un espacio natural cohesionado tradicionalmente por la historia y la cultura.

Esta obra responde a la idea de que, a través del conocimiento mutuo y de la colaboración, es posible ir tejiendo una comunidad científica iberoamericana que facilite las bases para un Sistema de Ciencia y Tecnología que integre a todos los Estados de Iberoamérica. Para ello, el libro ofrece una pormenorizada descripción de los principales aspectos organizativos y funcionales de las políticas científicas y tecnológicas en estos países. Esta información contribuirá, sin duda, a orientar las políticas de cada país y a sentar las bases para un modelo de cooperación en ciencia y tecnología más sólido y eficaz.

Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología CONVOCATORIA A LA CREATIVIDAD



COLCIENCIAS

**Santafé de Bogotá,
Colombia, 1992.**

Este libro recoge las convocatorias que el equipo de Colciencias, haciendo eco al llamado del presidente Gaviria a los científicos e ingenieros colombianos, preparó durante 1992, para movilizar a los investigadores y a los empresarios a reflexionar acerca de las tendencias mundiales de la investigación y de la política nacional de ciencia y tecnología.

Se trata de una invitación a la investigación y al despliegue de la creatividad en el campo científico, particularmente dirigida a la juventud colombiana.

La forma en que los documentos iniciales se enriquecieron con la participación de la comunidad científica colombiana a través del proceso de consulta que se dio durante este año, quedará recogida en una colección de 10 volúmenes que serán publicados a lo largo de 1993.

Novedades en software, equipos y reactivos

LO NUEVO EN MACINTOSH

Apple OneScanner a Color

Apple establece un nuevo estándar para los escáner de escritorio a color. El OneScanner a Color se caracteriza por innovaciones como corrección de color por hardware, detección en una pasada, calibración

adaptable, óptica mejorada y eliminación de moire.

Apple Computer, Inc. anunció la disponibilidad de ColorSync®, su nueva arquitectura de ajuste de color para los computadores Apple Macintosh. Esta nueva tecnología de software permite a los usuarios de dispositivos a color tales como

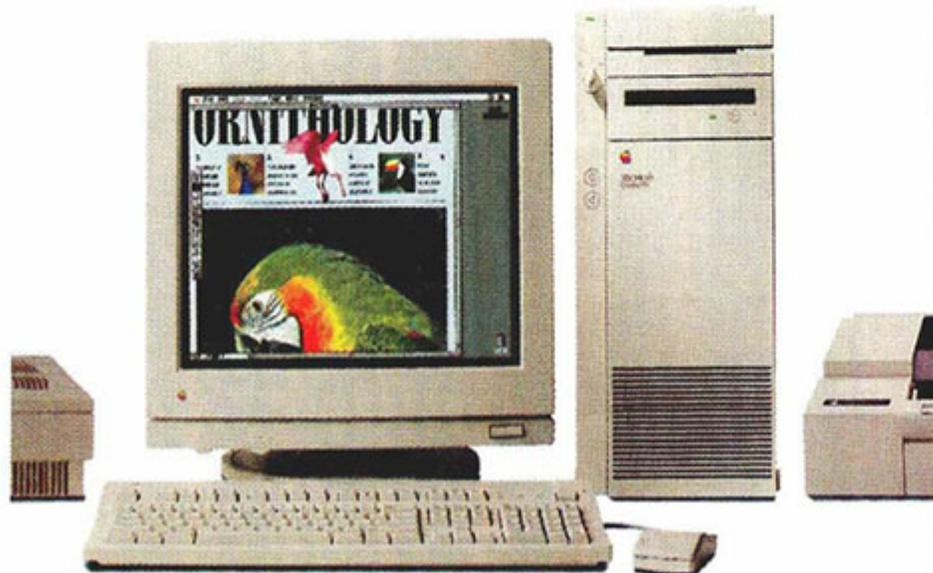
pantallas, impresoras y escáner, obtener colores que casen entre sí (uno en una imagen escaneada con otro -el mismo- en la pantalla del computador, por ejemplo, con un tercero en la página impresa). En una palabra, con ColorSync el usuario "obtiene el color que ve" en el Macintosh. ColorSync es una extensión del sistema operacional Macintosh.

Apple coloca la tecnología de impresión a color a disposición de los usuarios Macintosh

Apple Computer, Inc. introdujo la Apple Color Printer, una impresora a color de formato grande que ofrece facilidad de uso, productos a color de alta calidad y un versátil manejo del papel a los usuarios de los computadores Macintosh que deseen utilizar el color en sus documentos y presentaciones de cada día.

Facilidad de uso

Desde la instalación con un solo botón hasta los cartuchos limpios, la Apple Color Printer ha sido diseñada para ser fácil de usar. Como todas



las impresoras Apple, la Apple Color Printer se instala haciendo un solo click. También es fácil de compartir con otros usuarios, pues viene con el nuevo software GrayShare®, de Apple, el cual permite a los usuarios compartir cualquier impresora de base QuickDraw®, como la Apple Color Printer, sobre una red. La impresora también implementa las capacidades de ajuste de ColorSync, las cuales aseguran que el usuario obtenga impreso el color más parecido al creado en la pantalla del computador. Otra característica que contribuye a la facilidad de uso de la impresora son sus cuatro cartuchos de tinta (azul -cyan-, magenta, amarillo y negro), fáciles de cambiar sin el desorden de tinta típico de las impresoras a color. La impresora también ofrece una cabeza de impresión que automáticamente percibe cuándo debe limpiarse el propulsor de tinta y lo hace sin intervención del usuario, asegurando productos de alta calidad en todo momento.

No se requiere papel especial con la Apple Color Printer, aunque Apple recomienda el uso de alguno cuando quieran producirse documentos de "mejor" calidad. El papel bond común funciona bien para muchos documentos que contengan imágenes con áreas no superpuestas de color sólido.

Apple introduce impresoras de 600 dpi para grupos de trabajo en ambientes Macintosh y Windows

Dos nuevas impresoras láser, la LaserWriter Pro 600 está diseñada para usuarios con diversas necesidades de productividad. La LaserWriter Pro 630 es una impresora láser de alto desempeño para usuarios en negocios pequeños y grandes, así como para

profesionales del diseño y la autoedición.

Estas impresoras proporcionan a los clientes Macintosh y Windows una resolución de 600 dpi y la capacidad de producir hasta ocho páginas por minuto. Un toner de granos más finos, junto con las propiedades de FinePrint®, mejoran el detalle en texto, líneas e imágenes impresos en una LaserWriter Pro. Usando PhotoGrade, la sofisticada tecnología de Apple para impresión de escalas de grises, ambas impresoras producen imágenes con escala de grises de una calidad casi fotográfica. PhotoGrade ha sido mejorado para producir 91 niveles de gris, lo cual significa que incluso los profesionales gráficos pueden usar estas impresoras para pruebas y artes finales.

Las impresoras LaserWriter Pro tienen dos bandejas que alimentan hasta 350 páginas. Sólo presionando un botón, el usuario puede cambiar automáticamente entre la bandeja multipropósito de 100 hojas (que alimenta tamaño carta, oficio, A4 y sobres) y el casete de 250 hojas.

Apple anuncia nueva StyleWriter II y driver para impresora GrayShare

La StyleWriter II ofrece calidad de impresión láser a 360 puntos por pulgada (dpi), la mejor calidad disponible entre las impresoras de inyección de tinta. Además es dos veces más rápida que la StyleWriter original y viene con el software GrayShare, driver de la impresora. GrayShare proporciona impresión mejorada de las escalas de grises y la capacidad de compartir impresoras individuales de Apple como la StyleWriter II en una red, a los usuarios Macintosh en hogares, colegios y pequeños negocios. La StyleWriter II puede

imprimir más de 100 tonos de gris, lo que permite obtener así imágenes monocromáticas más realistas.

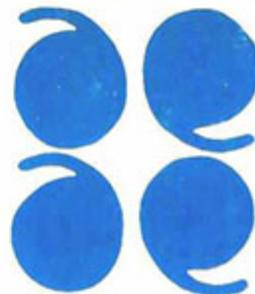
Es una impresora compacta que permite un versátil manejo del papel. Se ha duplicado la capacidad de la bandeja: puede alimentar hasta 100 hojas de papel -incluyendo tamaño oficio- y hasta 15 sobres.

Apple introduce nuevos teclado y mouse con diseño ergonómico

El Teclado Ajustable Apple se divide en dos secciones ergonómicamente ajustables para permitir a los usuarios encontrar el ángulo que les parezca más cómodo. El Apple DesktopBus Mouse II tiene una nueva forma y diseño mejorado para mayor comodidad. Son productos que se ajustan al usuario y no al revés.

Las dos mitades izquierda y derecha del teclado alfanumérico -estándar de la industria- pueden doblarse hasta en 30°. Tiene 111 teclas en total, incluyendo 15 teclas de función y 18 en el teclado numérico. Viene con teclas de sonido para controlar operaciones tales como subir y bajar el volumen, grabar, eliminar el sonido, las cuales son frecuentemente utilizadas en las aplicaciones multimedia. Además, tiene un teclado adicional que puede ubicarse en el lugar que sea más cómodo para el usuario, el cual consta de 15 teclas de función, 6 teclas para edición especial en pantalla, 4 teclas de puntero distribuidas en una T invertida, y un teclado numérico de 18 teclas. Es compatible con cualquier computador Macintosh.

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



23 AÑOS TRABAJANDO POR EL PROGRESO DE COLOMBIA

ACTIVIDADES



Contribución al establecimiento de la legislación en ciencia y tecnología

- Ley 29 y decretos reglamentarios
- Nueva Constitución Nacional
- Sistema de estímulos a los investigadores



Servicios a la comunidad científica y tecnológica:

- **Divulgación e información**
 - . Boletín Informativo
 - . Revista Innovación y Ciencia
 - . Libros sobre Ciencia y Tecnología

- **Administración de proyectos**



Actividades científicas juveniles

- **Expociencia Juvenil:** Feria de la creatividad
- **Encuentro con el futuro:** Conferencias sabatinas para estudiantes y profesores
- Estímulos a la creación de clubes de ciencia y creatividad



Convención Científica Nacional: Encuentro Interdisciplinario sobre temas trascendentales en ciencia y tecnología



Expociencia: Feria internacional de la ciencia y las innovaciones tecnológicas



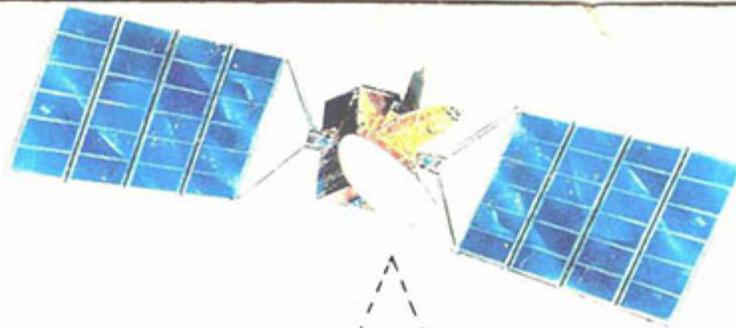
Estímulos a los avances en ciencia y tecnología

- Premio Nacional al Mérito Científico
- Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

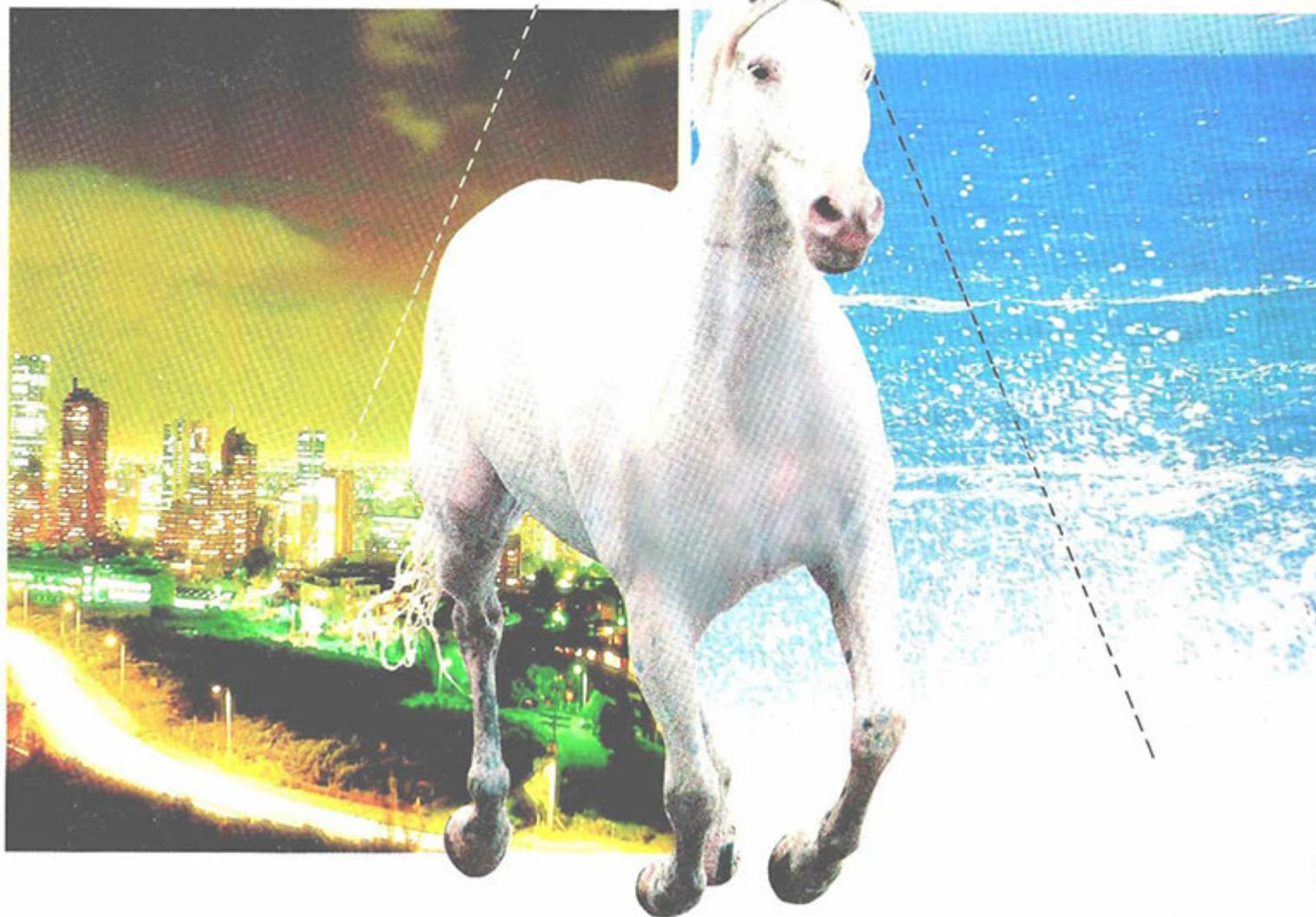


Fomento de programas y proyectos científicos

- El programa Interciencia de Recursos Biológicos Nuevos o Subutilizados, PIRB
- Centro Nacional de Ciencia y Tecnología



**GRANAHORRAR
PRIMEROS EN COMUNICAR NUESTROS CLIENTES VIA SATELITE**



VEGASO. COMUNICACION

Granahorrar tecnología líder. Via Satélite comunicamos nuestros clientes: más velocidad, mayor seguridad, mayor eficiencia.



Granahorrar
Estamos en movimiento

Via Satélite