

Innovación y Ciencia

VOLUMEN V, Nº 5, 1996

Atmósferas planetarias

La genética de las momias

ARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$5.200.00

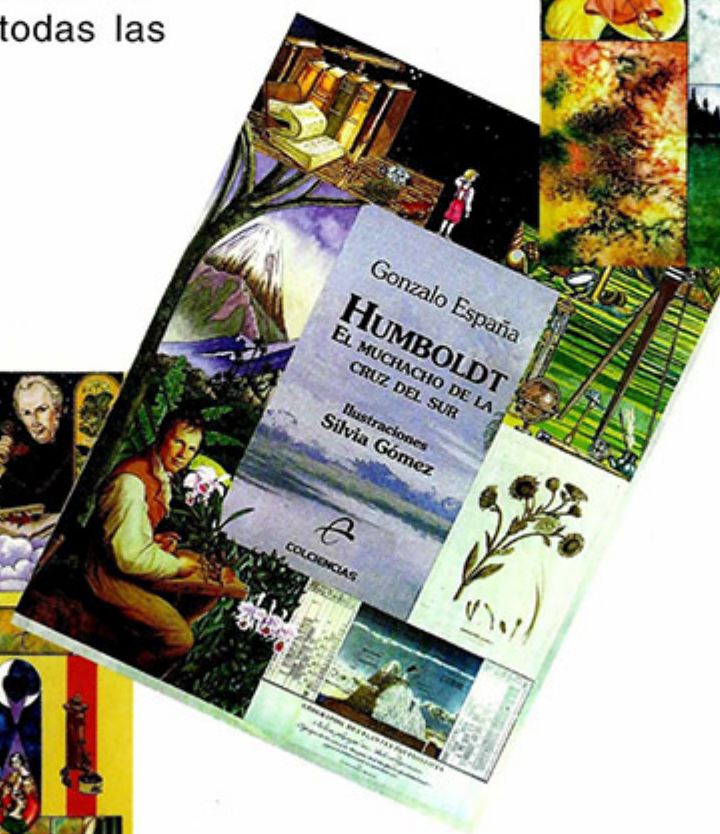
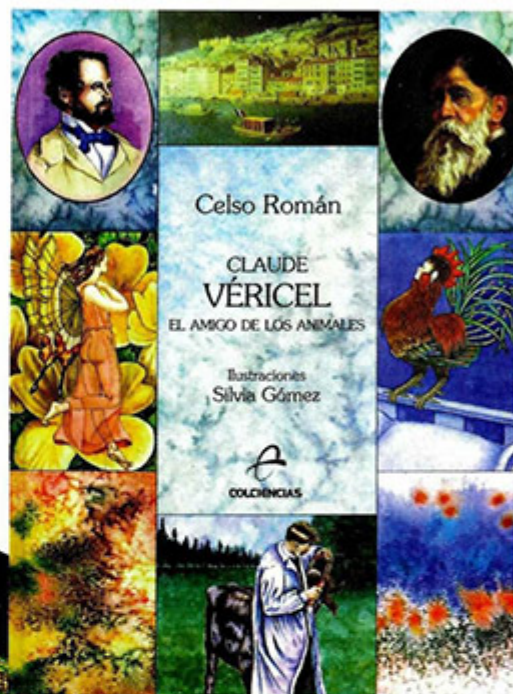


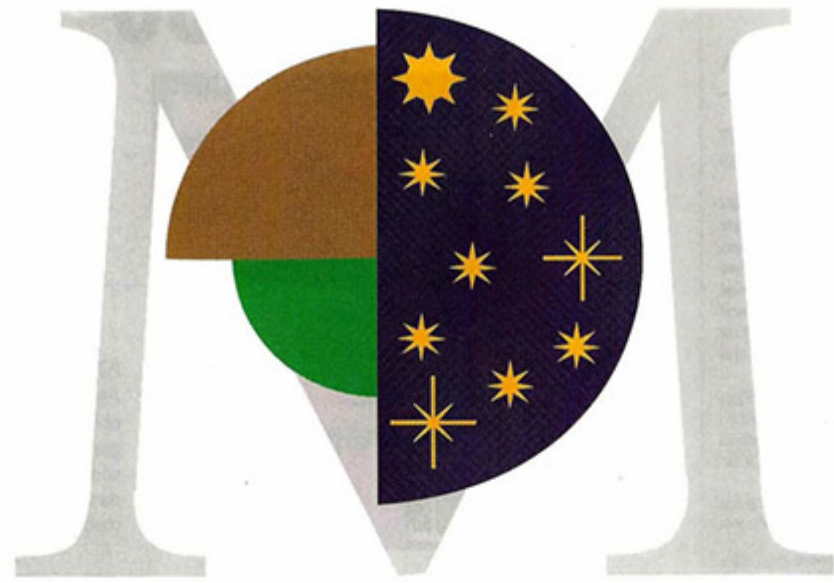
SERIE JUVENIL

La Serie Juvenil de Colciencias busca hacer atractiva la ciencia para los jóvenes, seleccionando episodios relevantes de la vida y obra de personajes que, desde el siglo XVIII, han forjado la ciencia y la tecnología de nuestro país.

Cada una de las obras de esta serie conjuga magistralmente la ciencia y el arte creando escenarios que rompen las barreras del tiempo y el espacio, con el fin de difundir entre los jóvenes el entorno científico y cultural de sus protagonistas.

Gracias a la colaboración del Ministerio de Educación Nacional, la serie será distribuida de manera gratuita en todas las escuelas del país.





Vive una Experiencia
con La Ciencia
y La Tecnología...



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



CIUDAD
SALITRE



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

JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1995-1997
PRINCIPALES

Eduardo Posada	Presidente
Guillermo Hoyos	Vicepresidente
María Cristina Piazas	Secretaria
Carlos Corredor	Tesorero
Pedro Amaya	Vocal
Gloria Tamayo de Echeverry	Vocal
Rubén Ardila	Vocal
Alvaro H. Alegría	Vocal

Asociación Colombiana de Sociedades Científicas
Instituto Colombiano del Petróleo
Centro de Investigaciones Oceanográficas
e Hidrográficas -CIOH-

Veedor
Marcelo Riveros

Directora ejecutiva
Nobora Elizabeth Hoyos T.

Asistente de dirección
Rosario Martínez

Asesoría editorial
Mauricio Pérez Gil

Jefe división de publicaciones
Manoel Cardozo

Revisora fiscal
Teresa Bonilla

Administradora
María Paulina Rubio

Consejo editorial internacional
José Fernando Escobar, Leon Lederman,
Isabel Llano, Rodolfo Llinás, Abdus Salam

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

Corresponsal
Juan Carlos Salcedo

Comité editorial
Nobora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina, Eduardo Posada,
Manoel Cardozo, Martha Patricia García,
Rosario Martínez, Andrés M. Pérez-Acosta.

Diseño gráfico y producción
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

Publicidad
Clara López

Fotografía
Photo Images Ltda., Image Bank, Stock Visual

Corrección de estilo
Beatriz Peña

Digitación de textos
Yenny Yuliett Arias

Preprensa electrónica
Elograf Ltda

Impresión
Printer Colombiana S. A.

DERECHOS RESERVADOS.

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

Esta publicación ha sido realizada con la colaboración financiera de Colciencias, entidad cuyo objetivo es impulsar el desarrollo científico y tecnológico de Colombia.

Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447 del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140. Tarifa postal reducida N° 789 de Adpostal. Venc. dic/98. A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,

Edificio Camilo Torres, A.A. 92581. Fax: 2216950.

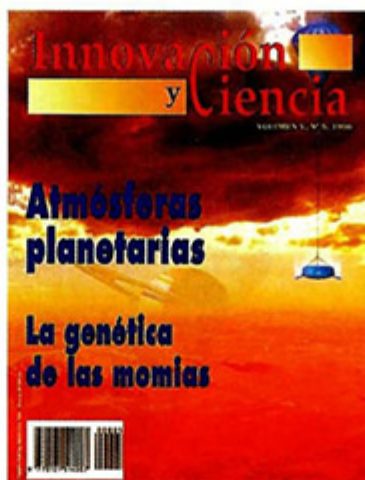
Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.

E-MAIL: acac1@colciencias.gov.co

Santalé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$5.200.

CONTENIDO



PORTADA.

Atmósferas planetarias exhiben bandas latitudinales y chorros de gases de alta velocidad, y soportan poderosos vientos que originan complicados flujos de gases en sus capas exteriores.

NOTA DEL EDITOR

La importancia de la continuidad

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

La dinámica atmosférica de los planetas jovianos.

8

Diseñadores de plásticos.

Los catalizadores modernos han permitido el desarrollo de plásticos de alta tecnología.

12

Asuntos de integridad en ciencia.

Grandes casos de error y fraude son descubiertos y resueltos dentro de la comunidad científica

14

Nuevos espejos para los supertelecopios terrestres.

18

VISTAZOS

Violencia televisiva, la fruta prohibida.

Cuál es su tipo de inteligencia.

Terapia fotodinámica en el tratamiento del cáncer.

Anticonceptivos masculinos.

Identificación dactiloscópica inmediata.

Sexo y violencia en la época glaciár.

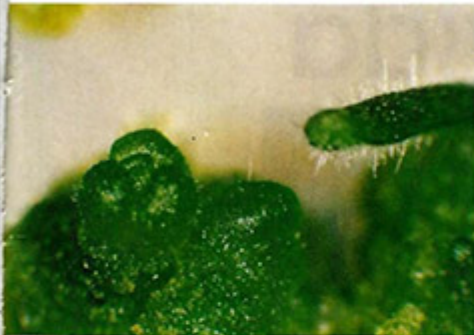
Antibióticos con capacidad de perforar las bacterias.

'Auto-limpieza' del vidrio panorámico.

Conflicto en la sociedad de las hormigas.

22

ARTICULOS



“Agrobacterium”, ingeniero genético natural.

Agrobacterium es una bacteria del suelo que al infectar la planta transfiere su ADN al genoma de la célula vegetal, habilidad que ha sido aprovechada por la ingeniería genética para realizar mejoramiento mediante la inserción de genes novedosos y la eliminación de la barrera biológica. Este ingeniero genético natural es una de las alternativas actuales para mejorar la calidad y rendimiento de cultivos económicamente importantes.

26

¿El mar invadirá ciudades colombianas?

El nivel del mar ha variado a través de la historia de nuestro planeta. Debido al actual cambio climático global, se prevé un ascenso mundial del nivel del mar, con serios impactos en las costas bajas. Colombia no será la excepción, dada la gran extensión de territorio costero bajo que presenta el país. En este artículo, además de analizar el problema, se muestran algunas estrategias para enfrentar tal situación.



34

Computación y supercomputación en CAD.

Se presentan los conceptos fundamentales acerca del uso de la simulación computacional como herramienta de trabajo de diseño en ingeniería y diferentes maneras de usar la potencia computacional al servicio de una mejor toma de decisiones.

40

ADN antiguo. Su impacto en la investigación científica.

Gracias al desarrollo de nuevas técnicas en biología molecular se hace posible la recuperación y análisis del ADN en muestras arqueológicas, paleontológicas, médicas, de museos y forenses. Estas nuevas técnicas y en especial el PCR se constituyen en un valioso instrumento para futuras investigaciones de carácter científico.

46

¿Qué son las ciencias del comportamiento?

Las ciencias del comportamiento incluyen fundamentalmente la antropología, la ciencia política, la economía, la lingüística, la psicología y la sociología, con énfasis en las metodologías “duras”, fundamentalmente cuantitativas. Cubren un campo similar al de las ciencias sociales o humanas. En este artículo se presenta su desarrollo y su estado actual.

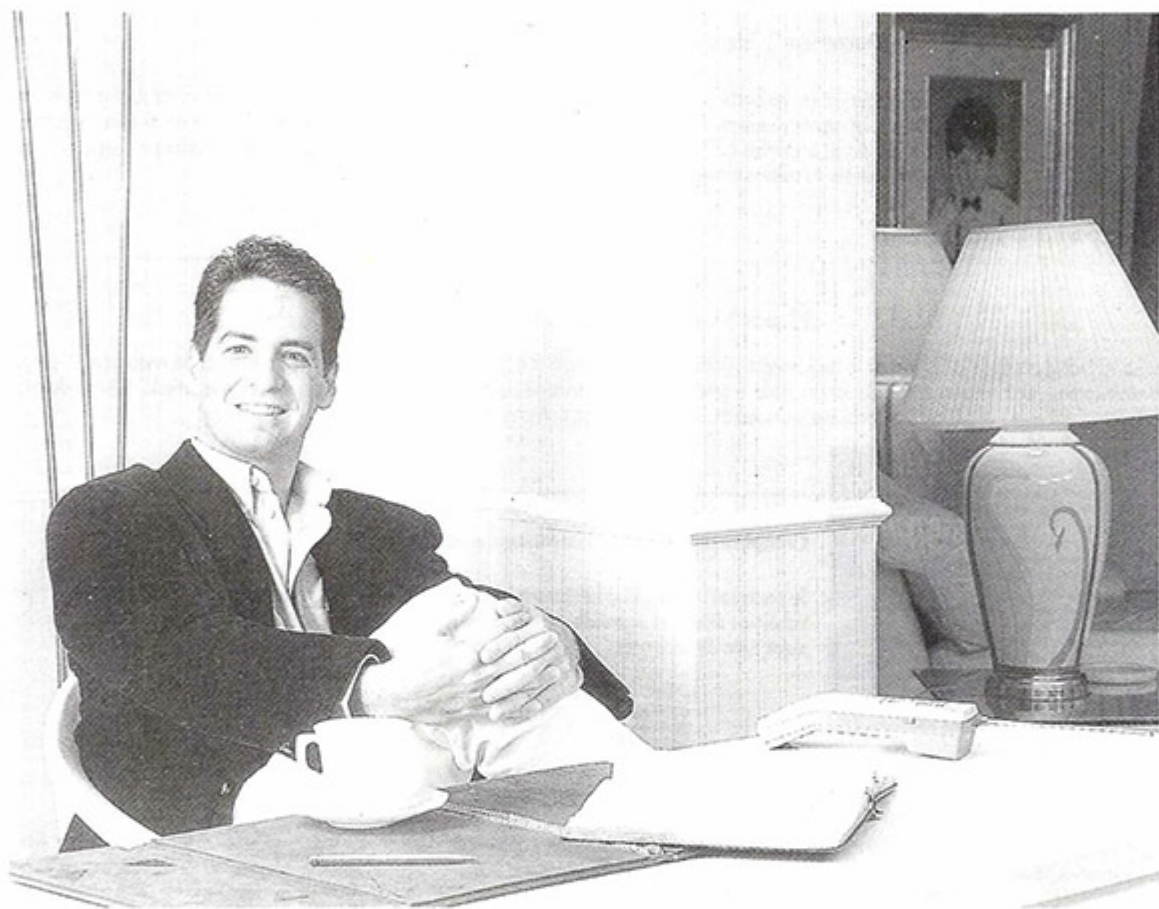
52

NOVEDADES EDITORIALES

60


Éxitos

Los éxitos de tu vida



 Las fórmulas de tu éxito son las fórmulas de tu vida.

Tu dedicación, tu concentración, tu entusiasmo, tu mente abierta y siempre activa y tu buen ánimo, secretos que saben bien para saborear tus éxitos.

 Al mantenerte despierto a las oportunidades, te mantienes en una posición de éxito.

El café te acompaña en tus momentos de éxito.

Felicitaciones.

UN MENSAJE SALUDABLE DEL CAFE, PARA TI.

**PROGRAMA
EL CAFE Y TU SALUD
CENTROS DE
PREPARACION
DE CAFE**



NOTA DEL EDITOR

La importancia de la continuidad

En días pasados, la comunidad científica nacional se enteró con satisfacción del otorgamiento, por parte de Colciencias, de una serie de estímulos a centros y grupos de investigación de diferentes regiones del país. En total, más de 25 centros y otros tantos grupos se vieron beneficiados por esta iniciativa, enmarcada en los objetivos de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, con miras a la consolidación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y oficializados en el Plan Nacional de Desarrollo de este gobierno.

Al respecto, es preciso reconocer el gran esfuerzo financiero realizado por el gobierno, pues, a pesar de las dificultades de orden fiscal por las que atraviesa el país, el presupuesto global de Colciencias para 1997 ha tenido un importante aumento en términos reales, a diferencia de lo ocurrido en la mayoría de los sectores del Estado. Gracias a ello, ha sido posible iniciar un ambicioso plan de becas para formación doctoral, financiar proyectos de investigación básica y aplicada en universidades y centros de investigación, iniciar importantes programas de desarrollo tecnológico y lanzar ambiciosos planes de popularización de la ciencia.

La respuesta de la comunidad a esas iniciativas ha sido excelente, como lo demuestra el gran número de proyectos de investigación presentado a Colciencias, el notable incremento del número de publicaciones en revistas internacionales y el marcado interés por las carreras científicas que se ha detectado recientemente.

Una de las iniciativas que más ha incidido en el entusiasmo de los científicos ha sido la puesta en marcha del Sistema de Estimulo a los Investigadores, del cual se benefician en la actualidad algo más de 300 de éstos que ejercen su actividad en los más diversos campos, desde las ciencias naturales hasta las ciencias sociales y las ingenierías. Este programa, que en México y Venezuela se ha convertido en el principal motor de la actividad científica, ha sido acogido en Colombia como uno de los elementos más importantes para mejorar el reconocimiento social del investigador, y debería poder ser extendido en los próximos años a un número superior a los mil beneficiarios.

Muchos de estos logros resultan de la voluntad de este gobierno, el cual, al acoger favorablemente las propuestas de la Misión de Ciencia Educación y Desarrollo, incluyéndolas en el documento Conpes de Ciencia y Tecnología y en el Plan Nacional de Desarrollo, mostró sin equívocos su apoyo a este sector, tan estratégico para el futuro del país.

Hay que reconocer, sin embargo, que el factor central para el éxito de cualquier programa reside en una financiación suficiente, como la que en este caso

obtuvo Colciencias a través del préstamo que le fue otorgado por el BID hace algo más de un año. Como en el pasado, la financiación para el sector está basada en empréstitos internacionales, aunque ahora la contrapartida de presupuesto nacional supera por primera vez el aporte del banco.

Creemos urgente, en este momento, que se tomen las medidas necesarias para garantizar en el futuro próximo la financiación para la ciencia y tecnología a través del presupuesto nacional, independientemente de empréstitos internacionales, y que corresponda por lo menos a la meta propuesta por la Misión del 1 por ciento del PIB al finalizar el cuatrienio y del 2 por ciento para el 2005.

Es indispensable iniciar desde ya el proceso tendiente a alcanzar ese resultado, con el fin de evitar que al terminar el actual crédito del BID se presente un vacío en la financiación, lo que podría tener incalculables consecuencias en el frágil proceso de construcción del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología que hemos iniciado en los últimos años.

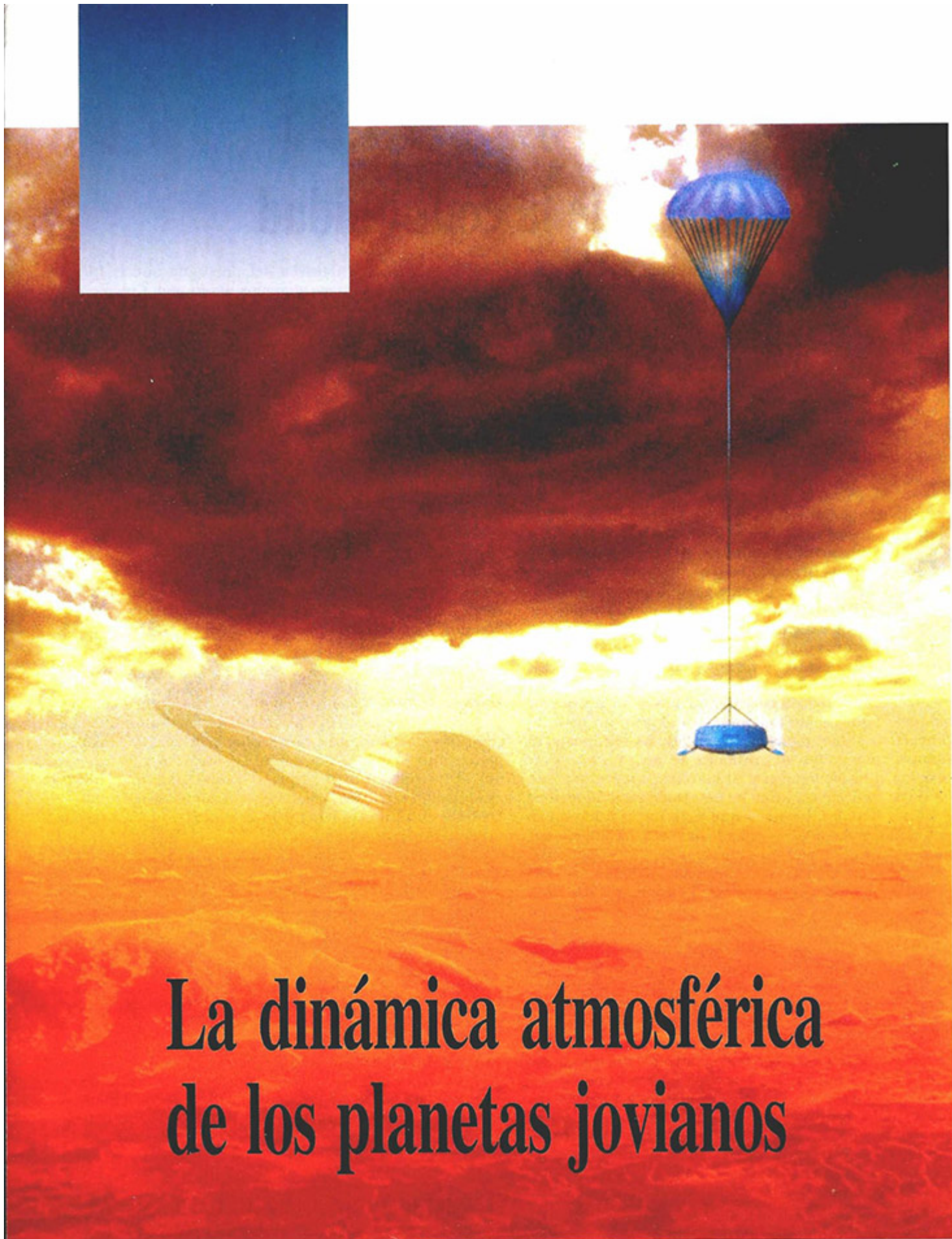
Tener que interrumpir programas de la importancia del Sistema de Estimulo a los Investigadores o el de apoyo a grupos y centros, por falta de financiación, podría tener consecuencias nefastas para la comunidad científica nacional, aún tan débil y reducida, y hacer perder mucho del terreno ganado hasta ahora. Lo mismo se puede afirmar respecto a los programas de apropiación social de la ciencia y la tecnología, que son los que, en últimas, generarán el cambio cultural tan urgente que requerimos.

Consideramos que la mejor manera de garantizar la consolidación del sector de ciencia y tecnología, poniéndolo al abrigo del inmediatez y de la politiquería, es reforzar el marco legal existente. Para esto, de presentarse a consideración del Congreso un proyecto de ley que complemente la ley 29 del 90 y sus decretos asociados, especialmente en lo relativo a la financiación, a los estímulos tanto a los investigadores como al sector privado y a la administración de los recursos para investigación.

Esperamos que las acciones pertinentes se emprendan con la mayor prontitud, con el fin de garantizar que el proceso que ha colocado a Colombia como el país de América Latina que más rápidamente ha progresado en este sector, pueda perpetuarse y fortalecerse, convirtiéndose en el verdadero motor de nuestro desarrollo.

EDUARDO POSADA F.
Presidente

NOHORA ELIZABETH HOYOS T.
Directora ejecutiva



La dinámica atmosférica de los planetas jovianos

Introducción

Los planetas de nuestro sistema solar exhiben características muy variadas. Aquellos que orbitan cerca del Sol (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) son pequeños, rocosos y apenas poseen satélites, y, salvo Mercurio, están envueltos por una atmósfera muy tenue constituida por gases de peso molecular elevado, tales como bióxido de carbono, nitrógeno y, en el caso particular de la Tierra, oxígeno.

Más allá de la órbita de Marte están los dominios de los planetas gigantes, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Son los denominados "planetas gaseosos", pues sus atmósferas son inmensas comparadas con la parte sólida que, se cree, reposa en el centro de cada uno. Los gases que constituyen su atmósfera son livianos, hidrógeno y helio en su mayoría, y no existen continentes u océanos que interfieran con su flujo.

Las misiones de exploración de los planetas gigantes, realizadas por las sondas no tripuladas Viajero I y Viajero II en los años setentas y ochentas, permitieron a los astrónomos examinar de cerca objetos que antes sólo habían sido observados en forma deficiente a través de telescopios, desde la superficie de la Tierra. Las sorpresas encontradas en estos planetas obligaron a los especialistas a cambiar muchas de sus concepciones y a reescribir los libros de astronomía.

Atmósferas extrañas

Las atmósferas de los planetas gigantes son, en general, mezclas de hidrógeno molecular y helio. Las nubes fácilmente discernibles son de amoníaco y están coloreadas por azufre, fósforo y compuestos de carbono. En el caso de Urano y Neptuno, las nubes altas tipo cirro están constituidas por metano (CH₄). Las presiones existentes en las capas altas de las nubes están entre los 0,3 y los 3 bares. No existen fronteras bien definidas (discontinuidades de densidad, por ejemplo) entre las atmósferas y los fluidos del interior. Dichos

fluidos, de baja viscosidad, son suavemente agitados por la luz solar y por el calor interno, pero a una escala mucho menor que en el Sol y las demás estrellas. A pesar de existir diferencias significativas en el ingreso de energía solar, las atmósferas de los cuatro planetas jovianos exhiben bandas latitudinales y chorros de gases de alta velocidad, y soporan poderosos vientos que originan complicados flujos de gases en sus capas exteriores (**figura**). Los flujos son chorros de gases que se desplazan de manera alterna en dirección este-oeste, a velocidades promedio relativamente altas: 100 m/s en el caso de Júpiter y 650 m/s en el de Neptuno. En comparación, en la Tierra, los vientos tienen una velocidad promedio de 50 m/s.

Las velocidades zonales no siguen una regla simple. Júpiter y Saturno tienen chorros ecuatoriales en dirección oeste-este (progrados, es decir, en la misma dirección de rotación del planeta), mientras que Urano y Neptuno los tienen en sentido contrario (retrógrados). Júpiter muestra muchos chorros progrados y retrógrados alternantes en latitudes intermedias, pero todos los chorros grandes de Saturno son progrados, mientras que los de Neptuno son casi enteramente retrógrados.

No se conoce con exactitud qué determina la velocidad, la simetría y la magnitud de los flujos existentes en las capas altas de las atmósferas de los planetas exteriores.

En el caso de la Tierra, la temperatura reinante en la atmósfera es determinada por el balance de la radiación proveniente del Sol. En respuesta a esta llegada, se establece una diferencia de temperatura que va del ecuador hacia los polos, lo que origina un régimen dinámico y con un flujo troposférico (i.e., en las capas bajas de la atmósfera) sobresaliente en cada hemisferio. La velocidad y la geometría de los chorros están directamente relacionadas con el calentamiento que se impone des-

**Júpiter radia
varias veces más
energía que la
que absorbe de
la luz solar.**

de del exterior. Los chorros resultan ser extraordinariamente inestables, y los detalles cuantitativos de los flujos turbulentos son muy difíciles de predecir con exactitud, pero la naturaleza general de la velocidad y el régimen de temperatura son bien conocidos por los meteorólogos.

Existen dos posibles causas que darían origen a los flujos que se observan en los planetas gigantes, pero se desconoce cuál de ellas podría ser la dominante. Una es el gradiente latitudinal de calentamiento solar, o sea, la diferencia de calentamiento existente entre el ecuador y los polos que produce la llegada de radiación solar. La otra consiste en el calentamiento desde adentro, esto es, en el calor originado en el interior del planeta. En la década de los sesentas, los astrónomos se sorprendieron al descubrir que Júpiter radia varias veces más energía que la que absorbe de la luz solar. Esta energía suplementaria debe proceder del interior del planeta. Estudios teóricos posteriores mostraron que la liberación de esta energía se basa probablemente en una lenta contracción del planeta; un proceso a largo plazo que comenzó cuando Júpiter se estaba formando, y que creó calor al comprimir el interior del planeta. Parte de este calor producido inicialmente aún está filtrándose hacia el exterior y continuamente genera calor nuevo.

Exceptuando a Urano, donde el flujo de calor interno parece ser pequeño, las fuentes de calor internas generan casi la misma cantidad de energía que la que llega al planeta por radiación solar. Independientemente de la fuente de energía, la fuerza motriz que anima los movimientos opera a escala global. En fin, las circulación de gases en la atmósfera de los planetas gigantes responde de forma indirecta a la radiación proveniente del exterior.

La energía que proviene del interior incrementa la actividad en la capa de nubes. Es lo mismo que ocurre al calentar agua en una olla:

el líquido comienza a circular mucho antes de hervir. Este movimiento creado térmicamente se denomina corriente de convección. De modo parecido, la convección debida al calor de la superficie agita los gases de las atmósferas en un rápido movimiento. Este proceso, en el caso de Júpiter, eleva material coloreado desde abajo y produce la condensación de nuevas partículas de nubes que giran en forma de huracanes ovalados o que quedan recortadas y convertidas en tiras largas y retorcidas a lo largo de los cinturones y zonas.

Observación limitada

Nuestro conocimiento de las estructuras verticales y la profundidad de los flujos planetarios en las atmósferas de los planetas gigantes es supremamente limitado. Las observaciones por prospección remota están limitadas a las estratosferas (capas más exteriores) y a las partes más externas de las troposferas, en donde las presiones atmosféricas son del orden de un bar o menos. Los sistemas de nubes de mayor tamaño, que permiten observar los flujos atmosféricos en Júpiter y Saturno, están cerca del nivel de un bar.

La información disponible más profunda fue obtenida con ayuda del penetrador de la sonda Galileo, el cual, a finales de 1995, se convirtió en el primer objeto hecho por el hombre en entrar a la atmósfera de un planeta gigante. El penetrador alcanzó, antes de incinerarse por completo, una profundidad donde reinaban presiones del orden de 24 bares, lo que significa que no alcanzó a entrar en las zonas bajas de la troposfera. Aunque fue un logro que produjo un enorme cúmulo de datos, se trata sólo de un perfil de las propiedades atmosféricas jovianas de las capas más externas. En el caso de la Tierra, la experiencia ha demostrado que el conocimiento de las condiciones reinantes en las partes bajas de la troposfera es absolutamente esencial para el entendimiento del régimen de los flujos observados.

Los aspectos termodinámicos de los flujos planetarios exteriores no son bien conocidos. El constituyente principal de las atmósferas es el hidrógeno molecular (H_2). Este gas, en las capas más externas, se comporta como un gas ideal, pero, a medida que

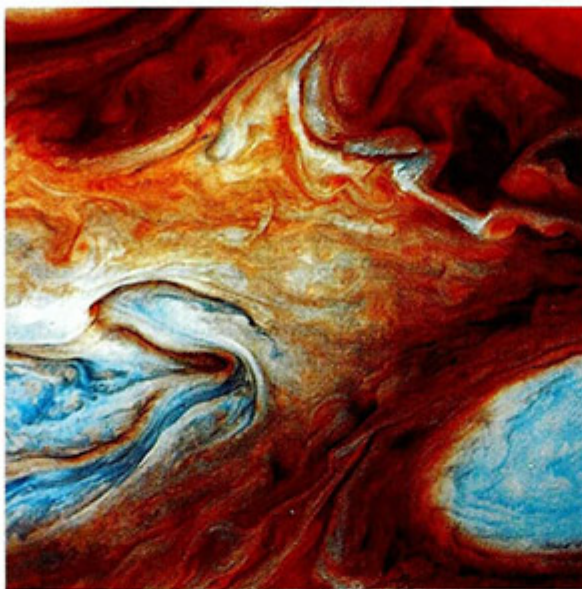


Figura. Júpiter: enormes nubes de gas en movimiento.

la profundidad crece, su comportamiento es similar al de un fluido.

El factor decisivo de la dinámica observada debe ser la flotación, que surge de diferencias de densidad, las cuales están directamente asociadas con la transferencia de calor. Ha de existir un amplio rango de temperaturas en el interior de los planetas exteriores, desde $-170^{\circ}C$ hasta unos cuantos miles. Varios son los candidatos responsables de los cambios de fases: agua, metano e incluso compuestos de silicio. Cada cambio de fase da lugar a un posible efecto de flotamiento, bien a través de liberación de calor latente o bien por precipitación y alteración del peso molecular. Otro posible efecto termodinámico es la conversión de parahidrógeno a ortohidrógeno, los cuales se sabe están en desequilibrio en Júpiter y Neptuno.

Son muchos los interrogantes que presentan las zonas más externas de los planetas jovianos. Las enormes transferencias de energía y los fuertes vientos arremolinados sugieren que las atmósferas jovianas

son motores caloríficos mucho más eficientes que la atmósfera terrestre.

Aunque entre los mismos planetas jovianos su capacidad para almacenar energía cinética varía ampliamente y es casi inversamente proporcional a la entrada de energía térmica por luz solar, lo sorprendente del asunto es que la Tierra tiene vientos con velocidades más bajas que cualquier otro planeta del sistema solar, a pesar de que absorbe y radia más potencia por unidad de área que cualquier otro planeta con atmósfera.

Lo que espera

En la actualidad, una nave espacial gira en torno a Júpiter. La sonda Galileo lo examinará hasta 1997, mediante la obtención de fotos de muy alta resolución que, se espera, revelarán los mecanismos de operación de las regiones conectivas, las zonas de vientos fuertes, las turbulencias y las manchas tormentosas.

En los próximos años se espera lanzar, rumbo a Saturno, la nave espacial Cassini, cuya misión, aparte de explorar la luna Titán, será examinar por varios años la dinámica atmosférica de Saturno. Sin embargo, aún estamos muy lejos de esclarecer los misterios que permanecen ocultos en el interior de los planetas exteriores. Los especialistas son conscientes de que los métodos de análisis actuales son poco efectivos, pero saben que primero deberán estudiar la cáscara más externa de la cebolla, para luego entender sus capas más internas.

Bibliografía en depósito

José Gregorio Portilla B.
Secretario Académico,
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia,
e-mail:
gportill@ciencias.campus.unal.edu.co
Santafé de Bogotá, Colombia.

En un mercado cada vez más competitivo, el uso eficiente de la informática es factor fundamental en el desarrollo exitoso de cualquier actividad profesional o empresarial y es en esta era, el indicador de desarrollo de un país.

Pensando en esto, la Asociación Colombiana de

ACUC, La Asociación de la Informática y las Comunicaciones

Usuarios de Informática y Comunicaciones, ACUC, ha venido desarrollando desde 1970 un importante trabajo de representación, orientación asesoría y prestación de servicios a los usuarios de todo el país, tanto de la tecnología dura o equipamiento, como de la ciencia informática. ACUC cuenta con seccionales que le permiten cubrir el territorio nacional: Central - Santafé de Bogotá, Antioquia - Medellín, Sur-Oriente - Cali, Oriente - Bucaramanga, Tolima - Ibagué.

ACUC, es miembro de la Federación Latinoamericana de Usuarios de Informática y Telecomunicaciones (FLAI), con sede en San Pablo - Brasil.

De esta manera ACUC tiene representación regional, nacional e internacional lo que la ubica junto con su antigüedad, como la **Asociación** del gremio informático con mayor solidez para el gremio usuario.

Servicios que obtienen nuestros afiliados:

- **Revista ACUCNoticias**
- **Catálogo Nacional de Software**
- **Eventos:** Compusoftware (Medellín), Inforiente (B/mga), Infopacífico (Cali), Software 96 (Compuexpo-Bogotá), Infojoven (Feria especializada en informática educativa).
- **Capacitación:** Cursos, talleres, seminarios, conferencias, biblioteca especializada.
- **Minga Informática**
- **Convenios:** Postgrado, Convenio UIS-ACUC en Ingeniería de Software.
- **Publicaciones:** Con descuentos significativos a sus afiliados en editoriales y librerías.



Oficina Nacional Seccional Central: Bogotá - Calle 39A No. 14-58 Tels. (91) 2455932
2854182 Fax 3201639 Seccional Antioquia: Medellín - Calle 48 No. 48-14 Of. 806
Tel. (94) 2312016 Seccional Oriente: Bucaramanga Calle 43 No. 29-13 Of. 506 Tel. (976)
345552 Seccional Suroccidente: Cali - Av. Estación No. 5B N-73 Of. 205 Tels. (92) 6616052
Telefax 676477 Seccional Tolima: Ibagué - Carrera 22 Calle 67 Tels. (982) 640011

Los
catalizadores
modernos
han permitido
el desarrollo
de plásticos
de alta
tecnología

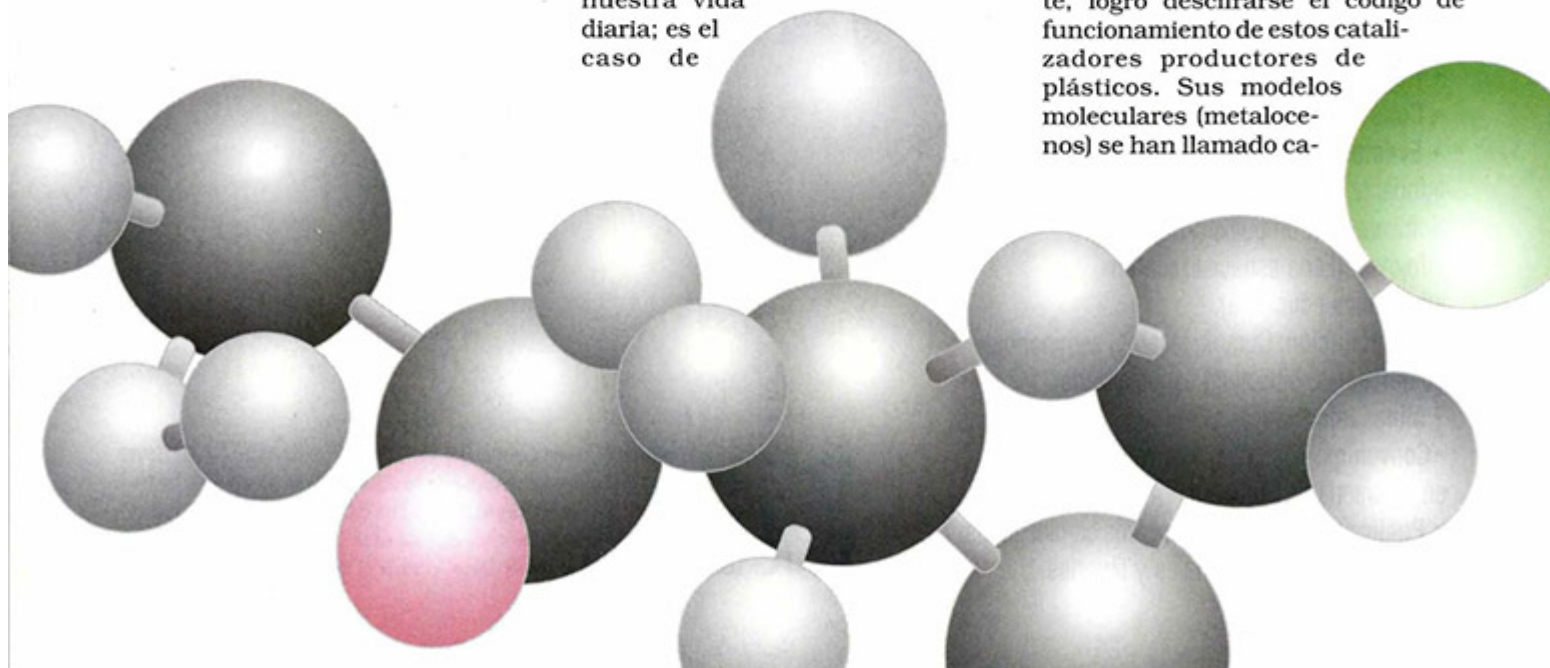
Diseñadores

Los plásticos modernos ya no son masas surgidas al azar. Gracias a las nuevas tecnologías para su producción, éstos pueden ser diseñados para cumplir funciones muy específicas. Sin embargo, aún hay mucho que aprender de la madre naturaleza, pues en ella se encuentran materiales que, para nuestros estándares actuales, pueden ser considerados como de alta tecnología. Tal es el caso de fibras naturales como el algodón, homopolímero de un azúcar con unidades dispuestas en forma muy precisa. En el caso de proteínas como el cabello, los polímeros de aminoácidos están organizados en un orden especial, y qué decir de los ácidos nucleicos, que poseen cuatro clases de sustancias ubicadas tan precisamente que sirven como código genético. En la actualidad, el campo de los plásticos (una clase de polímeros) ha alcanzado tal grado de desarrollo que es posible controlar su diseño, a pesar de hallarse todavía lejos del dominio "tecnológico" de los sistemas biológicos. Algunos de estos materiales de alta tecnología ya tocan nuestra vida diaria; es el caso de

las prendas deportivas que proporcionan un excelente aislamiento térmico, sin obstruir la transpiración, llevando el sudor hacia la superficie de la tela, en donde se seca rápidamente.

Desde los años treinta se conocían muchos de los plásticos modernos. Al comienzo fueron manufacturados luego de un proceso de ensayo y error, obteniendo materiales interesantes como el nailon, el polietileno, el poliestireno y el caucho sintético. La investigación sobre estos materiales era muy pobre, debido precisamente a sus excelentes características de polímero, tales como resistencia a la degradación, estabilidad, dureza, etc. En los años cincuenta se presentó un acontecimiento muy importante en el campo de los plásticos. Karl Ziegler y Giulio Natta descubrieron un catalizador para la polimerización del etileno y el propileno. Este último no había podido ser convertido en polipropileno por otros métodos. Estos catalizadores, como otros tantos de la época, fueron considerados maravillosas cajas negras que hacían su trabajo sin saberse cómo.

En los años ochenta, finalmente, logró descifrarse el código de funcionamiento de estos catalizadores productores de plásticos. Sus modelos moleculares (metalo-



de plásticos

talizadores de sitio único; esto quiere decir que sus sitios activos son uniformes y no una mezcla como en los sistemas "caja negra". Esta propiedad hace que los químicos puedan modificar su estructura o diseñarlos para producir plásticos hechos a la medida de las necesidades de elasticidad, dureza, claridad y resistencia a la temperatura, entre otras propiedades físicas. Incluso ya se habla de nuevos materiales plásticos electrónicos que superen a los actuales en absorción de luz, conducción y superconducción eléctrica y magnética, etc.

Cuando se descubrieron los catalizadores de sitio único tipo metaloceno, no eran económicamente competitivos frente a los sistemas tradicionales. Esta situación está cambiando dramáticamente, y grandes empresas como Exxon están adecuando plantas de producción de plásticos con el sistema EXXPOL, desde 1991. Dow y DuPont planean trabajar juntos en un proyecto de elastómeros, que son polímeros con características de caucho. La competencia es muy fuerte dados los intereses económicos. Recientemente, Exxon y Union Carbide decidieron unir esfuerzos días después de un acuerdo entre Dow y la British Petroleum. Otros grandes en la competencia son Hoechst, de Alemania, y Mitsui y Mitsubishi, de Japón.

Las grandes compañías esperan tener ventas de polietileno y polipropileno de alrededor de 43 billones de dólares al año. Eventualmente, con la nueva tecnología de catalizadores de sitio único, se espera producir estos polímeros de una manera mejor y más económica. Además se ha abierto la posibilidad de

desarrollar plásticos sin halógenos (como el PVC), que no deterioren el medio ambiente.

Las estrellas de toda esta revolución, los llamados catalizadores metalocenos de sitio único, son moléculas con una parte orgánica que da la forma y una parte metálica que es el centro activo; ninguna puede trabajar sin la otra. Los colores de estos compuestos son espectacular-

res. Los catalizadores de titanio son de color amarillo o verde oscuro, los de zirconio son amarillo intenso o naranja, y los de hafnio son rosa. Estas moléculas organometálicas hacen que los monómeros se unan o enganchen de una manera controlada, produciendo una cadena muy uniforme. De esta forma, es posible diseñar moléculas catalizadoras que produzcan cadenas de plástico con características muy precisas. Exxon, por

ejemplo, ha desarrollado plásticos muy resistentes que no se ablandan con el sol y que pueden ser usados para manufacturar bolsas para fertilizantes, evitando los problemas que se presentaban antes con éstas.

El área de nuevos materiales de alta tecnología es muy fértil. Basándose en un sistema catalítico para propileno elastomérico, Robert Waymoth, de Stanford, propuso un nuevo material textil con el aislamiento y las características de rápido secado del *polartecy* la elasticidad de la *lycra*. Uno de los éxitos de los catalizadores metalocenos es su capacidad para producir materiales que de otra manera no podrían ser obtenidos. Ése es el caso del polipro-

pileno sindiotáctico, que, aunque todavía no se está produciendo a nivel comercial, ha interesado mucho a varias compañías por su alta resistencia térmica y claridad, condiciones que le dan una excelente apariencia, aun en condiciones extremas.

En el campo de los plásticos producidos masivamente, como el polietileno y el polipropileno, los catalizadores metalocenos son ya casi tan rentables como los catalizadores convencionales, pero todavía tendrán que evolucionar un poco más. El uso de catalizadores de sitio único le agrega aproximadamente 15 por ciento al costo de productos de polietileno. Por el momento, su ventaja radica en la producción de materiales de alta tecnología que no pueden ser obtenidos con los métodos tradicionales. Y sus posibilidades no terminan en los plásticos: las compañías farmacéuticas han mostrado interés en esta clase de catalizadores para utilizarlos en la síntesis de medicamentos que deben tener una estructura muy precisa.

Los catalizadores de sitio único tipo metaloceno son los catalizadores de moda y poseen un futuro brillante. El entusiasmo de las compañías y de los investigadores por estos sistemas hace creer que el problema de los costos será superado y que vendrá una avalancha de nuevos materiales "hechos a la medida".

Ricardo Fierro Medina, Ph.D.
Profesor Asistente,
Departamento de Química,
Universidad Nacional de Colombia,
Santafé de Bogotá, Colombia.

Se ha abierto la posibilidad de desarrollar plásticos que no deterioren el medio ambiente.

Asuntos de integridad en ciencia

Grandes
casos de error
y fraude
son descubiertos
y resueltos
dentro de
la comunidad
científica

Publicar descubrimientos científicos puede ser materia escabrosa y controversial. Los científicos aprendemos, entre otras cosas, a ser escépticos y a buscar pruebas irrefutables para las nuevas ideas. De vez en cuando aparecen publicados resultados tan espectaculares que los más pesimistas afirman sencillamente: "Es demasiado bueno para ser cierto". Tal fue el caso de un investigador norteamericano que publicó un sorprendente reporte sobre trasplantes de piel en ratones, a los que había pintado manchas oscuras que simulaban injertos.

Otro ejemplo es el caso conocido como la "dilución infinita", que mejor debería haberse llamado la "ilusión infinita". En 1988, un grupo francés reportó un agente bioquímico capaz de actuar sobre basófilos humanos aun después de diluirse sucesivamente 120 veces. La explicación propuesta fue que el disolvente (agua) era capaz de "recordar" la forma del agente y retener su acción, incluso si no se encontraban moléculas del agente en la solución. Poco después se demostró que los resultados eran difícilmente reproducibles, pues el efecto medido era muy débil y no tenía relación directa con la causa a la que se atribuía.

En ciencia no existe un código de ética universal. Nuestras normas de comportamiento son aprendidas de nuestros maestros y, de hecho, estas normas están cambiando consecuentemente con el avance de la ciencia. La comunidad científica internacional es consciente de estas limitaciones y, con frecuencia, las revistas científicas publican artículos sobre el problema de la ética en ciencia. Por esto quisiera, a continuación, ejemplificar estos comportamientos, narrando algunos casos de «cuatro en conducta» en ciencia, ocurridos en los

últimos años y que han causado revuelo.

Agua polimérica

En 1966, el científico soviético Boris V. Derjaguin presentó, durante una conferencia en Inglaterra, una nueva forma de agua, descubierta por su colega N. N. Fedyakin. Las muestras de esta "nueva agua" mostraron ser más densas y viscosas (15 veces más) que el agua normal; además, sus puntos de congelación y ebullición tenían un rango más amplio (-50°C y más de 250 °C, respectivamente). Derjaguin, así como muchos otros científicos en todo el mundo, tomó el descubrimiento con entusiasmo. Después de los estudios, se planteó que la estructura del compuesto correspondía a un polímero

de agua que se denominó "poliagua", "agua anómala", "agua II", "ortoagua" y "superagua", entre otros.

La producción de pequeñas cantidades de "poliagua" se lograba colocando tubos de vidrio capilares (fabricados recientemente) en una atmósfera saturada de vapor de agua; después de pocos días, el agua normal se evaporaba, dejando un condensado viscoso de "poliagua" dentro del capilar.

Los análisis efectuados utilizando técnicas de rayos infrarrojos demostraron que la estructura de las muestras de "poliagua" difería mucho de la del agua normal.

En 1969, científicos de la Universidad de Maryland y del National Bureau of Standards, de los Estados Unidos, interpretaron los resultados y plantearon una estructura polimérica en forma de red, con núcleos de seis moléculas de agua. Hubo tal excitación alrededor del tema que las revistas científicas recibieron numerosos trabajos en los que se

daba por hecho la existencia de la "poliagua"; por otra parte, casi simultáneamente entró en circulación la novela de ciencia ficción *Cat's Cradle*, de Kurt Vonnegut, en la que toda el agua del mundo se convertía en *ice-nine* (una forma de hielo).

Denis L. Rousseau, de Bell Telephone Labs, se atribuyó la clarificación del asunto. Se había comprobado que 25 muestras solicitadas a Derjaguin tenían un alto grado de contaminación con sustancias orgánicas. Rousseau obtuvo sus propias muestras y encontró que también se encontraban contaminadas, pero, en esta ocasión, no con materiales orgánicos sino con sales inorgánicas de sodio, cloro y sulfato. Los resultados del análisis espectroscópico usando agua pesada (D₂O) en lugar de agua normal deberían ser diferentes, y no obstante se seguía obteniendo el mismo tipo de material. En medio de su frustración, Rousseau relata que un día que regresaba de hacer ejercicio en el gimnasio tomó un poco de su sudor y lo colocó en el recipiente de análisis, encontrándose con la sorpresa de que los análisis de infrarrojo eran casi idénticos a los de la "poliagua".

Desde la publicación de este hallazgo, la actividad en torno a la "poliagua" cesó abruptamente. En 1973, el mismo Derjaguin aclaró que las muestras de agua anómala obtenidas en ambientes "muy limpios" contenían átomos de silicio producto de la disolución del vidrio de cuarzo utilizado en los capilares. Hoy en día, el tema es sólo una anécdota del pasado y, al menos por el momento, no hay que preocuparse por las consecuencias que produciría la conversión del agua en un polímero viscoso.

Fusión nuclear en frío

Ante la abrupta disminución de los depósitos de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, la búsqueda de fuentes alternas de energía se ha convertido en una de las principales preocupaciones para los científicos modernos. Los procesos nucleares han sido utilizados como fuente de energía, pero los métodos

**En ciencia
no existe
un código
de ética
universal.**

actuales tienen el inconveniente de presentar altos riesgos (ocasionando catástrofes como la de Chernobyl).

Existen diversas posibilidades de aprovechar estas fuentes. El Sol, por ejemplo, es un reactor nuclear que genera inmensas cargas de energía, mediante la fusión de los núcleos atómicos. El principio de la fusión nuclear es relativamente sencillo; la combinación de dos núcleos livianos produce un nuevo núcleo más pesado y en este proceso se libera una gran cantidad de energía. El problema es que los núcleos, por tener cargas positivas, generan una repulsión electrostática que aumenta al disminuir la distancia entre ellos. A grandes temperaturas, como la del Sol, los núcleos acumulan tanta energía que chocan y se fusionan. Comparando estos procesos con los de fusión nuclear a temperaturas cercanas a la del ambiente, estos últimos podrían considerarse fusión en frío.

En 1989, dos grupos, en Estados Unidos e Inglaterra, aseguraron haber conseguido la fusión en frío de núcleos de deuterio (D, isótopo pesado de hidrógeno con masa 2). Stanley Pons y Marvin Hawkins, de la Universidad de Utah, y Martin Fleischmann, de la Universidad de Southampton, reportaron la liberación de un exceso inexplicable de calor en una celda electroquímica con un cátodo de paladio y LiOD, en agua pesada (D₂O) como electrolito. En una ocasión, los científicos reportaron que los electrodos se calentaron tanto que se fundieron y atravesaron la mesa de trabajo; analizando los datos, encontraron que la energía liberada era superior que la suministrada para inducir la fusión.

Por otra parte, Stephen Jones, de la Universidad de Brigham Young, comentó el hallazgo de neutrones con energía similar a la que se liberaría en una reacción de fusión nuclear, utilizando una celda semejante. Los resultados de los dos grupos se publicaron en marzo de 1989, casi simultáneamente, en una competencia por atribuirse la observación. En enero de 1989, los dos grupos se reunieron y acordaron

enviar sus manuscritos al mismo tiempo a la revista *Nature*; se pactó realizar una cita en una oficina de envíos extrarrápidos, pero Pons, Fleischmann y Hawkins incumplieron el trato y enviaron un artículo preliminar al *Journal of Electroanalytical Chemistry*, el 11 de marzo, y realizaron una conferencia de prensa el día 23, ante lo cual, Jones envió su artículo inmediatamente, vía fax, a *Nature*.

La exposición de los resultados causó una gran interés general; periódicos de la tradición del *Wall Street Journal* y el *Financial Times* cubrieron ampliamente la noticia. Científicos de todo el mundo querían saber los detalles experimentales, los cuales parecían tan sencillos que podrían ser reproducidos en la cocina de cualquier casa.

Se especulaba sobre las posibilidades de que esa fuente de energía, virtualmente inagotable, desencadenara una crisis en los países exportadores de petróleo. Sin embargo, la emoción no duró mucho, y en el número del 27 de abril de *Nature*, el mismo en el que Jones publicaba sus resultados, aparecieron comentarios escépticos sobre el descubrimiento. Había resultados dispersos, y muchos grupos que trataron de reproducir los experimentos no tuvieron éxito. Un análisis más detallado reveló grandes fallas en el diseño de los experimentos de Pons y de Jones: no fueron realizados experimentos de control, y las medidas producidas por los efectos nucleares apenas podían distinguirse del ruido de fondo en los instrumentos. Los estudios teóricos no pudieron relacionar la cantidad de energía con la de neutrones o protones que eran liberados.

Michael L. Salamon, en colaboración con otros investigadores del Departamento de Física de la Uni-

versidad de Utah, estuvo experimentando durante cinco semanas en el laboratorio de Pons, sin lograr reproducir sus resultados. No obstante, Pons argumentó que no se efectuaron suficientes intentos. Finalmente, la credibilidad como investigadores de Pons, Fleischmann, Hawkins y Jones quedó en la ruina a causa de su ligereza científica y de su afán de fama.

Síntesis con campos magnéticos

A comienzos de los años 60 se encontró que un sedante llamado Talidomida ocasionaba malformaciones fetales cuando era ingerido por mujeres gestantes, durante los tres primeros meses de embarazo. Ante esto, la droga fue retirada de inmediato del mercado, con el escándalo y el desprestigio previsible.

La Talidomida es un compuesto quiral (con imagen en espejo, pero cuyos compuestos son diferentes a pesar de tener los mismos componentes), en el que una de las imágenes, llamada enantiómeros, tiene características sedantes, mientras que la otra causa las malformaciones.

Muchas de las drogas modernas son compuestos quirales, en los

que una imagen es el agente activo y la otra es inocua, o dañina, en los casos desafortunados. Como es obvio, la industria farmacéutica tiene gran interés en obtener experimentalmente sólo las imágenes activas para utilizarlas en los procesos farmacéuticos; sin embargo, obtener sólo una imagen es tarea difícil. Cuando la droga se obtiene de fuentes animales o vegetales no existe este problema, porque los sistemas biológicos funcionan con una sola imagen, por razones aún desconocidas. Pero en las drogas fabricadas en laboratorio, el compuesto debe so-

**La sociedad confía
en que los resultados
y las teorías
que los científicos
comunican son el
resultado de un
proceso honesto
y transparente.**

meterse a procesos muy sofisticados de síntesis y separación para obtener una sola imagen.

En 1984, apareció en *Angewandte Chemie* (revista alemana de investigación) un artículo de Guido Zadel y Catja Eisebraun, estudiantes de posgrado, quienes, con el profesor Eberhard Breitmaier, de la Universidad de Bonn, y Gerd-Joachim Wolff, publicaron dos artículos que reportaban la producción en exceso de sólo una de las imágenes en diferentes compuestos quirales, realizando la síntesis dentro de un imán potente. Tan pronto como se conocieron los resultados, muchos grupos trataron de reproducir los experimentos. Los requerimientos técnicos eran fáciles de satisfacer en cualquier laboratorio medianamente equipado.

Poco tiempo después, el profesor Breitmaier comenzó a recibir correspondencia solicitando detalles, por-

que los intentos de reproducir sus experimentos no funcionaban. Zadel, autor de casi todo el trabajo experimental, fue muy cuestionado. Breitmaier le solicitó a su grupo que repitiera los experimentos, observando que, curiosamente, cuando Zadel estaba presente, los experimentos funcionaban a las mil maravillas. Al analizar las muestras olvidadas por Zadel, encontraron serias inconsistencias; frente a esto, Zadel admitió haber acomodado los resultados, manipulando las muestras iniciales.

En tiempo récord, Breitmaier publicó una carta retractándose de los resultados y explicando el bochornoso incidente, a cuatro meses de la publicación inicial.

El trabajo científico implica muchas responsabilidades sociales. La labor de investigación científica está basada en la sinceridad y la confianza. La sociedad confía en que los resultados y las teorías que los cien-

tíficos comunican sean el resultado de un proceso honesto y transparente. En ocasiones se pierde objetividad, y los resultados u observaciones experimentales se interpretan para ajustarlos a una línea de pensamiento preestablecida que no admite cambios. Sin embargo, mientras haya científicos curiosos e inquietos que trabajen en la búsqueda de la verdad (requisito indispensable para ser científico), la sociedad podrá confiar en la ciencia.

Ricardo Fierro Medina, Ph.D.

Profesor Asistente,
Departamento de Química,
Universidad Nacional de Colombia,
Santafé de Bogotá, Colombia.



AS DISEÑO P&M LTDA.

Ayudamos a mantener todas las formas de vida.

CIENCIA E INDUSTRIA
Productos y Sistemas Profesionales
Calle 98 No. 22-64 Piso 11 A.A. 4284
PBX: 623 55 11
Fax. (91) 623 41 88
Santafé de Bogotá, D.C.

Juntos hacemos tu vida mejor.



PHILIPS

Nuevos espejos para los supertelecopios terrestres

Hace más de trescientos años, Galileo utilizó unos lentes rudimentarios para ver, por primera vez, objetos en el cielo. En 1668, Isaac Newton construyó el primer telescopio reflector. Una nueva generación de telescopios, dotados de enormes espejos colectores de luz, y una ingeniosa tecnología óptica prometen dar un paso gigantesco en la posibilidad de explorar el universo.

La confección de los grandes espejos constituye una empresa larga, ardua y delicada. La del espejo del telescopio de cinco metros de diámetro del Observatorio del Monte Palomar (California) requirió 16 años de trabajo y fue culminada en 1947. Después de haber sido colado en su molde, permaneció más de un año en un horno cuya temperatura iba siendo progresivamente disminuida. A ese largo enfriamiento sucedieron varios años de talla y pulido.

En el pasado, los ópticos creaban grandes discos planos de vidrio y después los pulían hasta darles forma parabólica (todos los

rayos paralelos recolectados por el instrumento son reflejados por el espejo hacia un mismo punto o foco). Durante décadas, la regla de oro consistió en aplicar una relación radio/espesor del orden de seis a ocho. El espejo Hale, de cinco metros de diámetro, pesa 20 toneladas; aplicando la misma regla, un espejo de 10 metros pesaría 230 toneladas y el telescopio correspondiente alcanzaría varios miles de éstas.

Los recientes e importantes adelantos en las técnicas de mol-

deado permiten a los ópticos fabricar espejos enormes relativamente ligeros y económicos. Esto es posible gracias a una nueva técnica, llamada moldeado rotatorio, en la cual el molde antes de enfriarse se coloca sobre una especie de torno o plataforma giratoria que da seis vueltas por minuto. La fuerza centrífuga proyecta la masa hacia el exterior y ahueca ligeramente la superficie, y con ello se realiza una abrasión previa de unos pocos milímetros de profundidad. Con este sistema se ahorran muchas de las



Espejos líquidos

Durante casi cuatro siglos los telescopios reflectores han sido utilizados de manera recurrente en la astronomía para desentrañar la inmensidad del universo. Sin embargo, pese a todos sus logros, el reflector clásico tiene serios inconvenientes, tales como su altísimo costo, el trabajo excesivamente laborioso —casi artesanal— que implica pulir un espejo hasta darle una forma perfectamente parabólica y la tendencia de los espejos a deformarse con los cambios de temperatura, así como bajo la sección de su propio peso, luego de supera-

do cierto tamaño.

Existe una práctica alternativa que obvia estos inconvenientes: el espejo líquido. No se sabe con certeza a quién se le ocurrió esta idea, pero se asume que pudo ser al propio Newton. Lo cierto es que el primero en llevar a cabo la construcción de un espejo líquido fue Robert W. Wood, a comienzos de este siglo, aunque con poco éxito debido a las limitaciones técnicas de la época. Wood sugirió la posibilidad de tal construcción y los eventuales problemas que podrían surgir.

La idea es muy sencilla. Por medio de la fuerza de gravedad y de la fuerza centrífuga que afectan a un líquido cuando es puesto a rotar, es posible hacer que la superficie del líquido reflectante (mercurio, por ejemplo) tenga forma perfectamente parabólica (figura). Para dar una idea de esto, hay que imaginar algo similar a lo que

ocurre al revolver el café en una taza. Este procedimiento proporciona el requisito fundamental de un buen lente: una superficie perfectamente parabólica. Además, como un líquido no puede hundirse, puede manufacturarse un espejo tan grande como se quiera y, aún así, su precio será mucho menor que el de un reflector convencional.

Uno de los principales problemas que encontró Wood al construir su espejo líquido fue que éste



toneladas de vidrio que normalmente hay que eliminar al tallar el bloque; también se reduce el peso y, con ello, el riesgo en la manipulación.

Así pues, para eludir estos obstáculos, los astrónomos están diseñando espejos ligeros (175 mm de espesor y 23 toneladas de peso, como el utilizado en el VLT) y deformables controlados por un sistema electrónico, creando estructuras huecas en forma de panel de abeja o yuxtaponiendo espejos más pequeños en forma de mosaico.

El espejo Keck es sólo el primero de una familia de monstruos ópticos basados en diseños totalmente nuevos. Está constituido por un espejo segmentado, compuesto por 36 elementos hexagonales de 1,8 metros y 7,5 centímetros de espesor. Cada elemento se talla y se pule de tal manera que corresponda exactamente a una porción bien definida del espejo primario parabólico: la superficie de cada elemento ya no es de

revolución y, por ello, su fabricación es bastante más delicada que una superficie clásica que tiene un eje de simetría. Los segmentos del espejo se anclan a una estructura de soporte motorizada y se alinean entre sí con una precisión de una diezmilésima de metro. El espejo completo tendrá un diámetro de diez metros, que lo convertirá en el mayor telescopio óptico del mundo.

Un segundo tipo de diseño es el de los espejos con estructura de panel de abeja. Éstos constan de una delgada lámina de vidrio curvado que descansa sobre una estructura también de vidrio, en forma de panel. Son rígidos pero muy ligeros, porque casi todo su volumen está constituido por aire. Ya se han producido espejos en panel de 3,5 metros de diámetro, y se está construyendo uno de 6,5 metros para el proyecto MMT (Telescopio de Espejos Múltiples).

Un tercer diseño es el de espejos de menisco delgado. Son de una sola pieza, aunque demasiado delgados para soportar su propio peso. Se

ajustan mediante actuadores mecánicos que les dan, en todo momento, la forma correcta.

El Observatorio Europeo Austral encargó a la empresa alemana Schott, la fabricación de cuatro espejos de 8,2 metros de diámetro para otros tantos telescopios que se instalarán en Cerro Paranal, en el desierto chileno de Atacama, como parte del proyecto del telescopio europeo VLT (Very Large Telescope). Todos juntos penetrarán en las profundidades del universo con la mayor agudeza visual alcanzada hasta el momento, pues la intensidad de luz resultante de la unión de los cuatro corresponderá a la de un espejo de 16 metros de diámetro.

En lo que refiere a espejos monolíticos, se ha establecido una "normalización" de hecho, en torno a los ocho metros de diámetro.

Una característica esencial del material utilizado para la fabricación de un espejo es su dilatación térmica. El pulimento óptico consiste en una lenta abrasión del material, que produce una cantidad grande de calor y tiende a deformar la superficie. Son necesarios largos

no podía inclinarse para compensar la rotación de la Tierra, tal como se inclina un espejo de cristal. Por esta razón, al fotografiar las estrellas durante un tiempo de exposición prolongado quedaban rayas que describían su trayectoria durante ese período y no una imagen estática.

En 1982, un grupo de científicos, encabezado por James E. Gunn y Marteen Schmidt, demostró una aplicación de los sensores ópticos de estado sólido (DCA), que permitió por medio de dichos dispositivos obtener una imagen muy precisa de una franja del cielo, sin necesidad de mover el telescopio de cristal convencional. El detector DCA compensó la rotación de la Tierra llevando electrónicamente sus sensores de luz de este a oeste, a una velocidad igual a la del desplazamiento de las imágenes que iba captando el telescopio. De la misma manera es posible aplicar esta tecnología a telescopios de espejo líquido, superando así su principal inconveniente práctico: las limitaciones para inclinarlo.

La primera investigación llevada a cabo con éxito, utilizando un espejo líquido de 1,2 metros, fue hecha en 1987 por Ermanno F. Borra, de la Universidad de Laval, en Quebec. Desde entonces, han sido construidos varios telescopios que utilizan esta técnica. Algunos investigado-

res que han desarrollado telescopios de este tipo son Paul Hickson, de la Universidad de Columbia Británica, quien construyó un telescopio de espejo líquido de 2,7 metros de diámetro para realizar rastreos espectroscópicos, y Andrew E. Potter, de la NASA, y Terry Byers, de la Compañía Lockheed, quienes construyeron uno de tres metros de diámetro destinado a la búsqueda de desechos espaciales no mayores de un centímetro, que constituyen una amenaza para naves y estaciones en el espacio.

En *Physycs Today* de junio de 1987, Per H. Andersen escribió una nota titulada: «¿Obsevarán los futuros astrónomos con espejos líquidos?». En *Investigación y Ciencia* de abril de 1994, Ermanno F. Borra escribió: "Siete años más tarde se han construido unos cuantos telescopios de este tipo. ¿Cuántos astrónomos van a utilizarlos? El tiempo lo dirá, pero espero que, en el peor de los casos, sirvan para tareas astronómicas especializadas, como los rastreos. En el otro extremo, sueño con que un día recaiga sobre ellos la mayor parte de la investigación astronómica, quedando relegados los telescopios inclinables a misiones muy concretas".

Juan Carlos Salcedo

Corresponsal, Innovación y Ciencia.

períodos de estabilización antes de poder proceder a un control de la superficie. A medida que se acerca a la forma deseada, los controles se vuelven cada vez más frecuentes, y el tiempo de fabricación aumenta drásticamente en función de la precisión buscada. Durante su utilización, el espejo también tiende a deformarse con las variaciones de temperatura que, en una masa de tales dimensiones, no se propagan de manera uniforme. No es sorprendente, por tanto, que la calidad óptica de los telescopios haya seguido la evolución de la estabilidad térmica de los materiales.

La fabricación de los dos mayores telescopios existentes (el del Monte Palomar y el seis metros soviético) se basó en el uso de vidrio borosilicato. Este tipo de vidrio (más conocido por su nombre comercial de vidrio "pyrex"), posee un

coeficiente de dilatación cerca de dos veces inferior al del vidrio normal.

La sílice, material que existe en estado natural en forma cristalina (el cuarzo), posee notables propiedades físicas particularmente apropiadas para la fabricación de espejos, a causa de su excelente homogeneidad y de su muy baja dilatación térmica.

Una característica esencial del material utilizado para la fabricación de un espejo es su dilatación térmica.

Recientemente, la sociedad alemana Schott escogió como sustrato para los espejos del proyecto VLT un material vitrocerámico (el zerodur) cuya dilatación térmica resultante es casi nula, gracias a la combinación de un vidrio con dilatación positiva y una cerámica con dilatación negativa.

Así, en virtud de estos nuevos avances tecnológi-

cos y con telescopios ópticos dotados de espejos de más de ocho metros, será posible contemplar los confines inexplorados del universo y estudiar los misterios del firmamento.

.....
Bibliografía en depósito

Nelson Baquero A., M.Sc.
Físico, Profesor,
Universidad de Los Llanos,
Villavicencio, Colombia.

Paulo Orozco D., Ph.D.
Físico, Profesor,
Universidad Nacional de Colombia,
Santafé Bogotá, Colombia.

Partículas Elementales?

Astronáutica?

Hologramas?

Plantas Transgénicas?

Robótica?

Superconductividad?

Priones?

Redes Neuronales Artificiales?

Realidad Virtual?



UNIVERSOS

Aprenda mientras se entretiene

No deje de ver UNIVERSOS, los martes de 1:30 a 2:00 por la cadena 1.

Enero	7	Cáncer
Enero	14	Aroma de café
Enero	21	Partículas elementales
Enero	28	Hospederos y parásitos
Febrero	4	Tras las huellas de nuestros antepasados
Febrero	11	Café liofilizado para exportación



COLCIENCIAS



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

Violencia televisiva: la fruta prohibida

A propósito del artículo sobre las consecuencias psicológicas de la violencia y la sexualidad en televisión, publicado recientemente en *Innovación y Ciencia*, informamos la aparición, en septiembre, de un estudio específico sobre los efectos de los avisos de advertencia sobre la atracción hacia la violencia televisiva.

La investigación fue llevada a cabo por B. J. Bushman y A. D. Stack, de la Universidad Estatal de Iowa, y fue publicada en el *Journal of Experimental Psychology Applied*, de la Asociación Psicológica Americana (APA).

Bushman y Stack plantearon como hipótesis que los avisos de advertencia que aparecen en Estados Unidos al comienzo de los programas, y que contienen imágenes violentas, tienen el efecto contrario para el que fueron diseñados: convierten a los programas en la fruta prohibida, haciéndolos más atractivos para el público.

La evidencia empírica sobre este punto había sido escasa y presentaba múltiples fallas metodológicas. Por esta razón, los psicólogos de Iowa decidieron emprender una serie de experimentos con mayores controles: comparación entre niños y adultos, entre programas violentos y no violentos, y entre fuentes



autorizadas y no autorizadas para los avisos de advertencia.

Luego de tres experimentos en los que participaron aproximadamente mil personas, la conclusión fue contundente: los avisos de advertencia hacen más atractivos los programas violentos. Incluso, tales avisos se convirtieron en la señal que identifica un "programa de interés", en general.

La lección para las comisiones de vigilancia de televisión no puede ser más clara. Si el objetivo es llamar la atención sobre los indudables desórdenes de conducta que generan las imágenes violentas, estos avisos no son la mejor estrategia

¿Cuál es su tipo de inteligencia?

Hoy en día, podemos definir perfectamente el concepto de conocimiento; sin embargo, en el caso de la inteligencia es más difícil. Por varias décadas, los investigadores se han dedicado a realizar mediciones singulares para categorizar la inteligencia de las personas. Recientemente, la evaluación crítica de los tests de inteligencia ha llevado a muchos investigadores a plantear que la inteligencia es multifacética y no puede reducirse a un simple número.

Howard Gardner, psicólogo de la Universidad de Harvard, es uno de los mayores promotores de esta teoría. El nuevo proyecto de Gardner, «Renaissance mind», busca realizar un ambicioso estudio internacional sobre la creatividad humana; para ello, los miembros de su equipo examinarán la forma de trabajo creativo con sentido de responsabilidad en leyes, medicina, periodismo, artes creativas y ciencias.

Los ocho tipos de inteligencia identificados por Gardner están presentes en todos los individuos, en grados variables, definiendo la inteligencia como la habilidad para resolver problemas o

Oncología

Terapia fotodinámica en el tratamiento del cáncer

Hoy, los pacientes con cáncer tienen una nueva esperanza. Recientemente se ha desarrollado una nueva técnica para destruir los tumores en etapas tempranas de la enfermedad. El procedimiento, descrito por el doctor Bergein F. Overholt, fue aplicado por primera vez hace seis años a Melvin A. Francis, como tratamiento para un tumor esofágico.

En Estados Unidos, el cáncer de esófago afecta a cerca de 12.000 personas cada año, 95 por ciento de las cuales termina muriendo o sufriendo una gran incapacidad para comer normalmente, como consecuencia de la remoción quirúrgica de una gran porción del esófago.

La terapia fotodinámica consiste en inyectar al paciente una droga

fotosensible (Photofrin); ésta es absorbida por las lipoproteínas sanguíneas, que la mantienen en circulación hasta que alcanza el tumor. En casi todas las células del cuerpo existen receptores para lipoproteínas, ya que el colesterol que ellas transportan es necesario para la división celular. En los tumores, como la división celular es anormalmente acelerada, las células absorben mayor cantidad de lipoproteínas, originando una concentración de la droga. Una vez ésta se encuentra acumulada, después de minutos o días, dependiendo de la sustancia y del tipo de cáncer en cuestión, se enfoca un haz de láser de luz roja sobre el tumor, con un catéter de fibra óptica. La luz interactúa con la droga, generando átomos de oxígeno químicamente reactivos, los cuales destruyen las células cancerosas pero dejan intactos los tejidos circundantes.

En la actualidad ya se ha implementado la técnica en diversos centros asistenciales de gran número de países para el tratamiento de otros tipos de cáncer, con resultados excepcionales en cuanto al pronóstico de la enfermedad; se ha documentado una remisión completa de la enfermedad en el 90 por ciento de los pacientes con cáncer de pulmón temprano y en más del 80 por ciento de los tumores de esófago, estómago y cérvix.

confeccionar productos con valor en una o más culturas.

Por su parte, quienes no comparten la teoría afirman que, en realidad, no puede llamarse "tipo de inteligencia" a las destrezas descritas por Gardner, sino, más bien, "talentos". A pesar de la controversia, es indudable el valor del planteamiento, ya que establece un nuevo horizonte de investigación y desarrollo.

Andrología

Anticonceptivos masculinos

Durante el estudio de los bloqueadores de canales de calcio, drogas utilizadas frecuentemente en pacientes con problemas cardíacos, los investigadores del North Shore Hospital, en Manhasset, Nueva York, descubrieron el mecanismo por el cual estos medicamentos logran bloquear la producción de espermatozoides.

El siguiente paso en la investigación consistirá en desarrollar una droga que logre bloquear selectivamente los canales de calcio involucrados en la espermatogénesis.

Medicina forense

Identificación dactiloscópica inmediata

Los ingenieros de NEC han encontrado una nueva forma para que la policía pueda identificar en forma rápida las huellas digitales. La compañía japonesa desarrolló un dispositivo del tamaño de la palma de la mano, que permitirá tomar las huellas digitales de cualquier sospechoso o víctima en el lugar del crimen; el terminal capta la imagen, identifica las marcas y envía los datos mediante ondas de radio a la central de cómputo, para su identificación. La policía de San Francisco iniciará las pruebas en mayo, con ocho unidades instaladas en patrullas de policía.

EVOLUCIÓN

Sexo y violencia en la época glacial

Los mamuts y los mastodontes, parientes gigantes de los elefantes actuales, vivieron en la época glacial y desaparecieron abruptamente a finales del pleistoceno, hace unos 10.000 años. Daniel C. Fisher, paleontólogo de la Universidad de Michigan, está elaborando una teoría sobre su desaparición, basándose en los huesos de la boca de estos animales.

Fisher ha estudiado los núcleos de crecimiento presentes en las mandíbulas fosilizadas de ocho especímenes y, por analogía con los elefantes, ha determinado que los mamuts y mastodontes alcanzaban su madurez sexual durante la adolescencia, mucho más rápido que lo observado en sus parientes actuales, posiblemente debido a las condiciones ambientales que debían enfrentar y como mecanismo adaptativo para conservar la especie, frente a la amenaza que representaban sus depredadores.

MICROBIOLOGÍA

Antibióticos con capacidad de perforar las bacterias

La capacidad que tienen las bacterias para desarrollar resistencia a las drogas ha llevado a las compañías farmacéuticas a una continua búsqueda para obtener nuevos antibióticos e investigar los sitios específicos de acción de éstos. Uno de los puntos vulnerables de las bacterias ha sido identificado como el lípido A, que se encuentra en la membrana de muchas bacterias.

Después de diez años de investigación, el bioquímico Christian R. Raetz, de la Universidad de Duke, en Estados Unidos, ha identificado los pasos necesarios para el metabolismo del lípido A y ha demostrado que las bacterias incapaces de sintetizar este compuesto, por carecer de ciertas enzimas, mueren rápidamente: la falta del lípido A tiene como con-

secuencia que la superficie de las bacterias se llene de agujeros.

Los científicos de la compañía Merck, donde Raetz trabajó hasta hace poco, sintetizaron varios compuestos que bloquean las enzimas necesarias para sintetizar el lípido A. Según un reporte de la revista *Science* de noviembre 8 de 1996, dos de los químicos sintetizados, denominados L-573,655 y L-161,240, curaron ratones de una enfermedad normalmente fatal. Los compuestos no son efectivos contra algunas bacterias como la *Pseudomonas aeruginosa*, y sin duda hay todavía mucho por explorar, pero lo importante es que esta investigación ofrece una herramienta importante en la interminable lucha contra los microbios.

TECNOLOGÍA

'Auto-limpieza' del vidrio panorámico

¿Está cansado de limpiar su vidrio panorámico? Adam Heller, ingeniero químico de la Universidad de Austin, de Estados Unidos, ideó un sistema que permitirá que los vidrios de los automóviles permanezcan limpios. El científico asegura que, por un costo cercano a los \$100.000, será posible instalar al vidrio panorámico una delgada película de óxido de titanio que al entrar en contacto con los rayos ultravioleta desencadena una reacción química que elimina el mugre, los aceites y el material orgánico depositado sobre el vidrio.

Los fabricantes de cámaras fotográficas ya usan el dióxido de titanio para proteger los lentes. Antes de aplicar esta película sobre el vidrio es fundamental extraerle el sodio (utilizando ácido), ya que éste bloquea la fotocatalisis. El uso de esta película es limitado puesto que solamente elimina los depósitos que se van formando lentamente. Otro tipo de mugre, como excrementos de pájaros o insectos que se estrellan contra el vidrio, tendrá que limpiarse de otra manera.



SOCIOBIOLOGÍA

Conflicto en la sociedad de las hormigas

Definitivamente, los seres humanos no somos los únicos involucrados en complejos conflictos sociales. También las hormigas padecen enfrentamientos "obrero-patronales" (entre la reina y las obreras en la colonia) por el derecho al mantenimiento de sus genes en las siguientes generaciones.

El conflicto existente entre reina y obreras fue una de las conclusiones del estudio de L. Sundström, de la Universidad de Helsinki (Finlandia), M. Chapuisat y L. Keller, de la Universidad de Lausanne (Suiza), en hormigas de la madera (*Formica exsecta*), publicado el pasado 8 de noviembre en la revista *Science*.

Sundström y sus colaboradores notaron que el problema se presentaba en

aquellas colonias en las cuales la reina se apareaba una sola vez ("single-mated queen"), a diferencia de las colonias con una reina que se apareaba en varias ocasiones ("multiply-mated queen"). En el primer caso, la proporción de los sexos en los huevos que pone la reina es cercana a 1:1, favoreciendo sus intereses genéticos pero desfavoreciendo los de las obreras, las cuales requieren de una proporción mayor de sexo femenino en la colonia, para asegurar su descendencia.

El equipo de sociobiólogos europeos logró demostrar que las obreras toman "medidas de presión", para desequilibrar la proporción de sexos en los huevos de las reinas con apareamiento único. Para ello, crían selectivamente a las hembras y

destruyen a los machos de la nidada. Esta situación no se presentó en las colonias de reinas con múltiples apareamientos, las cuales sirvieron de control en esta investigación.

Además del fenómeno social, Sundström, Chapuisat y Keller llamaron la atención sobre las complejas habilidades discriminativas de las obreras para lograr la asimetría de sexos, consistentes en determinar la frecuencia de apareamientos de la reina, posiblemente mediante una gran variedad de claves olfativas, y diferenciar la nidada masculina de la femenina, antes de que se desarrolle, para la eliminación y cría selectiva.

1950- SEPTIEMBRE 15 - 1996

46 AÑOS

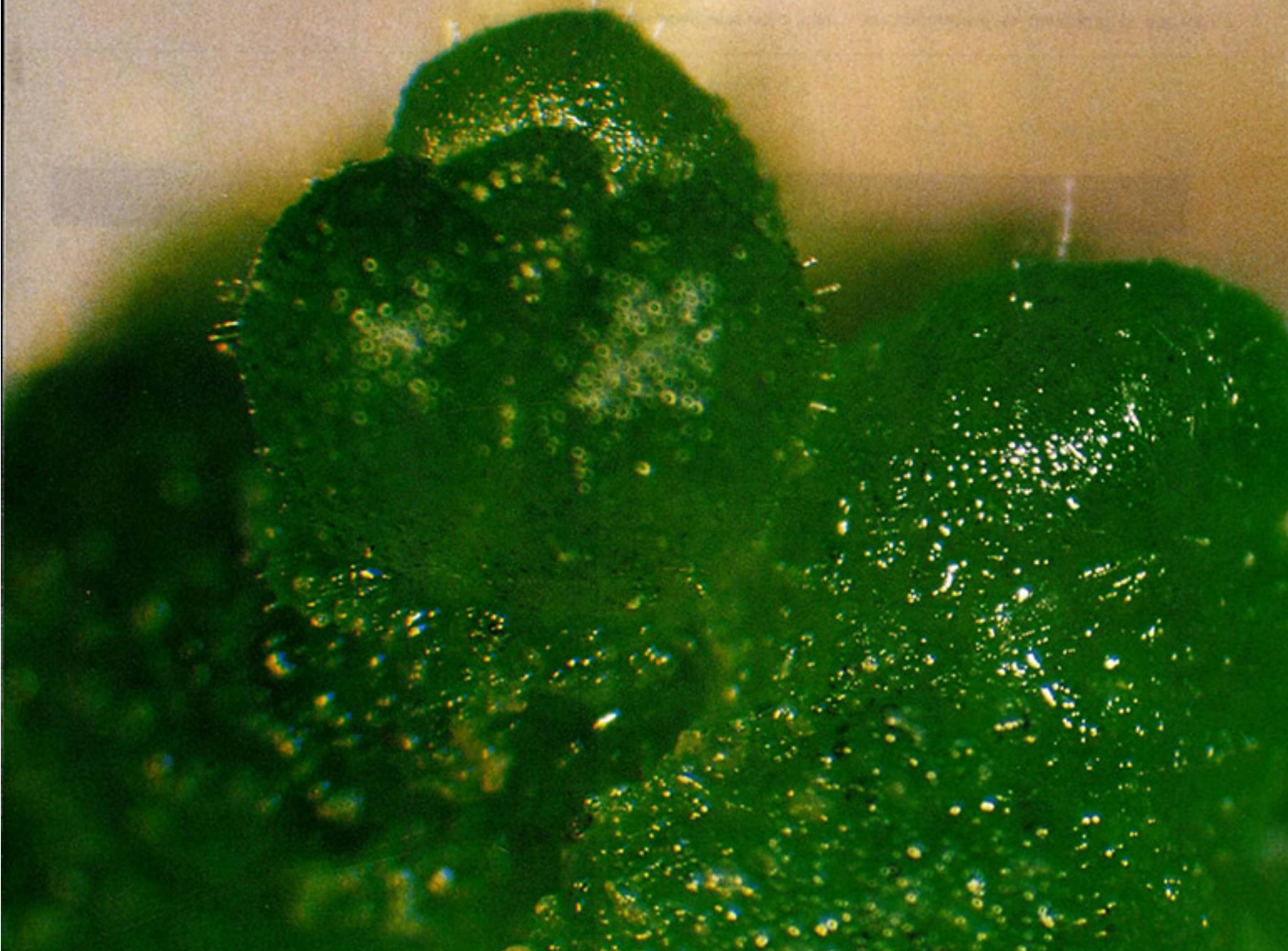


89.9 F.M. ESTEREO

Una emisora para la inmensa minoría

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

“Agrobacterium”
ingeniero genético natural





Cielo R. Pineda
Aspirante M.Sc.,
Pontificia Universidad Javeriana,
Santafé de Bogotá, Colombia.

Martha L. Orozco
Investigadora principal,
Corpoica - Tibaitatá,
Cundinamarca, Colombia.

Introducción

Una de las alternativas planteadas en las dos últimas décadas para suplir la necesidad de mejorar la calidad y el rendimiento de cultivos económicamente importantes ha sido la ingeniería genética de plantas, en la cual, por medio de la introducción de genes novedosos, se logran características deseables de resistencia a plagas, producción de metabolitos secundarios de interés, tolerancia al estrés e incremento de las cualidades nutricionales de sus productos.

Múltiples estrategias han sido desarrolladas para la transferencia directa de genes en plantas, entre las cuales están la electroporación, la fusión de protoplastos, la microinyección, la biobalística (pistola genética) y el uso del *Agrobacterium*, ingeniero genético natural. Este último es el método elegido en la mayoría de los casos, debido a que el *Agrobacterium* es el único organismo conocido que, mediante un mecanismo natural, es capaz de introducir segmentos relativamente largos de ADN en células vegetales. Aunque es específico de plantas dicotiledóneas, se ha comprobado que puede ser efectivo en cultivos de monocotiledóneas, en los que se encuentra la mayoría de productos agrícolas comercialmente importantes¹.



Figura 1. Tumor agalla de la corona causado por el *Agrobacterium tumefaciens* en una yuca, planta dicotiledónea (cortesía del doctor William Rocca, Programa de Biotecnología del Ciat).

Agrobacterium

El *Agrobacterium* es una bacteria Gram negativa, huésped del suelo y patógena de plantas, que incluye dos especies: *Agrobacterium tumefaciens*, que causa la enfermedad conocida como "cáncer o agalla de la corona" (figura 1), y *Agrobacterium rhizogenes*, que causa la "proliferación extrema de raíces" (figura 2) en plantas dicotiledó-

neas. Estas alteraciones son producidas debido a la capacidad natural que tiene la bacteria de transferir parte de su ADN (ácido desoxirribonucleico) e introducirlo al genoma de la planta. El mecanismo natural de transferencia fue descubierto a principios de siglo, cuando los fitopatólogos se interesaron en los tipos de malformaciones naturales causadas por estas dos especies. Las transformaciones se limitan a la transferencia e integración estable, en el genoma de la planta, de un segmento de ADN denominado T-ADN (ADN de transferencia), el cual hace parte de un plásmido (cromosoma circular) de aproximadamente 200 kilobases que posee *Agrobacterium*, denominado Ti, (del inglés *tumor inducer*), o Ri (del inglés *root inducer*)².

El plásmido Ti está conformado por dos regiones importantes: la región del T-ADN y la región "vir". El T-ADN está limitado por dos bordes de secuencias de 25 pares de bases, entre las cuales se encuentra el fragmento de

ADN que va a ser transferido e integrado al genoma de la célula vegetal. Allí están los genes que confieren la característica tumoral al tejido y que lo codifican para enzimas responsables de la síntesis de compuestos derivados del aminoácido arginina, conocidos como opinas (por ejemplo, octopina y nopalina). La región "vir", indispensable para el procesamiento y transferencia del T-ADN, está formada al menos por seis operones vir (A, B, C, D, E y G) (figura 3). Para la transferencia efectiva del ADN bacteriano a la célula de la planta son esenciales el contacto directo del *Agrobacterium* con



Figura 2. Proliferación extrema de raíces causada por el *Agrobacterium rhizogenes* en una yuca, planta dicotiledónea (cortesía del doctor William Rocca, Programa de Biotecnología del Ciat).

la célula vegetal y la habilidad de la planta para inducir los genes de virulencia (vir) del *Agrobacterium*³.

Transferencia del T-ADN del *Agrobacterium* a la célula de la planta

El mecanismo de transferencia del T-ADN bacteriano a la célula de la planta no es bien conocido todavía. Sin embargo, existen evidencias evolutivas de una relación entre la transferencia del ADN *Agrobacterium*/planta y la transferencia del ADN conjugativo en bacterias, con algunos resultados que permiten especular sobre el papel que juegan algunas proteínas codificadas por los operones *vir*. La proteína del operón *virA* detecta los compuestos fenólicos y se autofosforila, activando simultáneamente los operones *virG*, *virD1/virD2*. Este complejo reconoce y corta las secuencias que conforman los bordes de 25 pares de bases del T-ADN y, a la vez, permite la formación de una cadena sencilla de T-ADN, que sirve como intermediaria para la transferencia. Después del corte, el operón *virD2* permanece unido a la cadena sencilla de T-ADN, para guiar y asegurar su paso a través de las numerosas membranas y espacios celulares. Los productos del operón *virE2* se unen fuertemente y desdoblán y extienden el ADN de cadena sencilla, facilitando su introducción a través de los canales de la membrana. El complejo "T", formado por el T-ADN asociado con las proteínas producidas por los operones *virD2* y *virE2*, es el que sale de la célula bacteriana. No se conoce bien el mecanismo de interacción entre los productos del operón *virB* y el complejo "T". Existen datos que sugieren que los productos de los operones *virB* y *virD4* están involucrados en la transferencia del complejo "T" fuera de la bacteria. Finalmente, para la integración, la cadena sencilla de T-ADN es absorbida a través del poro nuclear, mediante un proceso que requiere una señal de localización nuclear (NLS, del inglés *Nuclear Localization Signal*). El complejo "T" tiene tres

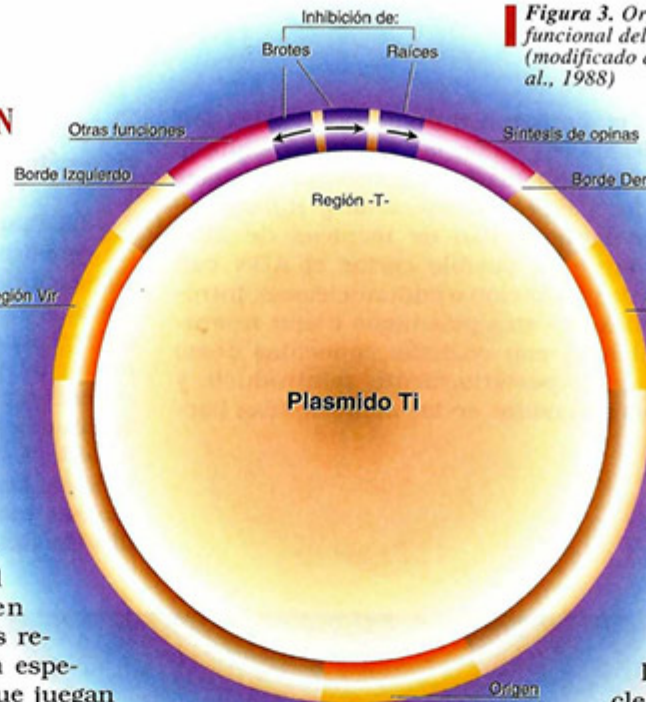


Figura 3. Organización funcional del plásmido Ti (modificado de Weising, et al., 1988)

componentes que podrían contribuir potencialmente para mediar esta integración: uno es el T-ADN de cadena sencilla, pero ésta por sí sola no posee una señal. Por lo tanto, es probable que los otros dos componentes, las proteínas de los operones asociados *virD2* o *virE2*, sean los que aporten estas señales de localización nuclear. Después de una serie de reacciones enzimáticas y de recombinación, se llega a la introducción del T-ADN de cadena sencilla dentro del ADN de la planta. La síntesis de ADN, utilizando el T-ADN como molde, resulta en el producto de integración final (figura 4)⁴.

Introducción de nuevos genes en el *Agrobacterium*

Los procesos básicos que se producen en la infección de células vegetales por el *Agrobacterium tumefaciens* generaron la alternativa de utilizar este sistema para transportar e introducir material genético novedoso en plantas. El problema residía en conseguir que las células transformadas desarrollaran plantas normales. Para lograrlo había que cortar la región T-ADN en el plásmido Ti, que contiene los genes que codifican para las enzimas que sintetizan opinas, sustancias responsables del desarrollo de las células tumorales. Esta región se utiliza para reemplazarla por el gen de interés que confiere una determinada característica deseada a la planta. Para esto se han desarrollado dos métodos; el primero es el de los vectores cointegrantes, por el cual los nuevos genes son introducidos por recombinación homóloga en un T-ADN artificial ya presente en el plásmido Ti. El segundo más utilizado es el sistema del vector binario, que consiste en una interacción de dos plásmidos compatibles, uno que transporta

La síntesis de ADN, utilizando el T-ADN como molde, resulta en el producto de integración final.

los genes *vir* y otro que transporta el T-ADN con el gen de interés y con las secuencias que le confieren la capacidad de replicación en bacterias de los géneros *Escherichia* y *Agrobacterium*. Mediante el uso de técnicas de ADN recombinante es posible cortar el ADN con enzimas de restricción o endonucleasas, introducir genes en estos plásmidos y unir nuevamente el ADN con enzimas conocidas como ligasas, para posteriormente reintroducir y clonar los plásmidos en las mencionadas bacterias².

El *Agrobacterium* como herramienta en la ingeniería genética de plantas

La utilización del *Agrobacterium* en la ingeniería genética de plantas ha mostrado resultados satisfactorios. En la última década, se han transformado dicotiledóneas más de 60 especies, con o sin regeneración de plantas. El sistema de regeneración de plantas *in vitro* es importante para conocer si el gen escogido ha sido introducido y si la característica deseada se expresa de manera estable. Esta evidencia de incorporación es valorada por las diferentes metodologías que ofrece la biología molecular. Entre las diferentes plantas dicotiledóneas transformadas se encuentran aque-

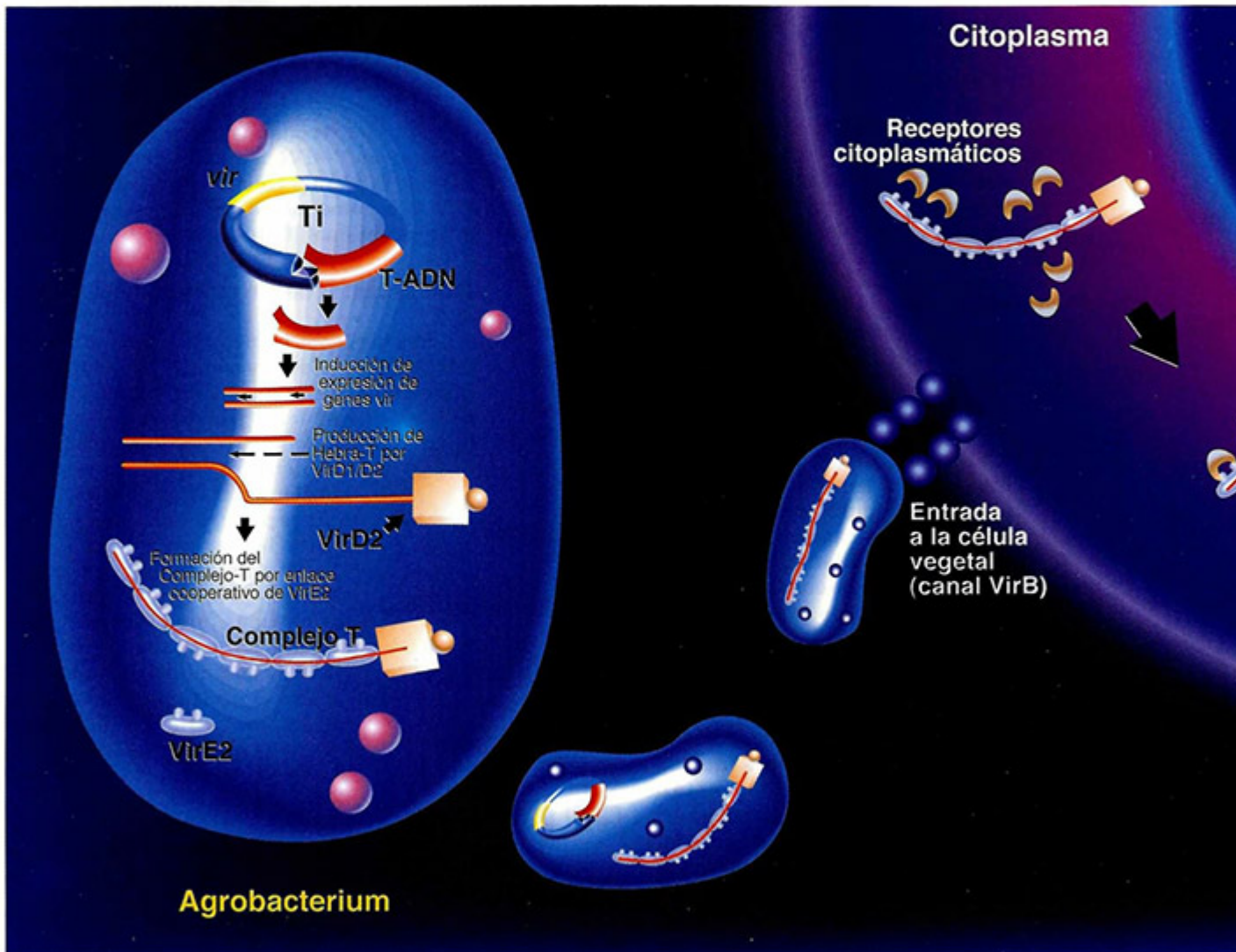


Figura 4. Pasos básicos en la transformación de células vegetales por el *Agrobacterium tumefaciens* (modificado de Zupan & Zambryski, 1995).

llas resistentes a insectos, como la papa y el algodón, capaces de producir por sí mismas bioinsecticidas, gracias a la introducción de genes que codifican para la d-endotoxina de *Bacillus thuringiensis*⁵. También plantas de tabaco, alfalfa y tomate dotadas de genes que codifican para la inhibición de la acción de las proteasas, que hacen parte del sistema digestivo de las larvas *Manduca sexta*, ocasionándoles indigestión y muerte por inanición⁶. Entre las plantas productoras de antígenos para vacunas está el tabaco, que por transformación estable expresa una forma recombinante del gen HBsAg, la cual es antigénica y físicamente similar a las partículas de HBsAg derivadas

de suero humano y levaduras recombinantes utilizadas para fabricar vacunas contra hepatitis B en humanos⁷. En cuanto a las características mejoradas de sus productos se pueden mostrar como ejemplo tomates con niveles reducidos de etileno, modificación que permite un retardo en la maduración del fruto, prolongando su vida útil, y papas con mayor contenido de almidón y menor absorción de aceite durante la fritura⁵.

Las plantas monocotiledóneas, que incluyen los cereales, han sido difíciles de transformar con el *Agrobacterium*. Inicialmente se pensó que no eran susceptibles a la infección porque no se formaba tumor. Sin embargo, se ha comprobado que esto no se debía necesariamente a la falta de transferencia del T-ADN, sino al hecho de que la mayoría de las monocotiledóneas no responde a la formación de tumor, a pesar de que los oncogenes le sean introducidos. Se ha demostrado que las monocotiledóneas pueden producir sustancias inductoras de expresión de genes *vir*, las cuales son componentes importantes para la inserción del complejo "T" dentro del núcleo. El punto crítico está en la unión del *Agrobacterium* con la superficie de la célula de la planta. Se piensa que las proteínas responsables

Las plantas monocotiledóneas, que incluyen los cereales, han sido difíciles de transformar con el *Agrobacterium*.

de la transferencia en el *Agrobacterium* son incapaces de reconocer los receptores de las células monocotiledóneas, o que se producen sustancias inhibitoras de la inducción de la región *vir*, impidiendo la infección y transferencia del T-ADN⁴.

A pesar de las limitaciones que presenta el sistema de transferencia del T-ADN en plantas monocotiledóneas, la importancia de los cereales en la dieta humana

ha llevado a que los investigadores realicen esfuerzos persistentes para desarrollar métodos que permitan la producción de plantas transgénicas. Los primeros reportes de transformación con el *Agrobacterium* de especies monocotiledóneas se realizaron en trigo, arroz y maíz, utilizando genes de selección y genes marcadores como el de la neomicin fosfotransferasa (NPT), que le confiere a las células resistencia al antibiótico kanamicina, y del gen de la β -glucuronidasa (GUS), que codifica para una enzima que, en presencia de un sustrato no existente en la planta, produce una reacción colorimétrica. Aunque estos resultados fueron duramente cuestionados por Potrykus, otros trabajos realizados en maíz y arroz han demostrado claramente la integración estable de los genes de interés y su subsecuente heredabilidad en la progenie¹. En 1995, May et al.⁸ reportaron un sistema de transformación genética novedoso en banano, utilizando una técnica combinada de biobalística y *Agrobacterium*. Mediante ésta se pueden desarrollar cultivos de plátano y banano resistentes a las principales plagas.

Desde 1987, varias empresas comerciales a nivel internacional han logrado tornar algunas de estas plantas transformadas en cultivos comerciales. Los registros para la comercialización y explotación en la agricultura de variedades transgénicas de maíz, tomate, papa y algodón, ya han sido otorgados⁹.

Todas estas plantas genéticamente transformadas confirman la posibilidad de adicionar características de interés a cultivos de la agricultura moderna y representan una demostración clara de los tipos de mejoramiento que se pueden lograr al eliminar las barreras biológicas con la tecnología de punta. Actualmente, el Programa Nacional de Biotecnología Agrícola, de Corpoica, está adelantando investigaciones con-



ducentes a la obtención de plantas transgénicas que, de una u otra manera, amplíen las posibilidades de mejoramiento de características genéticas de cultivos económicamente importantes para la agricultura colombiana. Se está tratando de establecer un sistema eficiente de transformación vía *Agrobacterium* en variedades de plátano, banano, y papa, que pueda ser aprovechado en un futuro con el fin de obtener cultivos resistentes a las principales plagas que afectan la producción de estas especies en Colombia.

Glosario

Biobalística: técnica de ingeniería genética empleada para introducir ADN en células de plantas, utilizando micropartículas de oro o de tungsteno impulsadas a alta velocidad y recubiertas con el ADN que se quiere implantar.

Electroporación: tipo de transfección osmótica en la que, mediante una corriente eléctrica, se producen canales en la membrana celular, permitiendo la entrada de moléculas de ADN.

Fusión de protoplastos: dos células sin pared celular que se unen para formar un solo híbrido e intercambiar el material genómico.

GUS: gen reportero que codifica para la enzima β Glucuronidasa, que al reaccionar con un sustrato específico produce color, permitiendo un ensayo rápido para medir la expresión del gen nuevo.

Microinyección: técnica de introducción directa de ADN en embriones que luego regeneran en plantas.

NPT: enzima Neomicin-Fosfotransferasa. Marcador selectivo que confiere resistencia de la célula transformada al antibiótico kanamicina.

Oncogenes: genes de la región T del plásmido Ti y del plásmido Ri de las cepas de *Agrobacterium*, que tienen las funciones necesarias para mantener el fenotipo tumoral de las células transformadas de la planta.

Operón: unidad consistente en partes de ADN que codifican para una cadena polipeptídica en síntesis de proteínas, que funcionan coordinadamente bajo el control de un gen regulador.

Opina: sustancia de crecimiento bacteriano codificada por genes inyectados por *Agrobacterium* dentro del genoma de la planta.

Plásmido: ADN de doble cadena, pequeño y completamente cerrado, que forma un elemento genético autorreplicativo, extracromosomal en bacterias y eucariotes, ampliamente utilizado en ingeniería genética como vector de clonaje.

Vector: especie de vehículo que sirve para transportar el ADN de un organismo a otro.



Referencias

- Hiei Y., Ohta S., Komari T., and Kumashiro T. Efficient transformation of rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium* and sequence analysis of the boundaries of the T-ADN. *The Plant Journal*. 6, 271-282, 1994.
- Gheysen P., Dhaese P., Montagu M., and Schell J. ADN Flux Across Genetic Barriers, the Crown Gall Phenomeno. 12-36, 1985.
- Zambryski P. Chronicles from the *Agrobacterium* Plant cell DNA transfer Story. *Annu. Rev. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 43, 465-490, 1992.
- Zupan J., and Zambryski P. Transfer of T-ADN from *Agrobacterium* to the Plant Cell. *Plant Physiol.* 107, 1041-1047, 1995.
- Morrish F. and Fromm M. Cereal transformation methods. *Current. Opinion in Biotech.* 3, 141-146, 1992.
- Narváez V., Orozco M., and Ryan C. Differential expression of a chimeric CaMV-tomato proteinase Inhibitor I gene in leaves of transformed nightshade, tobacco and alfalfa plants. *Plant Mol. Biol.* 20, 1149-1157, 1992.
- Mason H., Man-Kit D., and Arntzen C. Expression of Hepatitis B surface antigen in transgenic plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 89, 11745-11749, 1992.
- May G.D., Afza R., et al. Generation of Transgenic Banana (*Musa acuminata*) Plants via *Agrobacterium*-mediated Transformation. *Biotechnology.* 13, 486-492, 1995.
- Fox J. EPA okays B.I. corn; USDA eases plant testing. *Biotechnology.* 13, 1035-1036, 1995.
- Weising K., Kahl G. and Schell J. Transfer, structure and expression of foreign gens in plants. In: *Architecture of Eukaryotic genes.* Ed. by G. Kahl. MVH. Weintieim, 1988.

Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

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

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

EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGIA

97

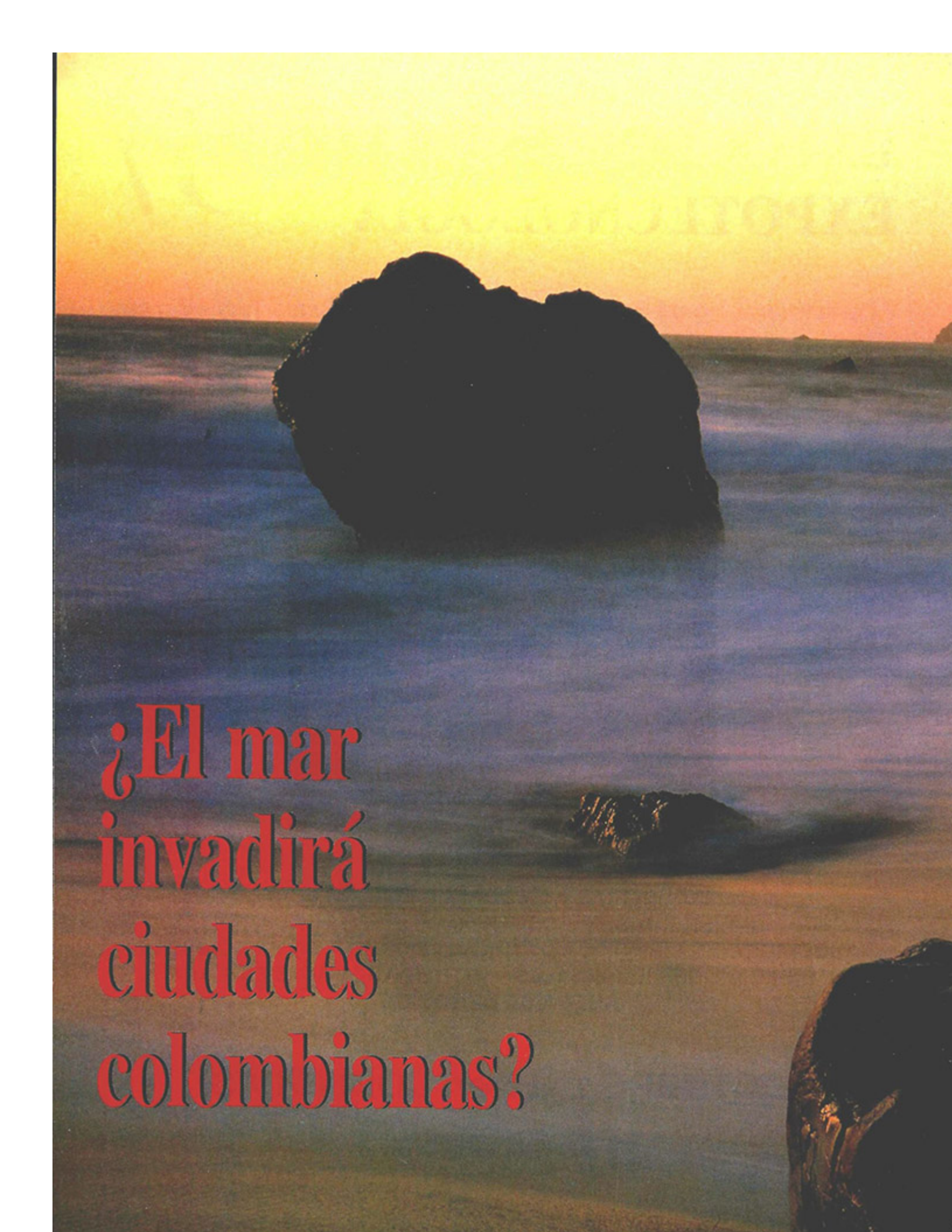
V Feria Internacional de la Ciencia y las Innovaciones Tecnológicas



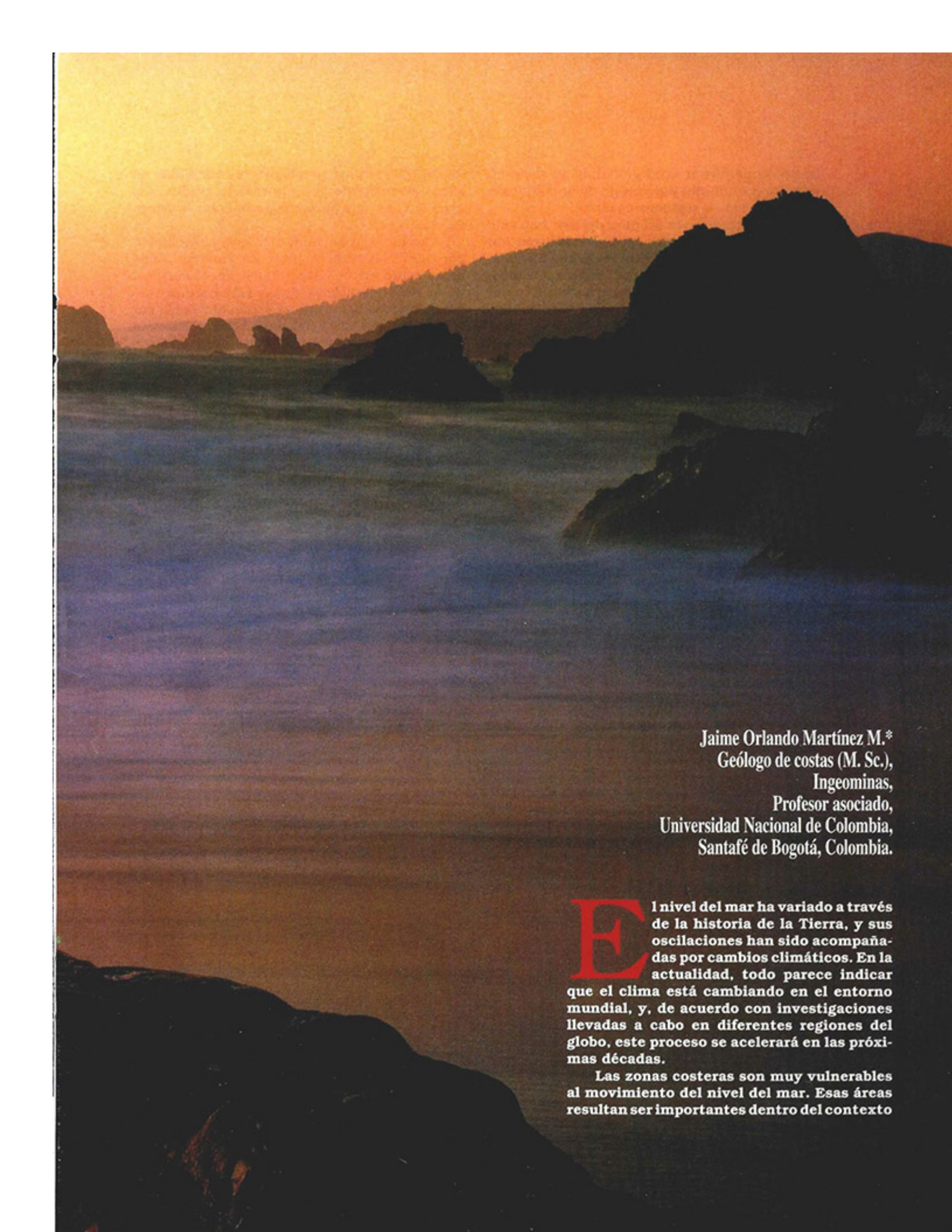
INDUSTRIAS ♦ ENTIDADES ESTATALES
UNIVERSIDADES ♦ CENTROS DE INVESTIGACION
ASOCIACIONES CIENTIFICAS ♦ PROVEEDORES ♦ INVERSIONISTAS
EXHIBICIONES ESPECIALES ♦ ACTIVIDADES ACADEMICAS
RUEDA DE NEGOCIOS

OCTUBRE 1 al 8 en CORFERIAS

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



**¿El mar
invadirá
ciudades
colombianas?**



Jaime Orlando Martínez M.*
Geólogo de costas (M. Sc.),
Ingeominas,
Profesor asociado,
Universidad Nacional de Colombia,
Santafé de Bogotá, Colombia.

El nivel del mar ha variado a través de la historia de la Tierra, y sus oscilaciones han sido acompañadas por cambios climáticos. En la actualidad, todo parece indicar que el clima está cambiando en el entorno mundial, y, de acuerdo con investigaciones llevadas a cabo en diferentes regiones del globo, este proceso se acelerará en las próximas décadas.

Las zonas costeras son muy vulnerables al movimiento del nivel del mar. Esas áreas resultan ser importantes dentro del contexto

socio-económico a nivel global, si se tiene en cuenta que un alto porcentaje de la población mundial vive en regiones costeras.

Las fluctuaciones del nivel del mar han sido dramáticas en diferentes épocas de la evolución de la Tierra, y antropológicamente han afectado las diferentes culturas. En la Cesárea de Filipo, región de Israel, antiguas construcciones romanas erigidas en las costas se encuentran sumergidas debido al aumento del nivel del mar Mediterráneo. Cerca de Nápoles hay construcciones antiguas que muestran evidencias de haber estado sumergidas en el mar, por largo

Japón, pueden ser parcialmente inundadas en forma permanente por el aumento gradual del nivel del mar que parece experimentar la Tierra en esta época.

Colombia, país con costas que se extienden por 3.000 kilómetros, presenta amplias zonas bajas tanto en el Caribe como en el Pacífico. Cerca del 50 por ciento de esa extensión corresponde a áreas bajas que se verían afectadas por el ascenso del nivel del mar, el cual muestra signos de migración progresiva sobre el territorio continental. Esas áreas son vulnerables, en especial, a fenómenos de inundación, erosión e inyección salina, frente a los esperados ascensos del nivel del mar.

Impacto sobre el área del Caribe

La costa del Caribe colombiana no presenta un diseño geomorfológico contrastante, con formas bajas y llanas muy cercanas al nivel medio del mar y zonas elevadas definidas por acantilados^{1,2}. Las zonas bajas de la costa del Caribe están formadas, en parte, por suelos de origen aluvial, en su mayoría bien drenados y fértiles, útiles para la agricultura. Una pequeña parte está ocupada por ciénagas y zonas de manglar. A diferencia de la costa del Pacífico, el área del Caribe es relativamente pobre en manglar. Las pocas



Figura 1.

tiempo, debido a las mismas causas.

En la actualidad, extensas zonas litorales del mundo se encuentran a alturas de menos de un metro sobre el nivel medio del mar. Millones de habitantes tienen sus asentamientos, además

de industrias y otras fuentes de actividad, en esas zonas costeras. Ciudades como Alejandría, en Egipto, Lagos, en Nigeria, Buenos Aires, Cartagena y otras, en Suramérica, Nueva York y otras ciudades de las costas orientales de Norteamérica, importantes ciudades del Asia, como Shanghai, y del lejano oriente, como Tokyo, en

Población del Caribe sometida a riesgo

Población bajo riesgo / año, sin medidas de protección				Población bajo riesgo / año, con medidas de protección			
Sin ascenso		Con ascenso		Sin ascenso		Con ascenso	
1.990	2.020	1.990	2.020	1.990	2.020	1.990	2.020
10.000	15.000	17.000	25.000	1.000	2.000	2.000	3.000

Tomado de: Delf Hydraulics (1993)

Tabla 1.

zonas con este tipo de vegetación se ubican principalmente en los deltas de los ríos Atrato, Sinú y Magdalena, y más restringidamente en la península de la Guajira.

Sobre las áreas costeras de topografía baja, cuya extensión cubre el 68 por ciento de la costa caribeña (figura 1), se ha dado un proce-

so acelerado de urbanización, en el que han tenido influencia la industrialización, la tecnificación de la agricultura, la violencia rural que ha desplazado gentes hacia la zona litoral y los cambios en los patrones socio-culturales de la población³.

Al relacionar la densidad de población con el tipo de topografía de la costa, se descubre que los principales centros urbanos se localizan en las zonas bajas. En esas áreas es donde precisamente se ubican las ciudades de Cartagena, Santa Marta y Riohacha, y otras de menor magnitud, como Tolú, Turbo y Ciénaga.

Figura 2.



Tabla 2.

Población del Pacífico sometida a riesgo							
Población bajo riesgo / año, sin medidas de protección				Población bajo riesgo / año, con medidas de protección			
Sin ascenso		Con ascenso		Sin ascenso		Con ascenso	
1.990	2.020	1.990	2.020	1990	2.020	1990	2.020
8.000	12.000	22.000	32.000	1.000	1.000	2.000	3.000

Tomado de: Delf Hydraulics(1993)

De lo anterior se deduce que esas regiones pobladas son sensibles al impacto del mar expresado en los fenómenos de inundación, erosión e intrusión salina. En lo que se refiere a la amenaza de inundación, ha sido común observar zonas pobladas de la costa del Caribe que han sido inundadas parcialmente en períodos de mar de leva. Si esto ocurre con el nivel del mar actual, es de esperar que un ascenso más significativo ocasione un efecto catastrófico sobre las ciudades y poblaciones ribereñas.

En cuanto a la amenaza de erosión, las costas bajas, en general, están constituidas por material inconsolidado; en la mayoría de los casos existe una cubierta arenosa de espesor variable. Este hecho tiene una seria implicación en la estabilidad de los bordes costeros bajos. El ascenso del nivel del mar o la eventual frecuencia de tormentas en la costa, como consecuencia del cambio climático, ocasionarían la remoción de grandes volúmenes de sedimento.

El fenómeno de intrusión salina, por su parte, será igualmente impactante. En la actualidad, la población costera del Caribe obtiene el agua potable de ríos que desembocan en el mar, y algunas poblaciones menores lo hacen mediante fuentes de aguas subterráneas. La invasión del mar sobre zonas costeras afectará necesariamente los acuíferos localizados en estas zonas, causando serios problemas para la obtención del agua potable.

Es importante considerar el proceso de hundimiento que actualmente experimenta el borde costero al occidente de Ciénaga Grande, el cual permite que el mar penetre rápidamente en la ciénaga sobre la zona de manglar y altere el balance entre el agua dulce y el agua salada, ocasionando además la erosión de esas importantes zonas⁴. Por supuesto, la destrucción sería mayor si al hundimiento del borde costero de esta área se suma hacia el futuro un ascenso del nivel del mar.

Con referencia al riesgo general al que está sometida la costa del Caribe, el Instituto Hidráulico Holandés de Delf⁵, con base en un estudio sobre evaluación de vulnerabilidad mundial dentro de un modelamiento hidráulico, suministra resultados a nivel mundial y por país sobre diferentes aspectos implícitos en la estabilidad de las respectivas costas. Se destaca en el caso de Colombia, con respecto al Caribe, el número de personas que estarían bajo riesgo por año, con o

sin medidas de protección y con las alternativas de ascenso o no del nivel del mar, en los años extremos de 1990 y 2020 (tabla 1).

Impacto en el área del Pacífico

Haciendo un balance de la extensión de las zonas costeras bajas a lo largo de todo el Pacífico, se establece que éstas cubren un 73 por ciento de toda la costa (figura 2). En esas extensas zonas de costa baja se localizan prácticamente todos los asentamientos humanos que bordean la costa y que varían desde pequeños caseríos hasta poblaciones de más de 100.000 habitantes, como es el caso de Buenaventura y Tumaco.

Con escasas excepciones, todos los asentamientos poblacionales se localizan en playones arenosos que actualmente son vulnerables a inundaciones y a procesos erosivos asociados con tormentas y avalanchas sobre la costa, algunas de ellas derivadas del fenómeno de El Niño.

El evento de un ascenso sensible del nivel del mar por encima de los 60 centímetros, previsto para el año 2100, probablemente haría desaparecer muchas poblaciones ribereñas y amenazaría propiedades importantes situadas junto al mar, tanto en la costa del Pacífico como en la del Caribe.

En la tabla 2 se pueden observar los valores de la población que está y estaría bajo riesgo en el área del Pacífico; Delf Hidraulics utilizó los mismos parámetros que se tuvieron en cuenta para el Caribe. Al comparar los valores entre las dos costas, en función del riesgo, se concluye que en general muestran las mismas tendencias para las costas con protección y para las no protegidas. En ese sentido, se evidenció claramente la disminución considerable del riesgo para las costas protegidas, incluyendo el ascenso del nivel del mar.

Son varios los factores que se tienen en cuenta para obtener un mayor o menor índice de riesgo en una área determinada. Por otra parte, hay una gran incertidumbre acerca de las variaciones reales del nivel del mar, lo mismo que acerca del grado y características del desarrollo poblacional futuro. Por tal razón, este tipo de información, aportado por el Instituto de Delft, debe ser utilizado con el máximo cuidado.

En el litoral pacífico, una franja extensa de manglar bordea la costa en el sector sur. Este manglar es el de mayor desarrollo de toda América y su continuidad solamente está interrumpida por segmentos cortos de acantilados³. El manglar es de vital importancia por su ecología y por su productividad biológica, igual



Figura 3. Costa pacífica hacia el sur: severa invasión del mar. Nótese el árbol de mangle que antes se encontraba lejos del mar.

o superior a la de cualquier otro sistema agrícola o natural, y además porque proporciona cierto grado de protección frente a las inundaciones, tormentas y mareas altas.

Desafortunadamente, una gran extensión de zonas de manglar viene perdiéndose debido a la combinación del fenómeno de hundimiento costero y la subsiguiente erosión producida por el mar, como en el caso de la región del Patía, al sur de la costa del Pacífico, donde el proceso de subsidencia se hace evidente^{6,7}. Como consecuencia de lo anterior, extensas zonas de manglar están siendo destruidas. En el evento de un ascenso futuro del nivel del mar, el retroceso del manglar sería mucho más rápido para esas zonas que experimentan subsidencia.

Delf Hydraulics, al proyectar las zonas de manglar de Colombia (Caribe y Pacífico) para aproximadamente 100 años, indica en forma particular que de un total de 132.185 hectáreas de manglar se perderán 122.900, en un proceso de retroceso de la línea de costa, combinado con una migración del ecosistema hacia el continente.

Estrategias de respuesta

Resulta un tanto difícil precisar con exactitud la definición de planes hacia el futuro tendientes a minimizar o a mitigar el impacto derivado del cambio climático sobre las costas. Tal dificultad estriba en la limitación de cono-



cimientos existentes sobre diferentes aspectos de las costas colombianas, que incluye, entre otros, la incertidumbre alrededor del problema climático hacia el futuro y en particular el desconocimiento de la magnitud del ascenso del nivel del mar.

Existe, además, un escaso grado de entendimiento y comprensión del medio costero tanto en el ámbito atmosférico-masa de agua como en la dinámica de sedimentos en las zonas litorales. No obstante lo anterior, a continuación se hace una aproximación a la implementación de estrategias dentro de una concepción preliminar. Estas acciones se han propuesto fundamentalmente con base en el grado de conocimiento existente en los campos geológico, geomorfológico, oceanográfico y de proyecciones poblacionales a lo largo de la costa.

En el análisis se han tenido en cuenta las formulaciones hechas por el Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC), en lo relacionado con las actividades de evaluación de la vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar, las cuales se han incluido en el Documento del Grupo de Trabajo sobre Estrategias de Respuesta del IPCC ⁸.

El IPCC (1992) hace énfasis en la necesidad de no tomar acciones aisladas, pues tal procedimiento reduciría la efectividad de esas estrategias y además podría afectar el balance o equilibrio que debe existir en los sistemas naturales costeros.

Uno de los aspectos a tomar en consideración para la implementación de respuestas al impacto del mar sobre las zonas costeras colombianas, como consecuencia del cambio climático, es la ejecución de esas medidas dentro de un marco de cooperación internacional que permita el intercambio de tecnología, información, bases de datos y conocimientos.

A continuación se describen, de manera breve, las estrategias recomendadas frente al impacto del cambio climático en zonas costeras colombianas: 1) Puesta en marcha de investigaciones enfocadas a conocer y entender los procesos costeros que modelan las costas. 2) Realización de investigaciones geológicas sobre las costas, que permitan conocer el grado de estabilidad de las mismas. 3) Implementación de sistemas de observación y redes de monitoreo en los diferentes campos de la investigación oceanográfica y atmosférica, en cooperación con organismos internacionales. 4) Necesidad de contar con redes de mareógrafos que tengan en cuenta medidas exactas de levantamientos y hundimientos del borde costero. 5) Evaluación de la vulnerabilidad en zonas piloto de las costas.

Conclusiones

1. El fenómeno del ascenso mundial del nivel del mar causará serios impactos en las costas bajas de Colombia.
2. Las zonas costeras que actualmente experimentan hundimiento son las áreas más propensas a ser destruidas.

Estrategias recomendadas:

- a. Realización de investigaciones sobre procesos costeros.
- b. Ejecución de estudios geológicos proyectados para determinar el grado de estabilidad.
- c. Implementación de redes de monitoreo oceanográficas y atmosféricas.
- d. Establecimiento de redes de mareógrafos que tengan en cuenta medidas exactas de levantamientos y hundimientos del borde costero.
- e. Evaluación de la vulnerabilidad física para áreas piloto de las dos costas.



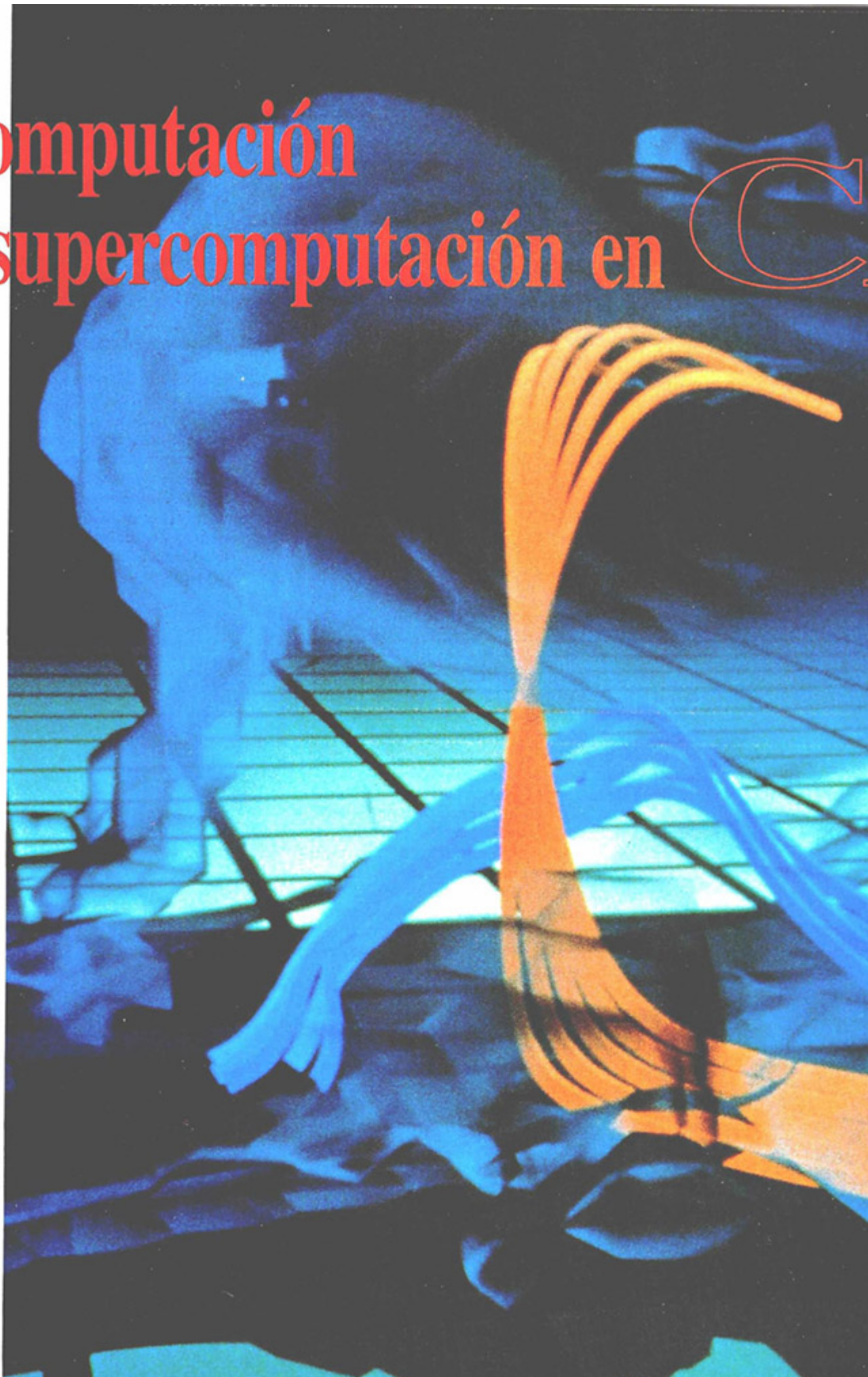
*

Referencias

1. **Martínez J.O.** *Dinámica Costera del Caribe central colombiano.* Bulletin de L'Institut de Geologie du Bassin d'Aquitaine, No 45, 1989.
2. **Martínez J.O.** *Geomorfología y amenazas geológicas costeras del Caribe central colombiano: Sector Cartagena-Bocas de Ceniza.* Publicación Especial de Ingeominas, No 19, 1993.
3. **DPN (Departamento Nacional de Planeación-Colombia).** *Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia, 1990-2000.* Colciencias-CCO, 1990.
4. **Martínez J.O., Molina L.** *Geomorfología y aspectos evolutivos del litoral caribe colombiano: Sector Bocas de Ceniza-Parque Tayrona.* INGEOMINAS. Informe inédito, 1992.
5. **Delft Hydraulics.** *Sea level Rise. A global vulnerability assessments for population, coastal wetlands and rice production on a global scale.* Rijkswaterstaat, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Hague, 1993.
6. **Martínez J.O., González J., Carvajal H., Marín, L.** *Problemas geológicos asociados a la línea de costa del Pacífico colombiano: Geomorfología y riesgos geológicos.* Memorias del Séptimo Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Cali, 1990.
7. **West R.** *The Pacific Lowlands of Colombia. A negroid area of the America tropics.* Louisiana State University Press. Baton Rouge. 277p. 1957.
8. **IPCC.** *Global climate change and the rising challenge of the sea. Response strategies working group.* Coastal Zone Management Subgroup. Rijkswaterstaat, Ministry of Transport and Public Works. The Hague, 1992.

Computación y supercomputación en

C





AD

José Tiberio Hernández
MOX-Computación Avanzada en Ingeniería,
Universidad de los Andes,
e-mail:mox@uniandes.edu.co
Santafé de Bogotá, Colombia

Introducción

Se podría decir, con seguridad, que el hombre siempre ha buscado certidumbre frente a las decisiones que toma. También es aceptado que cada vez es más apremiante ser eficiente en las actividades productivas, guardando una relación armoniosa con el medio ambiente. Tener mejores productos, más económicos, a tiempo, es un reto que la industria enfrenta cotidianamente. Conocer el riesgo sísmico, ser más eficiente en la exploración y explotación del subsuelo, manejar con mayor calidad el medio ambiente (aguas, vegetación, suelos) son asuntos fundamentales del desarrollo equilibrado y perdurable de un país. En resumen, tener más certidumbre sobre los efectos de las decisiones, en productos y procesos, es un factor crítico de éxito en las economías modernas.

Cad, CAD y CAD-i

Desde tiempos inmemoriales el hombre ha utilizado herramientas que apoyen su tarea de diseñar productos; el dibujo, y particularmente los planos, ha sido una de esas herramientas que ha marcado el trabajo del diseñador. Así mismo, desde que existen computadores, se han usado como apoyo para algunos cálculos útiles en la labor del diseño.

La sigla CAD (Computer Aided Design) se ha venido consolidando desde la década de los setenta, después de que Sutherland, en 1968, propusiera la arquitectura informática de una estación de diseño apoyada por computador (SketchPad). En los setenta, grandes grupos industriales, como Boeing, General Motors,

Renault o Volkswagen, se lanzaron a la tarea de desarrollar paquetes de ayuda para la solución de sus problemas de diseño, obteniendo resultados bastante interesantes; en la industria electrónica, el avance fue notorio. En

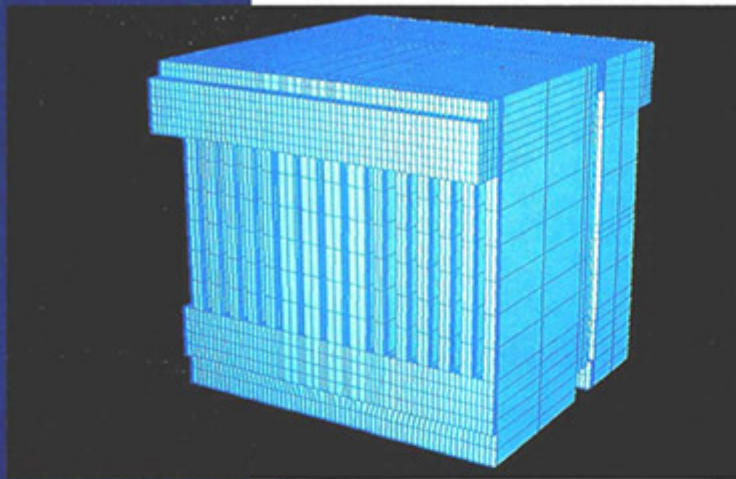


Figura 1

los ochenta, el sector académico realizó un aporte muy importante en cuanto a formalización y normalización en esta área. Allí se enmarcan, entre otros, los trabajos de Requisa, en Rochester, y de Mantyla, en Finlandia, que hicieron aportes significativos como la geometría constructiva de sólidos, los operadores de

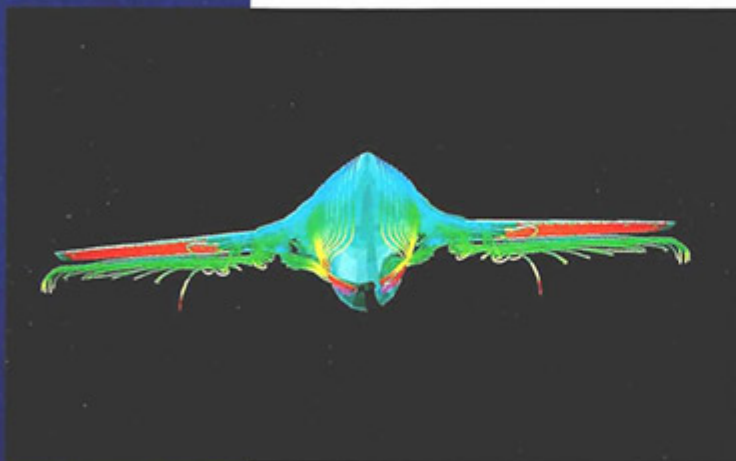


Figura 2

Euler, un concepto muy claro de un modelador geométrico y modeladores como Euclid, PADL-2 y TIPS-1. También muy importantes fueron los desarrollos conjuntos de industrias y universida-

des, entre los que se deben destacar los trabajos de CAM-i, que introdujeron los conceptos de rasgos de forma (Form Features) que están en la base de muchos trabajos contemporáneos de investigación.

De manera informal podríamos afirmar que el diseño es una actividad iterativa, en la que se representa, analiza, evalúa y modifica una alternativa, según algunos criterios del diseñador, con el fin de cumplir unos requerimientos específicos. Las ayudas por computador pueden ir, entonces, desde la documentación del diseño (Computer Aided Drafting, **Cad**) y, las ayudas involucradas no sólo en la representación sino en el análisis de las características de una alternativa (Computes Aided Desing, **CAD**) hasta ayudas a la toma de decisiones, que incluyen razonamiento acerca del desempeño y posibles soluciones a los problemas de diseño (**CAD-i**, donde la i es una tímida referencia a inteligente).

Los retos más importantes en el desarrollo de sistemas CAD, en este momento son: el realismo, entendido como la exactitud de las representaciones; la capacidad de proporcionar ayuda de alto nivel en la toma de decisiones y el apoyo a grupos multidisciplinarios de diseño que trabajan en un proyecto de forma concurrente.

La simulación en ingeniería

En ingeniería se han logrado progresos muy importantes para la aplicación de modelos matemáticos al comportamiento de sistemas reales. Para muchos sistemas sencillos, las soluciones analíticas son factibles y suficientes para tomar decisiones funcionales. Muy frecuentemente, la complejidad de los sistemas y sus partes, además de los requerimientos de desempeño, hacen que las soluciones analíticas no sean factibles y que las "pragmáticas" (el "yo creo que así me va a funcionar") no sean tolerables en el, cada vez más exigente, mercado abierto en el que estamos inmersos. Necesitamos tener certidumbre sobre lo que hacemos y poder brindar certidumbre al cliente. Aprovechar el conocimiento y la capacidad de modelar un sistema y encontrar soluciones numéricas en tiempo razonables hacen posible simular fenómenos complejos para estudiar más alternativas, para estudiar qué pasaría si... y así llegar a soluciones que garanticen éxito y tiempo competitivo.

En ciencias e ingenierías, se han venido usando técnicas de alto desempeño computacional para simular eventos físicos y procesar grandes cantidades de datos. El uso de la simulación se ha establecido como el tercer método básico en in-

vestigación científica, junto con la teoría y la experimentación³. Podemos resumir diciendo que el ejercicio de la ingeniería moderna ha reemplazado el tradicional binomio teoría-experimentación por el triángulo teoría-simulación-experimentación.

Es evidente la importancia de la simulación en la solución a grandes retos de las ciencias y la ingeniería, además se ha consolidado, particularmente en los últimos 30 años, como fundamental en el estudio de nuevas tecnologías de diseño y manufactura, y en el planeamiento de la intervención ante fenómenos físicos de alta complejidad.

Computación de alto rendimiento / ingeniería de productos de alto rendimiento

Para realizar simulaciones de fenómenos físicos se requieren, en general, recursos computacionales de alto rendimiento. Estos recursos se caracterizan por su capacidad para procesar un gran volumen de datos muy rápidamente, permitiendo al ingeniero encargado de tomar decisiones visualizar adecuadamente los resultados.

Un supercomputador, por ejemplo, se define como uno de los computadores más poderosos existentes en un momento dado. Este poder se determina por su velocidad de procesamiento, y su capacidad y velocidad de memoria y comunicación, mas no en términos de costo, ya que esto ha cambiado dramáticamente en los últimos años.

Pero, por supuesto, no se trata únicamente de tener capacidad para "moler números"; se trata de llegar a mejores productos y de tener más información sobre el comportamiento de un sistema o un fenómeno en estudio. Se trata, más bien, de tener una ingeniería más ambiciosa y responsable al servicio de los sectores estratégicos de un país.

Entonces, debe tenerse en cuenta otro triángulofundamental: "hardware", "software" y "peopleware", con los papeles complementarios ya conocidos por la comunidad científica. Si lo que interesa es el soporte del conocimiento aplicable, hay que concentrarse en el "software" y en el "peopleware". Y si lo que se pretende es identificar el motor y la certeza de que el ejercicio de

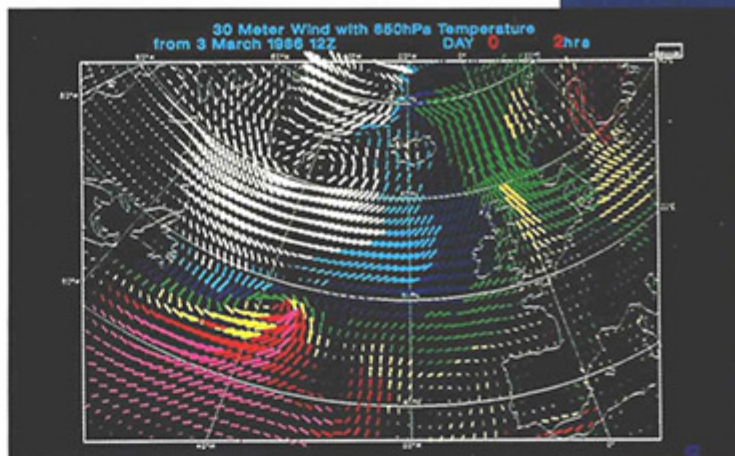


Figura 3

la ingeniería mejora día a día, es preciso centrarse en la gran responsabilidad que reside en la formación y actualización de los actores principales de este proceso: los ingenieros.

Cada sector económico, cada aplicación de CAD tiene sus requerimientos computa-

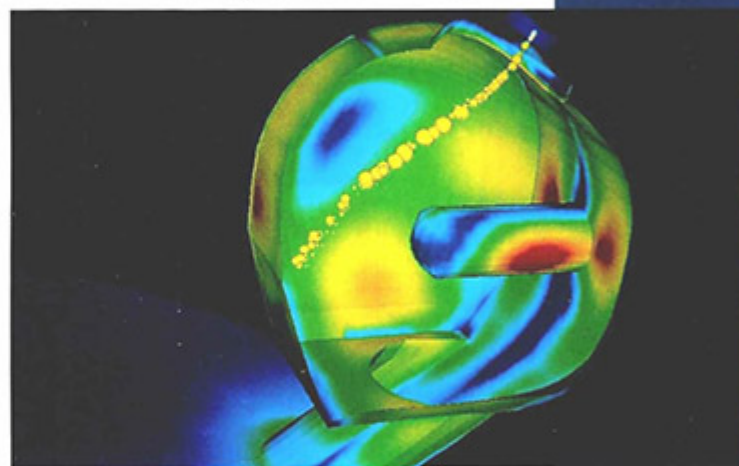


Figura 4

cionales particulares. Estas exigencias están dadas por la complejidad del problema que se está resolviendo y por la exactitud y velocidad con que el ingeniero diseñador necesita los resultados. Existe, por ejemplo, una aplicación para el diseño textil (IXCEL, de Infotec Ltda.) cuyo énfasis está en la visualización realista y en el cálculo de las propiedades de la tela, sin entrar en simulaciones físicas de resistencia o fatiga. Esta aplicación

MOX:

una propuesta en la dirección de la modernización de la ingeniería.

La Universidad de los Andes ha creado el primer centro de computación avanzada en ingeniería en Colombia: MOX. Este es un espacio que, apoyado con recursos importantes de hardware, software y fundamentalmente peopeware, pretende crear un ambiente en el que lo natural sea el uso de recursos computacionales avanza-

dos para la búsqueda de mejores soluciones a los problemas de ingeniería, aun si no se cuenta con supercomputadores.

Con MOX, la Universidad de los Andes quiere poner al servicio de la ingeniería del país el más moderno ambiente para el desarrollo de habilidades y soluciones de diseño y manufactura. Dotado de una gran capacidad computacional, de excelentes herramientas de modelaje y análisis, y de una capacidad de desarrollo, MOX pretende servir como espacio articulador de alianzas para un mejor desempeño de la ingeniería nacional. Creando alianzas universidad-empresa, universidad-universidad, alrededor de problemas de diseño y manufactura, de desarrollo de software de propósito específico para dar solución a problemas de CAD/CAM, será posible avanzar y ser competitivos en un medio que cada vez exige más tecnológicamente.



responde a los requerimientos establecidos, usando estaciones personales de trabajo (PC bien configurados).

La simulación de un mecanismo complejo que considera esfuerzos dinámicos, usando técnicas de análisis de elementos finitos, requerirá desempeños computacionales mucho mayores. En la Universidad de los Andes-Centro MOX de computación avanzada, usando ADAMS y ANSYS como herramientas de análisis sobre computadores DEC-Alpha y CRAY 1916 se realizan alternativas para centrifugas en ensayos de tectónica.

Los sectores estratégicos en Colombia

Aunque este trabajo no pretende hacer un estudio estratégico de los sectores claves para el desarrollo del país, si es necesario hacer referencia a estudios como el realizado por la firma Monitor en 1992, en el que se plantean aspectos fundamentales para la competitividad en Colombia. Haciendo un análisis sobre los sectores claves de aplicación de la computación de alto rendimiento y sobre las características de nuestro país, aparecen los siguientes sectores importantes:

- **Industria petrolera:** exploración, mejoramiento de la explotación.
- **Obras civiles de infraestructura:** diseño y evaluación de riesgos sísmicos de grandes obras (puentes, túneles, presas).
- **Industria metalmecánica (siderúrgica y automotriz):** mejoramiento de diseños y optimización de procesos de manufactura.
- **Industria del plástico:** mejoramiento de los procesos de inyección (moldes y condiciones dinámicas).
- **Clima y medio ambiente:** predicción del clima, procesos de descontaminación, simulación del impacto ambiental.
- **Ingeniería financiera:** manejo de opciones, futuros, análisis de contingencias.
- **Ingeniería de información:** almacenamiento y explotación de grandes cantidades de información.

La formación: La computación en ingeniería y la ingeniería de computación.

Reconociendo la necesidad de educar a sus estudiantes de las áreas de ciencias e ingenierías en métodos de alto desempeño computacional, un

gran número de universidades alrededor del mundo está introduciendo programas y cursos de computación en ingeniería^{1,2}.

La computación en ingeniería se refiere al conocimiento y a las técnicas requeridas para hacer simulación computacional. Como tal, debe ser distinguida de la tradicional ingeniería de computación. Ésta se basa en la computación misma, es la ciencia de la ingeniería de sistemas, incluyendo hardware y software, y se interesa por el tratamiento de la información, así como por su impacto sobre un sistema. La computación en ingeniería se refiere al uso de la computación para resolver problemas en ciencias e ingenierías, en particular en el uso y desarrollo de aplicaciones que generalmente incluyen matemáticas (modelación matemática y análisis numérico), aspectos fundamentales de la ingeniería de computación (arquitectura, programación, comunicaciones, etc.) y visualización avanzada.

Mientras la ingeniería de computación se encuentra en la mayoría de nuestras universidades con un currículum bien definido, la computación en ingeniería requiere del desarrollo de nuevos cursos no ofrecidos por los departamentos tradicionales. El papel de los departamentos de computación para cubrir la educación en computación en ingeniería es particularmente importante⁴. La necesidad de la educación en esta área fue establecida recientemente en un reporte de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos (National Science Foundation, NSF): "La ciencia computacional está probando ser una forma efectiva de generar nuevos conocimientos. Como parte de su

misión básica, la NSF necesita enseñar a los científicos, ingenieros, matemáticos e ingenieros de sistemas cómo la computación de alto desempeño puede ser usada para producir nuevos resultados científicos"⁵.

Se debe, en consecuencia, actuar en cuanto a formación y actualización en diferentes aspectos de la ingeniería de computación. Es preciso encontrar espacios para mejorar la formación de los ingenieros de diferentes disciplinas y con diferentes niveles de profundidad, en áreas como: matemáticas aplicadas, ingeniería de software, computación gráfica y análisis numérico. Esto nos dará los elementos para tener una mejoría cualitativa y cuantitativa en el uso y desarrollo de software para ingeniería.

Ningún país ha llegado al desarrollo ni ha conseguido elevar el bienestar para sus nacionales sin ampliar su base tecnológica y científica como paso fundamental y previo.

Una mejor y más profunda formación académica significa un aumento general del nivel tecnológico nacional y, como consecuencia, posibilidades reales de enfrentar con éxito la competencia internacional que exige productos de calidad, entregados a tiempo y a bajo precio. Pero este esfuerzo no debe ser sólo de la universidad, es preciso que participen todos los sectores involucrados. Debemos continuar en la búsqueda de nuevas formas de asociación industria-universidad, gobierno-universidad, universidad-universidad, industria-industria, con el fin de lograr un verdadero impacto en el nivel de desarrollo de Colombia.



Referencias

1. Fox GC. *Parallel Computing and Education*. Daedalus, *Proceedings of The American Academy of Arts and Sciences*, 121, 1, 111-118, Winter 1992.
2. Rice JR. *Academic Programs in Computational Science and Engineering*, *Computational Science and Engineering*, 1, 1, 13-21, Spring 1994.
3. *High Performance Computing and Communication: Toward a National Information Infrastructure*, A Report by the Committee on Physical, Mathematical, and Engineering Sciences, Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology, Office of Science and Technology Policy, 1994.
4. Stevenson D.E. *Science, Computational Science and Computer Science: At a Crossroads*, *Communications of the ACM*, 137,12,85-96, December 1994.
5. NSF Blue Ribbon Panel on High Performance Computing, Lewis Branscomb (Chairman), *From Desktop to Teraflop: Exploiting the US Lead in High Performance Computing*. NSF Report NSB 93-205, August 1993.

Lecturas sugeridas

1. Mariño C. *La tecnología de los computadores y sus aplicaciones en las ciencias y la ingeniería*, Seminario de Supercomputación, Universidad de los Andes, agosto, 1992.
2. Crandall RE. *Projects in Scientific Computation (TELOS)* Springer-Verlag, 1994.
3. Hennessy J.L., and Patterson D.A. *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, (Morgan Kaufmann, 1990).
4. Dowd K. *High Performance Computing (O'Reilly & Associates, 1993)*.
5. Wolff RS., and Yaeger LS. *Visualization of Natural Phenomena*, (TLOS/Springer-Verlag, 1993).
6. Bramlley R., and Gallopoulos E. *CESE Conference Gets High Marks*, *Computational Science and Engineering*, 1,2, 76-79, Summer 1994.



ADN antiguo

Su
impacto
en la
investigación
científica

María Victoria Monsalve, Ph.D.
Departamento de Ciencias Biológicas,
Universidad de Cambridge,
e-mail: mvm20@cus.cam.ac.uk
Cambridge, Inglaterra.

La posibilidad de extraer compuestos orgánicos moleculares de restos antiguos ha abierto un nuevo campo de investigación, con repercusiones en disciplinas tan diferentes como la medicina y la paleogenética. Algunas de las técnicas de biología molecular, como el clonaje y la amplificación del ADN *in vitro*, han contribuido eficazmente al estudio de restos de tejidos blandos^{7,16,23,3,13} y tejidos óseos^{2,8,4,11}.

Se considera ADN (ácido desoxirribonucleico) antiguo aquél que ha sufrido procesos autolíticos o cualquier clase de fijación en material inerte. El acceso al ADN de fósiles, restos, utensilios, muestras de origen biológico y especímenes de museo permite estudiar, sin limitaciones de tiempo, procesos evolutivos del material genético de organismos extintos.

La primera extracción de ADN y ARN (ácido ribonucleico) antiguos se logró a partir del cartilago de una costilla de «The Old Lady of Ma-wangtui», cuyo cuerpo se ha preservado por cerca de 2.000 años¹². El primer clonaje se realizó con células del cartilago de la oreja de una mujer momificada.

El clonaje –técnica que permite la síntesis y replicación específica *in vitro* de un segmento de ADN– requiere en principio un alto grado de preservación de las muestras, ya que se necesita una buena cantidad de ADN antiguo. La reacción en cadena de la polimerasa (RCP) revolucionó la biología molecular, permitiendo la amplificación del ADN extraído de pequeñas muestras. Para tal fin se utilizan dos oligonucleótidos complementarios de los extremos opuestos de cada banda de ADN. La plantilla o «molde» de ADN se desnaturaliza por calentamiento y se deja enfriar hasta una temperatura que permita la asociación de los iniciadores al ADN. La reacción de extensión ocurre por la acción de la polimerasa y el producto complementario resultante puede unirse a sus oligonucleótidos. Mediante ciclos repetidos de desnaturalización,

asociación y extensión se logra la acumulación de un fragmento específico de ADN.

El análisis de ADN encontrado en restos humanos antiguos ha impulsado el avance de la antropología, la genética de poblaciones y las ciencias forenses, siendo la RCP una técnica ideal para estudios del ADN antiguo, puesto que usualmente la mayoría de los especímenes de ADN están muy deteriorados; sin embargo, la amplificación del ADN antiguo está sujeta a muchas dificultades y errores: la contaminación con ADN contemporáneo o ADN de bacterias, hongos o insectos es uno de los mayores problemas, ya que el ADN de estos organismos puede ser extraído conjuntamente con el del espécimen a estudiar y con frecuencia constituye la mayor proporción.

Para evitar la contaminación con ADN contemporáneo, la extracción debe efectuarse en condiciones de esterilidad, y la validación de los resultados requiere tomar dos muestras de tejido distantes (bien sea en un cementerio, terreno, museo o laboratorio) y remover la parte superficial del tejido, o sea, el área más expuesta.

Estados de preservación del ADN

El grado de preservación del ADN varía muchísimo en la escala biológica. Los fósiles de plantas que se encuentran en depósitos de lagos y están suficientemente hidratados son fuente de ADN de buena calidad. Los especímenes de plantas y hongos provenientes de herbarios, que han secado al aire libre, tienen una mayor probabilidad de contener una buena cantidad de ADN de calidad. La obtención de secuencias de nucleótidos se logró a partir de hojas de magnolia de hace 20 millones de años³. Se ha observado que la degradación de especímenes de herbario está más relacionada con el tipo de hoja que con la edad en que ésta secó.

Otra forma de preservación de ADN ocurre en el ámbar, resina fosilizada de origen forestal. Este tipo de preservación ocurre debido a la evaporación y polimerización de los aceites. Recientemente se extrajo ADN de un insecto (Coleoptera) embebido en depósitos del Líbano desde hace 120-135 millones de años¹.

Las sustancias orgánicas empiezan a descomponerse después de la muerte de un organismo por la acción de sus propias enzimas. A esta fase sigue, por lo general, la descomposición de los tejidos blandos por la acción de microorganismos y hongos. En estados más

El grado de preservación del ADN varía muchísimo en la escala biológica.



Figura 1. Fotografía de la momia «El hombre de hielo», perteneciente al neolítico tardío. Fue descubierta en las montañas Hauslabjoch, en los Alpes de Ötztal (cortesía de la Universidad de Innsbruck, Austria).

avanzados desaparecen casi por completo los tejidos blandos. Los exoesqueletos, endoesqueletos y apéndices queratinosos, como el pelo y las plumas, se conservan. El endoesqueleto de los vertebrados no pierde sus componentes orgánicos. Las estructuras orgánicas de tejidos duros, como los huesos y dientes, se preservan, incluso en entierros ordinarios, debido a la poca cantidad de agua y al contenido enzimático.

La descomposición de los tejidos blandos puede ser interrumpida por factores ambientales. La momificación natural puede ocurrir cuando la autólisis enzimática y la degradación causada por procesos químicos y físicos son interrumpidas por una pérdida rápida de humedad. Este fenómeno puede ocurrir en lugares áridos, calientes y secos.

Durante el II Congreso Internacional de Estudios sobre Momias (Cartagena, 1995), organizado por la Universidad de los Andes, en colaboración con el Instituto Nacional de Antropología (Colombia), diferentes ponencias



Figura 2. Fotografía de la momia «El hombre de Tollund», perteneciente a la edad de hierro. El cuerpo fue descubierta en un pantano en Moselund, cerca a la ciudad de Silkeborg, Dinamarca (cortesía del Museo de Silkeborg).

ilustraron tanto la existencia de momificación natural en diversas formas como la de momificación artificial. Uno de los ejemplos de momificación natural presentados –quizás el más divulgado en estas últimas décadas– fue «El Hombre de Hielo» (figura 1) descubierto en las montañas de Hauslabjoch, en los Alpes de Ötztal (1991). Otros casos de momificación natural son «El Hombre de Tollund» y «La Mujer de Elling» (figura 2), encontrados en una turbera de Moselund (Dinamarca). La preservación de estos cuerpos se

explicó en términos de la presencia de *Sphagnum*, planta que se encuentra comúnmente en las turberas del occidente de Dinamarca. Esta planta crece en terrenos permanentemente húmedos y tiene la propiedad de producir ácido húmico; una vez se pudre, se produce más ácido húmico y el agua del pantano se vuelve muy ácida, impidiendo la sobrevivencia de bacterias y previniendo la descomposición causada por los microorganismos.

La colección de momias que guarda el Museo Nacional de Antropología, en ciudad de México, ejemplifica el proceso de momificación natural ocurrido en Mesoamérica y el norte de México. El papel de las condiciones climáticas en la preservación es evidente en la

exploración de los cuerpos momificados recuperados en el sitio de Pacatnamu (Perú). En el caso de Colombia se indicó la existencia de cuerpos momificados tanto naturalmente, los encontrados en la región de Santander, como artificialmente, en el caso de las momias muiscas.

únicamente; (4) el ADN mitocondrial está representado un mayor número de veces—haciendo más fácil su amplificación—, debido a que en una célula hay numerosas mitocondrias y solamente un núcleo.

Recientemente, dos grupos de investigadores, liderados por Svante Pääbo y Erika Hagelberg, reportaron la amplificación y secuenciación exitosas de bases del gen citocromo B del ADN mitocondrial de un total de siete mamuts siberianos, con fechas que datan aproximadamente de hace 47.000 años.

El análisis de ADN en residuos humanos suministra información única acerca de los patrones migratorios de los primeros pobladores humanos y de los grupos étnicos originales, actualmente imposibles de diferenciar debido al mestizaje.

La **figura 4** indica los lugares de origen de muestras de ADN antiguo (mitocondrial y nuclear) estudiadas en poblaciones humanas.

Datos de morfología dental, asociación lingüística y formación genética indican que el Nuevo Mundo fue poblado durante tres migraciones⁶. La primera ocurrió hace 15.000 a 30.000 años, y sus descendientes, los Ame-

rindios, ocuparon Suramérica, Centroamérica y parte de Norteamérica. Los aborígenes llamados Na-Dene, que corresponden a los Atapascas del Canadá y los Navajos de Estados Unidos son descendientes de la segunda migración, ocurrida hace 10.000 a 15.000 años. La última migración ocurrió hace 6.000 a 9.000 años y dio origen a los Esquimales que viven en las islas Aleutianas (**figura 5**).

Los estudios con ADN mitocondrial apoyan la hipótesis de que los Amerindios y los Na-Dene descienden de diferentes líneas asiáticas²². Al respecto, cabe anotar que existe una hipótesis según la cual los Amerindios derivaron de una población asiática, la cual sufrió una reducción dramática tanto en su tamaño como en la variación genética, antes o durante la migración al Nuevo Mundo¹⁹.



Figura 5. Mapa del Nuevo Mundo, indicando las áreas habitadas por los descendientes de las tres migraciones asiáticas

Nuevas perspectivas en investigación

Buscando aclarar los patrones de migración al Nuevo Mundo, la Universidad de British Columbia (Canadá), en colaboración con la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional, adelanta en la actualidad estudios de ADN en momias, huesos de pobladores antiguos y muestras de sangre de poblaciones contemporáneas.

Se ha afirmado que el Istmo de Panamá restringió la migración y limitó la variación genética en aborígenes de Suramérica. Sin embargo, el hallazgo reciente de un marcador asiático específico (deleción o pérdida de 9 pares de bases (pb) en el ADN mitocondrial)

Muestra	n	Origen	Edad (A.P.)	Deleción
Cerebro	1	Little Salt Spring	6.860+/-110	(-)
Momias	1 5	Suroccidente de EEUU	pre-contacto	(+) (-)
Momias	5	Norte de Chile	4.000-1000	(-)
Momias	7	Chile	500-800	(-)
Esqueletos	45	Cementerio Norris Farms #36 (Illinois Central)	700	(+) (-)
Momias	2	Mesa de los Santos Santander (Colombia)	1325+/-60 al 495+/-235	(-)
Momias	1 1 1 3	Pisba, Boyacá Chiscas, Boyacá Socotá, Boyacá Desconocido (Colombia)	430+/-100 1480+/-100 100+/-1.2 120+/-100 A.p.	(+) (-) (-) (-)

Tabla 1

n= número de muestras. El signo (+) denota presencia de la deleción de 9 bases, el signo (-) denota ausencia de la deleción.

en aborígenes suramericanos contemporáneos debilita esa teoría^{22,5,10,14}. Los estudios de ADN antiguo han permitido ampliar la información sobre dispersión de este marcador en el mundo. La **tabla 1** presenta un resumen de la deleción de 9 pares de bases en muestras de ADN antiguo al Nuevo Mundo.

Finalmente, es importante resaltar que, aunque reciente, el estudio del ADN antiguo ha progresado rápidamente. El ADN antiguo obtenido no sólo de muestras de tejidos blandos de

momias sino de tejidos duros de restos humanos es una herramienta invaluable para entender la historia evolutiva de la especie humana. La abundancia del material arqueológico existente en museos, y los resultados de futuras excavaciones, ofrecen nuevas perspectivas para quienes se interesan en la arqueología molecular.



Referencias

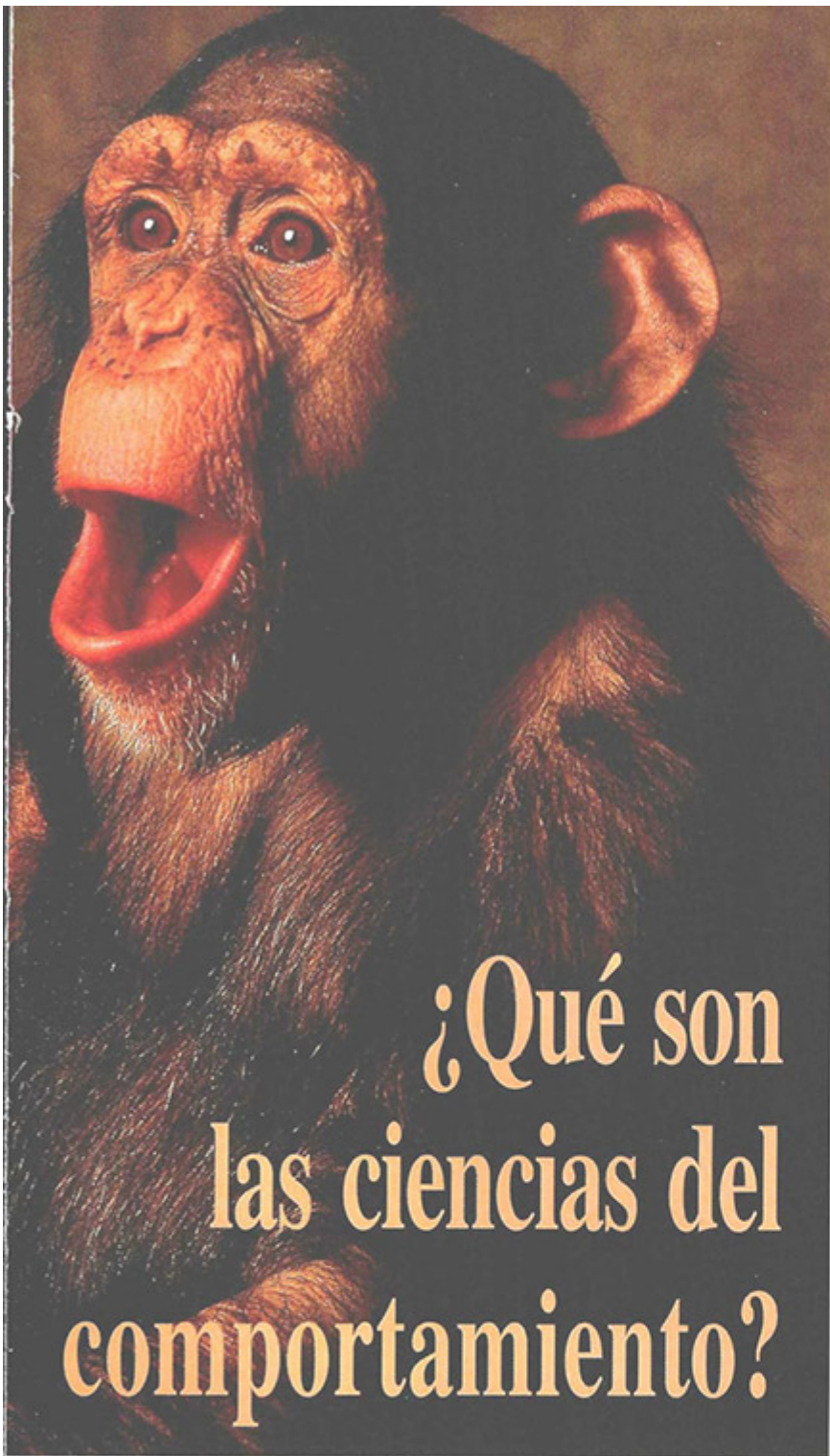
1. Cano RJ., Poinar HN., Pieniazek NJ., Acra A., Poinar Jr GO. Amplification and sequencing of DNA from a 120-135 million year old weevil. *Nature* 363:536-538, 1993
2. Hagelberg E., Sykes B., Hedges R. Ancient bone DNA amplified. *Nature* 342, 485, 1989
3. Golenberg EM., Giannasi DE., Clegg MT., Smiley CJ., Durbin M., Henderson D., Zurawski G. Chloroplast DNA sequence from a Miocene Magnolia species. *Nature* 344:656-658, 1990.
4. Hanni C., Laudet V., Sakka M., Begue A., Stehelin D. Amplification of mitochondrial DNA fragments from ancient human teeth and bones. *C R Acad Sci Paris 310 Series* 3:365-370, 1990.
5. Ginther C., Corach D., Penacino GA., Rey JA., Carnese FR., Hutz MH., Anderson A. Genetic variation among the Mapuche Indians from the Patagonian region of Argentina: mitochondrial DNA sequence, nuclear variation and allele frequencies of several nuclear genes. In: Pena SJD, Chakravorty R, Epplen JT, Jeffrey AJ(eds) DNA fingerprinting: state of the science. Birkhauser, Basel, pp211-219.
6. Greenberg JH., Turne CGII., Zegura SL. The settlements of the Americas: a comparison of the linguistic, dental and genetic evidence. *Curr. Anthropol*, 27:477-497, 1986.
7. Higuchi R., Bowman B., Freiberger M., Ryder OA., Wilson AC. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. *Nature* 312:282-284, 1984.
8. Horai S., Hayasaka K., Murayama K., Wate N., Koike H., Nakai N. DNA amplification from ancient human skeletal remains and their sequence analysis. *Proc Jap Acad* 65:229-233, 1989.
9. Horai S., Kondo R., Murayama K., Hayashi S., Koike H., Nakai N. Phylogenetic affiliation of ancient and contemporary humans inferred from mitochondrial DNA. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 333:409-417, 1991.
10. Horai S., Kondo R., Nakagama-Hattori Y., Hayashi S., Sonoda S., Tajima K. Peopling of the Americas, founded by the major lineages of mitochondrial DNA. *Mol. Biol. Evol.* 10:23-47, 1993.
11. Hummel S., Hermann B. Y-chromosome-specific DNA amplified in ancient human bone. *Naturwissenschaften*: 78:266-267, 1991.
12. Hunan Medical College. Study of an ancient cadaver in Mawangtui Tomb No.1 of the Han Han Dynasty in Changsha. Beijing: Ancient memorial press: 184-187, 1980.
13. Lawlor AL., Dickel CD., Hauswirth WW., Parham P. Ancient HLA genes from 7,500-year-old archaeological remains. *Nature* 349:785-788, 1991.
14. Monsalve MV., Groot de Restrepo H., Espinel A., Correal G., Devine DV. Evidence of mitochondrial DNA diversity in South American aboriginals. *Ann. Hum Genet.* 58:265-273, 1994a.
15. Monsalve MV., Cárdenas F., Guhl F., Devine DV. Mitochondrial DNA mutations in mummies support the existence of diverse lineages in South American aboriginals. *American J. Human Genetics* 55:A159, 1994b.
16. Pääbo S. Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA. *Nature* 314:644-645, 1985.
17. Pääbo S., Gifford JA., Wilson AC. Mitochondrial DNA sequences from a 7000-year old brain. *Nucl. Acids Res.* 16:9775-9787, 1988.
18. Rogan PK., Salvo JJ. Molecular genetics of pre-Columbian South American mummies. *UCLA Symposium in Molecular Evolution* 122:223-234, 1990a.
19. Schurr TG., Ballinger SW., Gan Y., Hodge JA., Merriwether DA., Lawrence DN., Knowler WC., Weiss KM., Wallace DC. Amerindian mitochondrial DNAs have rare Asian mutations at high frequencies, suggesting they derived from four primary maternal lineages. *Am. J. Hum. Genet.* 46: 613-623, (1990).
20. Stone AC., Stoneking M. Ancient DNA from a pre-Columbian Amerindian Population. *American J. of Phys. Anthropol.* 92:463-471, 1993.
21. Torroni A., Schurr TG., Yang C., Szathmary EJE., Williams RC., Schandfiel MS., Troup GA., Knowler WC., Lawrence DN., Weiss KM., Wallace DC. Native America mitochondrial DNA analysis indicate that the Amerindian and the Nadene populations were found by two independent migrations. *Genetics* 130: 153-162, 1992.
22. Torroni A., Schurr TG., Cabell MF., Brown MD., Neel JV., Larsen M., Smith DG., Vullo CM., Wallace DC. Asian affinities and continental radiation of the four founding Native American mtDNA. *Am. J. Hum. Genet.* 53: 563-590, 1993.
23. Thomas RH., Schsffner W., Wilson AC., Pääbo S. DNA phylogeny of the extinct marsupial wolf. *Nature* 340:465-467, 1989.



Rubén Ardila, Ph. D.
Psicólogo investigador,
Universidad Nacional de Colombia,
e-mail: rardila@bacata.usc.unal.edu.co.
Santafé de Bogotá, Colombia.

Introducción

Durante las últimas décadas, el término "ciencias del comportamiento" (*behavioral sciences*, en inglés) se ha utilizado cada vez más frecuentemente para referirse a disciplinas como la economía, la sociología, la antropología, la lingüística, la psicología, la ciencia política, y a «combinaciones» como ge-



¿Qué son las ciencias del comportamiento?

nética conductual, neurociencia conductual y medicina conductual.

El concepto de "ciencias del comportamiento" –expresión de origen aparentemente anglosajón cuyo uso tiende a generalizarse– es análogo, y cubre un campo similar, al de "ciencias humanas" o "sociales". Este último es el término más utilizado en América Latina, mientras que "ciencias humanas" se prefiere en países de habla francesa.

Independientemente de las acuñaciones, la ciencia es una; no simplemente un área del

saber humano, sino una forma de aproximación al conocimiento que cumple con ciertos requisitos definidos por los filósofos de la ciencia. ¿Por qué, entonces, la necesidad de distinguir entre ciencias "naturales", "del comportamiento", etc.? Éste es un tema de gran importancia en el contexto cultural latinoamericano, dado el proceso de consolidación de una comunidad científica que contribuya al acervo de conocimientos de la ciencia internacional, que considera ciencias, además de a la física, la química y la biología, a muchas otras disciplinas: la economía, la lingüística, la antropología, entre otras, percibidas por el gran público como "menos científicas". Todos los países, desarrollados o en vías de desarrollo, necesitan los aportes de unas y otras. Lo importante es comprender qué estudian las ciencias del comportamiento y cuál es su lugar en el panorama actual del conocimiento.

Una de las primeras presentaciones en público de las ciencias del comportamiento tuvo lugar con ocasión del sondeo *Survey of the Behavioral and Social Sciences (1967/1969)*, realizado bajo los auspicios de la National Academy of Sciences¹. Su objetivo consistía en hacer una revisión y evaluación comprensivas de estas áreas, que sirvieran de base a una política nacional efectiva para su fortalecimiento y desarrollo. En dicho trabajo se incluyeron la antropología, la economía y la geografía; la historia como ciencia social; la ciencia política; la psicología; la psiquiatría como ciencia del comportamiento; la sociología y los aspectos sociales de la estadística, la matemática y la ciencia de la computación. Los resultados, incluyendo el estado de cada una de las disciplinas, su relación con otras ciencias –tanto del comportamiento como naturales– y los problemas de su utilización por parte de la sociedad, se publicaron en un libro titulado *The Behavioral and Social Sciences: Outlook and Needs (1969)*.

La noción de "ciencias del comportamiento" surgió durante la Segunda Guerra Mundial² y se concretó en entidades como la División de Ciencias del Comportamiento de la Fundación Ford y el Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences de Palo Alto, California (1954). Hoy existen numerosos centros de estudios avanzados, programas académicos a nivel de maestría y doctorado, publicaciones diversas (revistas, libros, enciclopedias), y se cuenta con la estructura organizativa considerada esencial para definir un campo de conocimiento^{3,4}.

¿Qué diferencia a las ciencias del comportamiento de las sociales? Posiblemente, el método. Las ciencias del comportamiento hacen énfasis en métodos "duros", fundamentalmen-



Figura 1. Cráneo del Homo Habilis, descubierto en Koobi Fora (playas orientales del lago Turkana, en Kenia), en 1972. Vivió hace 1,9 millones de años. Se conoce como el número 1470. El cráneo tiene una capacidad de 800 centímetros cúbicos. Representa un paso de importancia primordial en la evolución humana.

te cuantitativos, mientras que las sociales son más proclives a utilizar métodos "blandos" (cualitativos). En ciencia política, por ejemplo, la llamada escuela comportamental se identifica con procesos de medición, dando especial importancia a números y estadísticas, como es el caso de los estudios sobre comportamiento electoral. Algo semejante puede decirse de la economía, la sociología, la antropología y la lingüística. El enfoque comportamental se interesa más en la cuantificación, la objetividad (acuerdo intersubjetivo), el registro y el análisis estadístico de datos.

El caso de la psicología es bastante particular. Desde sus comienzos como disciplina autónoma (1879), con la fundación del Laboratorio de Psicología Experimental por parte de Wundt (Universidad de Leipzig, Alemania), su evolución ha apuntado siempre a la búsqueda de mayor objetividad. Esta ciencia, que se suponía estudiaba lo "subjetivo", se ha esforzado por ser una

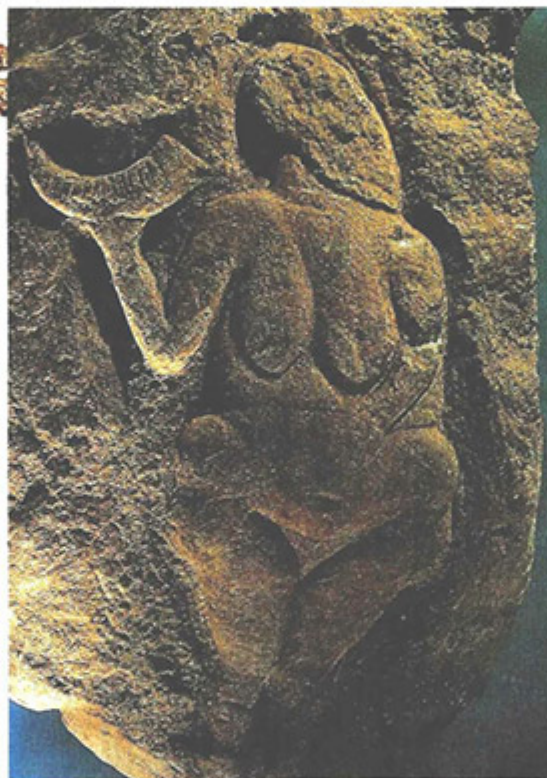


Figura 2. Venus de Laussel (Francia), procedente del paleolítico superior.

disciplina "objetiva" que sigue estrictamente los cánones del método científico, pasando de «ciencia del alma» a "ciencia de la mente", para convertirse finalmente en "ciencia del comportamiento". Ya en 1913 se definía como estudio de la conducta, siendo, por tanto, anterior a las ciencias del comportamiento. Cuando estas últimas surgieron, el enfoque comportamental en psicología tenía ya casi medio siglo de existencia.

Hoy en día, la psicología está ampliamente diversificada y relacionada con las ciencias naturales y sociales y con las humanidades⁵. El término "psicología del comportamiento" se ha diluido, perdiendo gran parte de su significado. Podríamos preguntar: ¿cuál "psicología del comportamiento", si la disciplina como un todo se define como estudio científico del comportamiento? Por su

parte, la lingüística, la sociología y la geografía experimentan una circunstancia similar; existen enfoques de estas disciplinas —claramente identificados con las ciencias "duras"— que hacen énfasis en el concepto de comportamiento. Por eso, resulta pertinente preguntar qué se entiende por conducta, o por comportamiento, en el contexto de la investigación científica contemporánea.

El concepto de comportamiento

En un sentido amplio, "comportamiento" es lo que hacen o dicen los organismos. Esta definición se refiere a actos abiertos y observables, procesos encubiertos, actividades individuales, grupales o comunitarias. Inicialmente, el estudio de la conducta se ocupa-

ba de contracciones musculares y secreciones glandulares —en individuos humanos y no humanos—, pero el concepto se ha ampliado considerablemente en las últimas décadas.

En la actualidad, incluye también el lenguaje, fundamentalmente el humano. El lenguaje es sustrato y clave de la cultura. Refleja las categorías básicas usadas por generaciones

previas para filtrar, interpretar y codificar sus experiencias. La socialización y la endoculturación se llevan a cabo, en gran medida, por medio del lenguaje.

Aunque en la mayoría de los idiomas modernos existen las dos palabras, comportamiento y conducta, los conceptos se pueden considerar equivalentes. En castellano, los significados están relacionados y tienden a confundirse. La diferencia radica en que la conducta tiene que ver con aspectos específicos limitados, mientras que el comportamiento es más general y global. Sin embargo, es preferible considerarlos equivalentes. Por lo tanto, para referirnos a este campo de conocimiento, se puede hablar de ciencias del comportamiento o de la conducta.

El concepto de comportamiento está muy ligado al de aprendizaje, proceso definido como un cambio relativamente permanente del comportamiento que ocurre como resultado de la práctica^{6,7}. Con excepción de algunos reflejos, de las predisposiciones genéticas que requieren actualización por medio de la experiencia, la mayor parte de la conducta es aprendida; por eso, el papel del aprendizaje tiene mayor relevancia en organismos superiores, sobre todo en la especie humana. El aprendizaje es el fundamento de la cultura. Thorndike lo consideró "tópico íntimo y enfáticamente relevante para el problema de la Civilización... La Civilización es, sin lugar a dudas, el producto principal del aprendizaje humano". Los especialistas en evolución lo consideran un mecanismo de adaptación, una manera de enfrentarse con un mundo cambiante.

El objeto central de los estudios sobre el aprendizaje es la relación conducta-cambios ambientales. El aprendizaje tiene lugar (entre otros procesos) a través de la socialización, entendida como el proceso por el cual el individuo aprende aquello que le permite funcionar como parte de su sociedad: roles, posición en la estructura social, estatus, expectativas, normas de convivencia y otras pautas de comportamiento esenciales dentro de la cultura.

Todas las ciencias estudian alguna forma de comportamiento. La astronomía, el de los planetas, estrellas, galaxias, nebulosas y demás cuerpos celestes; la biología, el de los seres vivos; la sociología, el de las estructuras sociales y la sociedad en general; la antropología, el de individuos y grupos. Para distinguir un

campo de conocimiento basado específicamente en la conducta, es preciso resaltar que se refiere a organismos, grupos, sociedades y culturas. Las ciencias del comportamiento estudian, por lo tanto, al hombre (y a otros animales), teniendo como centro de interés las sociedades y culturas que crea, o, para usar la expresión clásica de Herkovits, al hombre y sus obras.

Tópicos de investigación

Las ciencias del comportamiento trabajan con campos muy variados del conocimiento, que incluyen pautas culturales, patrones de interacción social, desarrollo humano, personalidad y diferencias individuales, diferenciación social

—incluyendo la estratificación y organización del trabajo—, la familia y sus transformaciones, el ciclo vital humano, estrategias económicas, redes de comunicación, expectativas, toma de decisiones, vida cotidiana, cambios culturales, procesos políticos y estructuras de poder, el hábitat físico y social de la especie, la difusión cultural, déficits de adaptación humana (patologías individuales o sociales), salud y enfermedad, educación, pautas de crianza, relevancia social de los hallaz-

gos investigativos y otros temas igualmente importantes.

El nivel de la ecología lo trabajarían las ciencias biológicas y físicas, incluyendo la geografía, la biología conductual y la biología evolutiva. El nivel del sistema cultural pertenecería básicamente a la antropología y a la sociología; los sistemas de producción serían objeto de estudio de las ciencias económicas, los patrones de crianza corresponderían a la psicología y a la antropología y, en general, a todos los especialistas en procesos de socialización. El nivel del individuo sería básicamente campo de acción de la psicología.

En la historia del pensamiento, las ciencias del comportamiento aparecen más tarde que las físicas y las biológicas (últimas décadas del siglo XIX), y afirman que estudian eventos únicos e irrepetibles (enfoque idiográfico), por contraposición a las ciencias naturales que estudian propiedades generales de los fenómenos (enfoque nomotético). Esta distinción entre disciplinas nomotéticas (como la física) e idiográficas (como la historia) tuvo entonces una importancia que no tiene hoy.

El concepto de comportamiento está muy ligado al de aprendizaje.

Se trataba de disciplinas jóvenes que debían definir su campo de acción, metodología y lugar en la jerarquía de las ciencias, y una de sus preocupaciones básicas era el carecer de rigor metodológico, teorías estructuradas, datos empíricos y capacidad de predicción suficientes. En ese entonces, se consideró que sólo había un camino para su desarrollo: el que habían seguido las disciplinas maduras. Sería cuestión de tiempo y las ciencias "blandas" se convertirían en "duras". Con el tiempo, la distinción arriba mencionada desapareció por completo⁸.

Al definir los campos de acción de las nuevas disciplinas, se consideró que sus características eran la historicidad y la significación, y el significado de los fenómenos humanos —por contraposición a los fenómenos del mundo físico y biológico—, uno de sus intereses prioritarios. En realidad, los fenómenos estudiados por las ciencias naturales también son históricos y tienen significado, de modo que esta distinción parece carecer de validez.

Persiste la cuestión de si las ciencias del comportamiento poseen o no características que las diferencien de las naturales. Algunos filósofos de la ciencia consideran que las dos categorías seguirán existiendo, mientras que otros conceptúan que se trata de niveles de desarrollo y que en el futuro no se establecerá diferencia alguna entre ellas.

Persiste la cuestión de si las ciencias del comportamiento poseen o no características que las diferencien de las naturales.

Campos de acción

Es importante explicitar el campo de trabajo de las principales ciencias del comportamiento. En muchos casos, existe superposición, por ejemplo, entre la sociología y la economía y la psicología y la antropología —situación que también se presenta en las ciencias naturales (física y química, química y biología, etc.)—, dando origen a numerosos campos interdisciplinarios, algunos de amplia trayectoria, como la antropología social, y otros más recientes, como la psicología económica. En orden alfabético, las principales ciencias del comportamiento son la antropología, la ciencia política, la economía, la lingüística, la psicología y la sociología.

Antropología

Etimológicamente, es la «ciencia del hombre». Su campo de acción es la cultura, entendida como aquella parte del ambiente hecha por el hombre; incluye cultura objetiva (asentamientos humanos, agricultura, construcciones) y cultura subjetiva (valores, actitudes). Su interés inicial, la comparación de sociedades —especialmente prelitteratas ("primitivas") y la sociedad moderna europea—, llevó a la descripción específica de culturas y a la formulación de principios para explicar variaciones. Las ramas principales de esta disciplina son la antropología física y la arqueología.

Ciencia política

En términos amplios, se define como el estudio sistemático de los procesos de gobierno, mediante la aplicación del método científico al análisis de eventos políticos. Más específicamente, es el estudio del Estado y de los órganos e instituciones a través de los cuales funciona éste. No siempre utiliza la metodología cuantitativa, y en algunos contextos se prefiere el término "estudios políticos", pero "ciencia política"

tiene mayor aceptación. Sus orígenes se remontan a Aristóteles (como en el caso de la mayoría de las ciencias). Modernamente nace en el siglo XIX, como consecuencia del gran interés por las ciencias sociales en general. Su relación con la sociología, la psicología, la antropología y la economía ha sido de órdenes diversos y muy variados.

Economía

Según Samuelson, es la disciplina que estudia formas individuales y sociales de utilizar dinero y recursos y de producir elementos de consumo (actual y futuro) que se distribuyen entre las personas y grupos que conforman una sociedad. Se ocupa, entre otros, de aspectos como oferta y demanda, empleo, influencia de la tecnología en la producción, ingresos, organización comercial, riqueza y pobreza, trabajo y rela-



Figura 3. Cada uno de estos niveles presupone el anterior y, además, presenta propiedades "emergentes" que no se encuentran en los anteriores niveles (tomado de Ardila, 1993).



Figura 4. El poder del Estado —que estudia la ciencia política— se muestra en el Partenón, símbolo del dominio de Atenas sobre toda Grecia.

ciones laborales, papel económico de los gobiernos, ahorro, consumo, inversión, precios, sistema bancario, impuestos, comercio internacional y, recientemente, globalización de intercambios comerciales.

La economía se apoya en disciplinas como la demografía, la sociología y la estadística —el análisis matemático se ha desarrollado ampliamente en las últimas décadas— y se relaciona con la sociología, la ciencia política, la psicología y la antropología.

Lingüística

Entre los temas que estudia la lingüística se encuentran la comprensión del lenguaje (cómo percibimos y entendemos el habla y el lenguaje escrito), su producción (cómo construimos una expresión lingüística, desde la idea hasta la frase) y su adquisición.

La lingüística está en estrecha relación con la psicología, la antropología y la ciencia cognitiva (existe una íntima relación entre lenguaje y pensamiento). Es una ciencia del comportamiento que ha alcanzado un alto nivel de refinamiento, y cuenta con elaboradas teorías y metodologías.

Psicología

Aunque definida etimológicamente como “estudio de la psique” (alma), es en realidad el estudio de la conducta humana y animal y de sus relaciones con el medio, tanto físico como social. Fue la primera ciencia en reclamar el comportamiento como campo específico de trabajo, y ha alcanzado un notable desarrollo en este siglo.

A diferencia de otras ciencias de la conducta, es tanto ciencia biológica como ciencia social: los psicólogos estudian el cerebro, los sistemas

endocrino e inmunológico, la evolución, la conducta de los animales no humanos y trabajan aspectos sociales del hombre; esto ha dificultado su clasificación como disciplina en la jerarquía de las ciencias. Con un pilar en las ciencias biológicas y otro en las sociales, ha sido un área de muchas teorías, hallazgos y aplicaciones (médicos, educativos, de desarrollo comunitario, organizacionales, laborales, entre otros).

Sociología

Considera la conducta de las personas como producto de la vida en sociedad, y estudia la organización y estratificación sociales, las comunidades e instituciones, la patología social, el cambio social y muchos otros tópicos de especial relevancia para el mundo actual. Su objetivo es encontrar leyes que expliquen el comportamiento social de los seres humanos. Sus relaciones con la economía, la antropología, la psicología, la lingüística y la ciencia política han dado origen a teorizaciones múltiples en el campo de las ciencias sociales y del comportamiento.

Comte (1837), cuyo interés era crear una ciencia social general, promover el “positivismo”

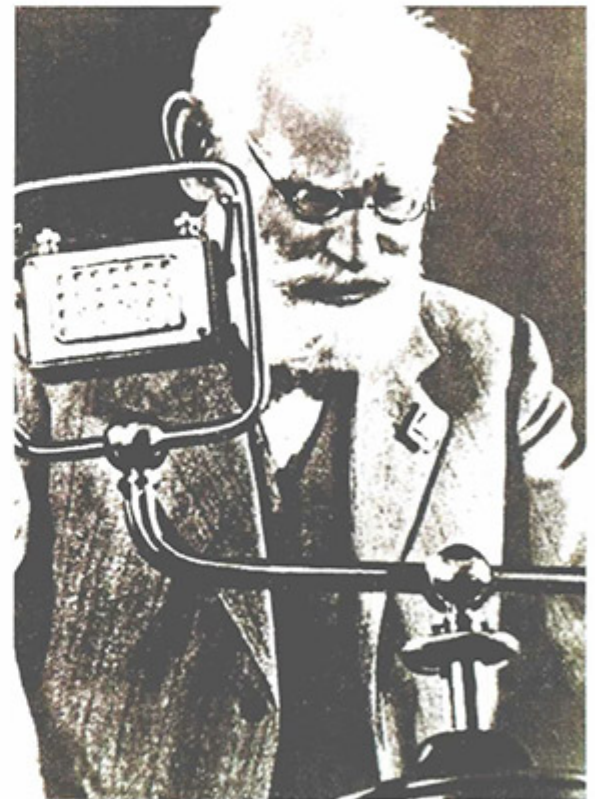


Figura 5. Ivan P. Pavlov (1849 - 1936), uno de los pilares en el estudio experimental del aprendizaje.



Figura 6. Lenguaje, cognición y aprendizaje en chimpancés (investigación de Savage - Rumbaugh).

y fundar una mítica religión de la humanidad, fue el primero en utilizar el término "sociología". Hoy, ésta es una ciencia que ha encontrado un campo específico de trabajo.

Ciencias del comportamiento y relevancia social

La antropología, la ciencia política, la economía, la lingüística, la psicología y la sociología son pilares básicos de la sociedad contemporánea. Muchos de los problemas de nuestro mundo son de orden social, más que físico o biológico, y el papel crucial de las ciencias del comportamiento en su comprensión y solución es un hecho reconocido. La salud, la educación, la producción, la organización social, la cooperación y la adaptación de los seres humanos a un ambiente de cambio acelerado son todos campos que pueden beneficiarse ampliamente con sus aportes.

El impacto social de las ciencias del comportamiento puede ser clave para la caracterización y abordaje de la violencia, el maltrato infantil, el desempleo, la pobreza, la desadaptación, la falta de eficiencia en el trabajo, los cambios asociados con la globalización de la cultura⁹, el alcoholismo y la drogadicción, la delincuencia y la criminalidad; todos son problemas críticos que las ciencias del comportamiento pueden contribuir a resolver en forma decisiva.

Las ciencias del comportamiento enfrentan serios retos y dificultades particulares, tales como la inadecuada imagen pública y el inexacto cubrimiento de los medios masivos de comunicación. Periódicos, radio y televisión se refieren con frecuencia a problemas comportamentales, pero no siempre brindan información adecuada. La

financiación para la investigación en ciencias del comportamiento es insuficiente (aunque ha mejorado considerablemente en los últimos años), y aunque no es un problema exclusivo de las ciencias de la conducta, probablemente es más agudo en estas áreas.

Es preciso aumentar los fondos disponibles para el desarrollo de programas en ciencias básicas y asegurar su eficiente utilización. Es importante llevar a cabo más investigación básica en antropología, ciencia política, economía, lingüística, psicología, sociología, (además de en historia, geografía y estadística social). Cuanta más ciencia básica se genere, más aplicaciones se podrán desarrollar. Generalmente, las agencias que financian investigación y los medios de comunicación masiva asocian las ciencias del comportamiento con la solución de problemas sociales, pero no con la investigación sobre problemas fundamentales de carácter básico. Conviene recordarles la famosa frase de uno de nuestros grandes científicos: "No hay ciencia aplicada sino ciencia que aplicar", que alude a todas las disciplinas, pero es especialmente relevante en el caso de las ciencias del comportamiento.



Figura 7. Jean Piaget (1896 - 1980) fue un gran estudioso de la psicología infantil y del desarrollo cognitivo.


Referencias


1. *Committee on Science and Public Policy, National Academy of Sciences. The behavioral and social sciences: outlook and needs.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1969.
2. *Thompson J.D., & Van Hutten D.R. The behavioral sciences: An interpretation.* Reading, MA: Addison-Wesley, 1970.
3. *Caton H. (Ed.). The bibliography of human behavior.* Westport, CT: Greenwood Press, 1993.
4. *Ramachandran V.S. (Ed.). Encyclopedia of human behavior.* 4 vols. San Diego, CA: Academic Press, 1994.
5. *Bornstein M.H. (Ed.). Psychology and its allied disciplines.* 3 vols. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984.
6. *Ardila R. Psicología del aprendizaje.* México: Editorial Siglo XXI, 1970.
7. *Ardila R. Síntesis experimental del comportamiento.* Bogotá: Editorial Planeta, 1993.
8. *Neurath O., Carnap R., & Morris C. (Eds.). Foundations of the unity of science. Towards an international encyclopedia of unified science.* 2 vols. Chicago: University of Chicago Press, 1969, 1970.
9. *Segall M.H., Dasen P.R., Berry J.W., & Poortinga Y.P. Human behavior in global perspective.* Elmsford, NY: Pergamon Press, 1990.
10. *Chance P. Aprendizaje y conducta.* Traducido del inglés. México: Editorial El Manual Moderno, 1995.


Sabe usarlo?



Cualquier niño  de 4 años sabe como hacerlo!!

Lo que difícilmente se sabe, es que el baño es el lugar de la casa  donde más se consume agua. Un promedio de 200 litros al día.

Multiplique por el número de hogares de Colombia  y eso es mucha agua!

Sabemos que usted no puede dejar de usar el baño, pero lo que si puede hacer es utilizar los sanitarios de Bajo Consumo de Agua de Corona .

Pregunte por las líneas Acuacer, Nova, Royal y Tiffany.

Aprenda a usar racionalmente el baño y con la porcelana sanitaria de Corona, viva su ambiente!



Corona®
Viva su Ambiente!



Novedades editoriales

EXPLORANDO EL MEDIO AMBIENTE

Stanley Solana

M.E. Editores, S.L. España, 1995

Explorando el medio ambiente es un desafío que Stanley Solana propone a quien ama los espacios abiertos, es curioso y posee un espíritu aventurero. Este libro es un sendero para caminar con los cinco sentidos alerta y con la imaginación dispuesta a encontrarse con lo más asombroso.

GUÍA PARA EL MANEJO Y CRÍA DE LA "PACA", *Agouti paca*

Jairo Pérez Torres

Convenio Andrés Bello y Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, Santafé de Bogotá, 1996

Esta guía es el primer ejemplar de una colección de cartillas y videos que desarrollarán en forma conjunta la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello (Secab) y la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC), con el fin de divulgar información y conocimientos sobre especies promisorias de animales y plantas, para promover su producción como alternativas que pueden mejorar la calidad de vida de la población.

AL SERVICIO DEL CONOCIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LA TIERRA. INFORME ANUAL, 1995

Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - Ingeominas

Éste es un documento oficial de Ingeominas (Ministerio de Minas y Energía), que incluye la presentación institucional, la gestión por áreas durante 1995 y sus proyecciones para 1996. El informe fue preparado por funcionarios del Área de Planeación y Control, con el propósito de mostrar los logros en geología, geofísica, química, minería e ingeniería geoambiental, además de la información y administración internas.

LOS KOGI DE LA SIERRA NEVADA



Gerardo Reichel-Dolmatoff

Editorial Bitzoc, Palma de Mallorca, 1996

La monografía *Los Kogi, una tribu de la Sierra Nevada de Santa Marta* significó para Gerardo Reichel-Dolmatoff (Salzburgo, 1912-Bogotá, 1994) reconocimientos a nivel nacional e internacional, y para la cultura Kogi "la admiración y respeto de mucha gente que ve en ella una opción válida, una filosofía trascendental e importante para nuestra época", según lo expresó el mismo Reichel. Este libro, editado en España, recopila diversos temas de la famosa monografía, y los acompaña con ilustraciones y fotografías del autor y de su esposa Alicia Dussán de Reichel.

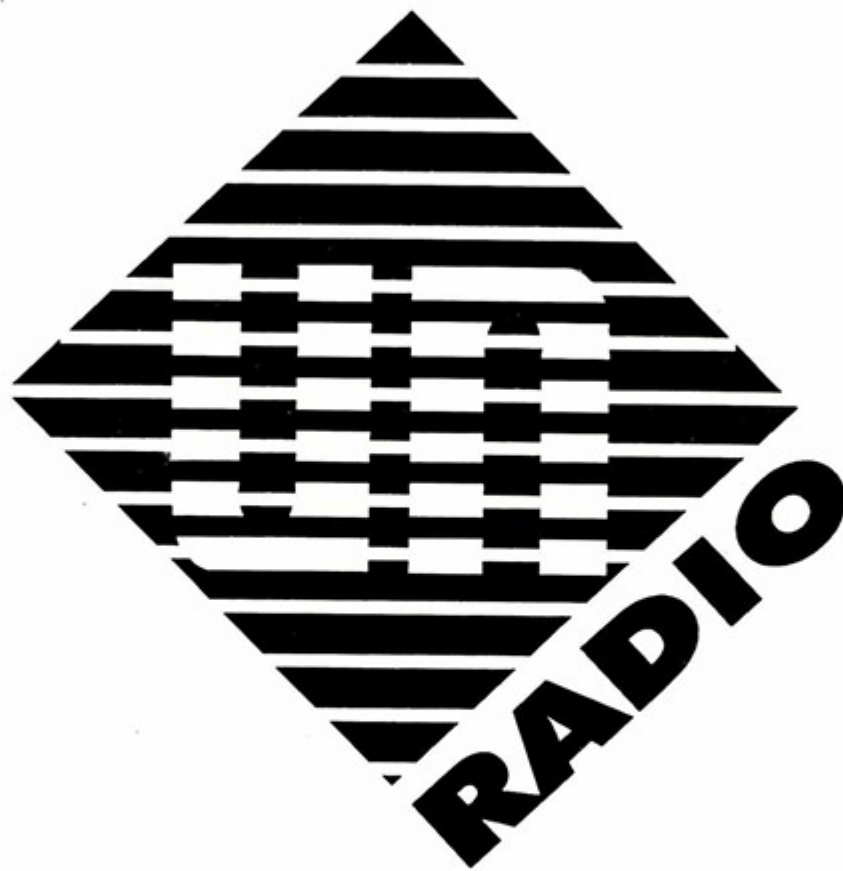
PECES DEL LLANO



Cristina Uribe, editores.

Santafé de Bogotá, 1996

Peces del Llano es el tomo V de la serie sobre fauna de las llanuras del Orinoco. Es el primer libro ilustrado con fotografías de las especies encontradas -muchas de éstas obtenidas por primera vez- en el campo petrolero de Caño Limón, en el departamento de Arauca. Esta bella publicación tiene como objetivo principal contribuir al conocimiento de la ictiofauna de la Orinoquía colombo-venezolana, y, a su vez, lograr que todos los interesados en la conservación y aprovechamiento de la fauna acuática adquieran un entendimiento cabal del cuidado de las aguas, la vigilancia de los sistemas de pesca y la explotación comercial sostenible, para que esa maravillosa fauna, de exóticas formas y mágicas coloraciones, no desaparezca de las aguas de la Orinoquía colombiana.



98.5 F.M.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

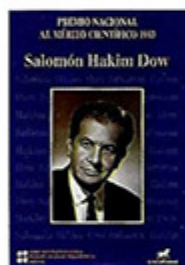
ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Marisol Amaya, Jairo Carris,
Mauricio García, Javier Guerrero y
Augusto Rivera**

Universidad Nacional de Colombia,
Santafé de Bogotá, 1996

Este documento analiza la producción investigativa de los departamentos de Biología, Matemáticas, Física, Geociencias y Química, de la Universidad Nacional, partiendo de los diagnósticos nacionales de la ciencia y la tecnología realizados por el Conpes. Los autores llegan a un diagnóstico interno, lo mismo que a recomendaciones relacionadas con la conformación de un comité de investigación en cada departamento, con los criterios para la contratación de nuevos profesores y con las partidas presupuestales para investigación y capacitación de investigadores.

PREMIO NACIONAL AL MÉRITO CIENTÍFICO 1993: SALOMON HAKIM DOW



Lisbeth Fog Corradine
Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, y Granahorrar,
Santafé de Bogotá, 1996

La vida y obra del neurocirujano colombiano Salomón Hakim están recopiladas integralmente en este libro, junto con las palabras ofrecidas en la entrega del Premio Nacional al Mérito Científico 1993 por Eduardo

Posada (Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia), Jorge Amaya (Granahorrar), Hernando Grott (Academia Colombiana de Medicina) y el propio galardonado. Para los jóvenes principiantes en la investigación científica y las aplicaciones tecnológicas, la trayectoria de Hakim Dow es un ejemplo a seguir, y para la educación colombiana es un llamado a fomentar, aún más, la curiosidad por el conocimiento.

MANUAL DE EDICIÓN. GUÍA PARA AUTORES, CORRECTORES DE ESTILO Y DIAGRAMADORES



Carmen Barvo
Cerlalc, Santafé de Bogotá, 1996

Este trabajo reúne dos libros en uno: un manual de edición y un manual de estilo (cedido por Editorial Norma al Cerlalc). La obra define al editor y a sus áreas de trabajo, la estimación de costos editoriales, el contrato de derechos, las partes de un libro, el corrector de estilo, el diagramador, el proceso industrial y las nuevas tecnologías del libro. Los científicos y los divulgadores de la ciencia y la tecnología encontrarán en este manual una buena guía para lograr la difusión de sus trabajos, gracias a una mejor comprensión del proceso editorial.

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN OBSERVATORIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Xavier Polanco, Dominique Vinck
Colciencias, Santafé de Bogotá, 1996

El Observatorio de Ciencia y Tecnología de Colombia es un proyecto de Colciencias, que pretende reunir la información de la actividad científica y tecnológica del país, para ponerla a disposición de las instancias decisorias de apoyo, nacionales e internacionales. Esta recopilación de autores colombianos, franceses, mexicanos y brasileños muestra experiencias externas, como la del OST de Francia, que servirán de antecedente, para la creación del observatorio colombiano, que implica bases de datos especializados y generación de nuevas técnicas de medición.

COMPETITIVIDAD DEL PETRÓLEO COLOMBIANO

Alicia Puyana, Joyce Dargay
Creset
Colciencias, 1996

Esta investigación es pionera en la comprensión de la economía del petróleo. Con ella se explora, por primera vez y desde una óptica internacional, la competitividad del crudo colombiano, según diferentes tipos de riesgos: geológicos, técnicos y políticos, de acuerdo con las modalidades de contratación petrolera. Además incluye entrevistas a funcionarios de las casas matrices de las más importantes empresas petroleras internacionales y a académicos expertos en el tema.

**LAS MENTES ABIERTAS
NECESITAN ESPACIOS ABIERTOS
PARA PENSAR EN GRANDE**



SOLUCIONES CREATIVAS

VIGILADO por el Superintendente de Bancos y Seguros



**CIUDAD
SALITRE**

Un ejemplo a seguir

CIUDAD SALITRE ESTA DESTINADA A CONVERTIRSE EN EL CENTRO DE VITALES MEGAPROYECTOS QUE LE CAMBIARAN LA FISONOMIA A SANTA FE DE BOGOTA.

LOS MAS FUERTES HALLAN ALLI EL ESPACIO Y LA INFRAESTRUCTURA PARA DESARROLLAR EL FUTURO A SUS ANCHAS.

PIENSE EN GRANDE. PIENSE EN CIUDAD SALITRE. CON EL RESPALDO DE FIDUCIARIA CENTRAL.



Filial B.C.H.
Pensando en grande

Las direcciones de la Filial son de acceso y no de reserva. Foto: Imágenes Imaginal



...AHORA
LA NUEVA
LA TARJETA
GRANAHORRAR
LLAVE UPAC
ESTA...
MAS
CERCA
...DE CADA
REGION,
MAS CERCA
DE SU
CORAZON!

...Más Cerca de nuestras raíces, de las montañas, los valles, las costas y los sueños. Más Cerca, de la tierra que posee nuestros sentimientos e ilusiones más profundas. Más Cerca de cada lugar de esta maravillosa tierra colombiana.



Granahorrar
 CORPORACION GRANCOLOMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA
 Usted nos tiene a nosotros

DISEÑADA PENSANDO EN SU TIERRA!



Young & Rubicam

REGULADO SUPERINTENDENCIA BANCARIA

USARLA EN ESTABLECIMIENTOS
 AFILIADOS NO LE VALE NADA

