



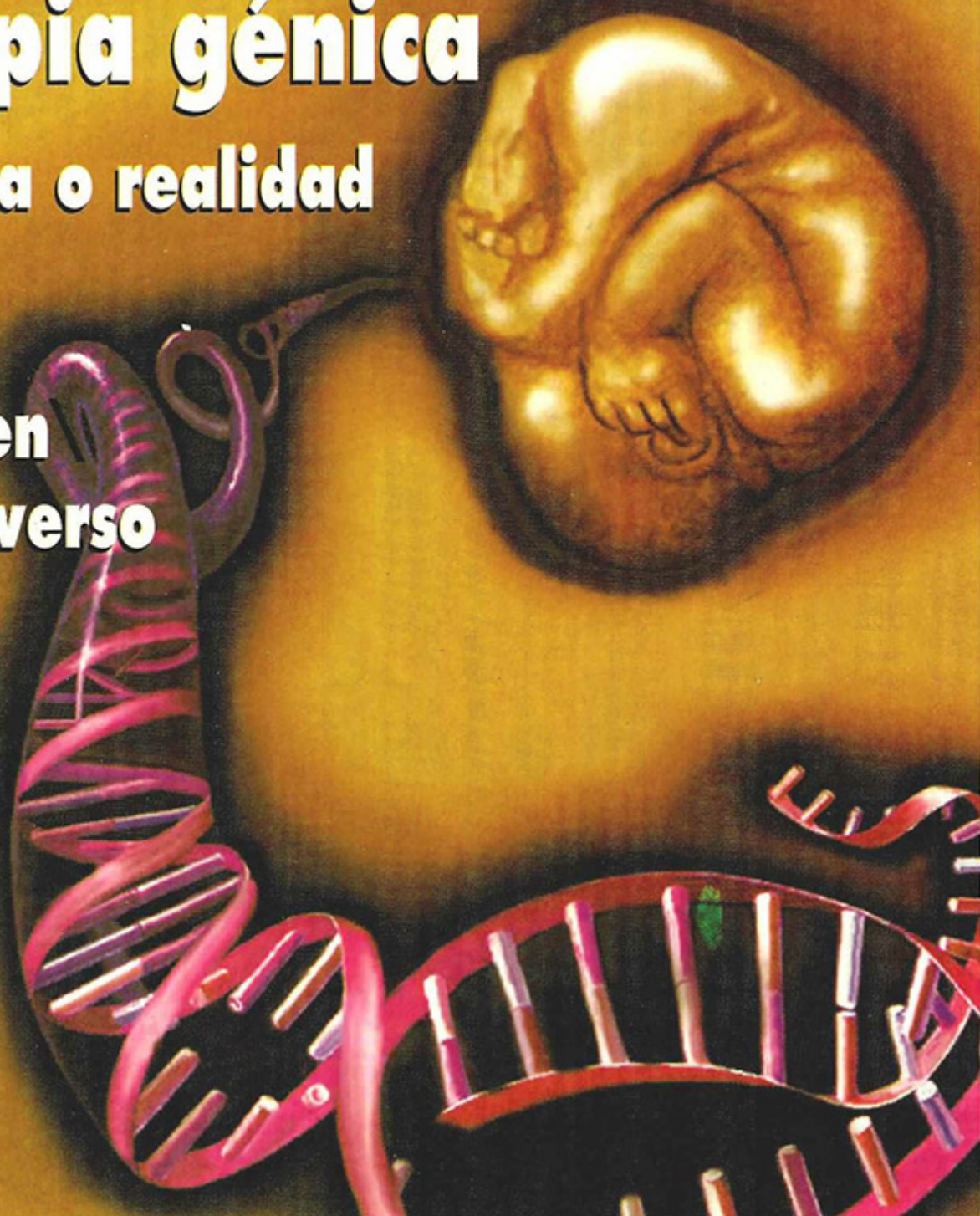
# Innovación y Ciencia

VOLUMEN III, Nº 2, 1994

## Terapia génica

Fantasia o realidad

El origen  
del universo



# ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



CONTRIBUCIÓN AL ESTABLECIMIENTO DE  
LA LEGISLACIÓN EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA

Programa Nacional de Estímulos a los investigadores

ESTÍMULOS A LOS AVANCES DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Premio Nacional al Mérito Científico

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

SERVICIOS A LA COMUNIDAD  
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Divulgación e información

. Boletín Informativo

. Revista Innovación y Ciencia

. Administración de proyectos de investigación



ACTIVIDADES CIENTÍFICAS JUVENILES

Expociencia Juvenil: Feria de la Creatividad

Encuentro con el Futuro

Estímulos a la creación de clubes de ciencia y creatividad

FOMENTO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS  
CIENTÍFICOS

Programa Interciencia de Recursos Biológicos Nuevos o  
Subutilizados, PIRB

Centro Nacional de Ciencia y Tecnología



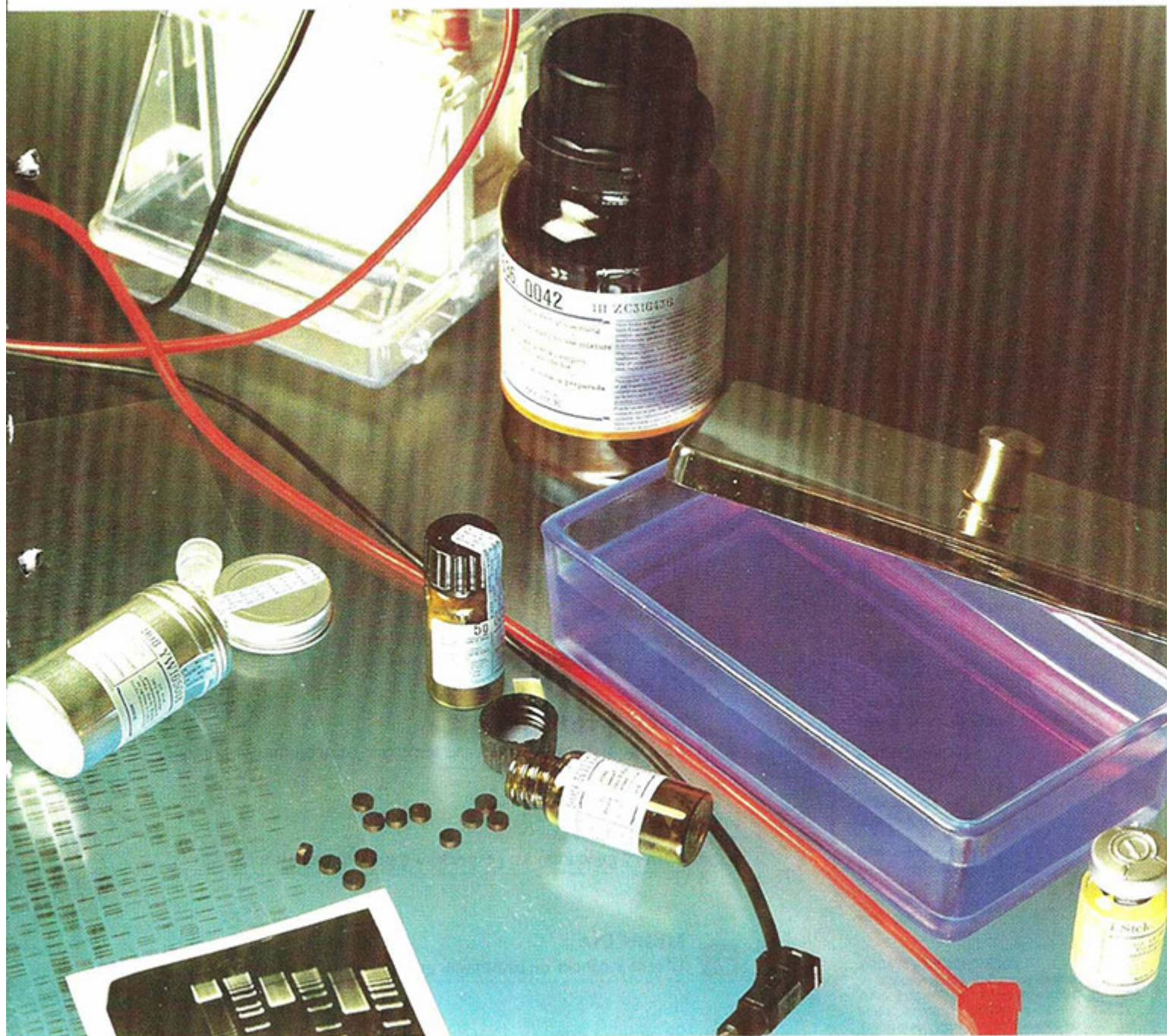
CONVENCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL

EXPOCIENCIA:

Feria internacional de la ciencia y  
las innovaciones tecnológicas

# Electroforesis

Sales, aditivos, detergentes, tampones, soluciones de tinción e identificación, reactivos para hibridación de ácidos nucleicos, estándares de referencia y mucho más.



Todo reunido bajo un mismo nombre:

**MERCK**



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

JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1993-1995

PRINCIPALES

Eduardo Posada **Presidente**  
Fabio Chaparro **1º Vicepresidente**  
Margarita Botero **2º Vicepresidente**  
Jaime Ahumada **Secretario**  
Carlos Corredor **Tesorero**  
Alberto Ospina **Vocal**  
Paulo Orozco **Vocal**  
Guillermo Hoyos **Vocal**  
Raquel Frías **Vocal**

Asociación de Entidades del Sector  
Electrónico - ASESEL  
Centro de Investigaciones Oceanográficas  
e Hidrográficas - CIOH

Veedor

Marcelo Riveros

Directora Ejecutiva

Nohora Elizabeth Hoyos T.

Asesoría Editorial

Mauricio Pérez Gil

Jefe División de Publicaciones

Raquel Rodríguez G.

Comité Editorial

Nohora Elizabeth Hoyos T., Alberto Ospina T.,  
Eduardo Posada F., Raquel Rodríguez G.,  
Martha Patricia García

Consejo Editorial Internacional

Isabel Llano, Abdus Salam,  
José Fernando Escobar, Leon Lederman

Consejo Editorial Nacional

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

Diseño Gráfico e Ilustraciones

Olga Lucía Daza

Publicidad

Ana Lucía Melo P.

Fotografía

Super Stock, Gamma Sur, The Image Bank

Corrección de Estilo

Jorge Iván Cadavid

Digitación de textos

Elizabeth Contreras S.

Pre-prensa Electrónica

Zetta Comunicadores

Impresión

Témpera Impresores

DERECHOS RESERVADOS.

Prohibida su reproducción parcial o total sin  
autorización expresa del Consejo Editorial.

La publicación no es responsable legal  
del contenido de la publicidad de la revista.  
Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447  
del 9 de Octubre de 1992. ISSN 0121-5140.

Tarifa Postal Reducida. A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70.  
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581. Fax: 2216950.

Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.

BITNET: ACAC @ ANDESCOL.

Santafé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$ 3.500.

# CONTENIDO



## PORTADA

La terapia génica se ve como una gran alternativa para el tratamiento de los desórdenes genéticos conocidos como errores innatos del metabolismo.

## NOTA DEL EDITOR

OEA: liderazgo colombiano para la integración en ciencia y tecnología

7

## CORRESPONDENCIA

• Mensajes para INNOVACION Y CIENCIA

8

## NOTICIAS & COMENTARIOS

### FISICA

10 Físicos descubren el quark top en Fermilab

### PALEONTOLOGIA

14 La conquista de la superficie terrestre: ¿mucho más temprana?

### ECOLOGIA

18 Loras y guacamayas: ¿especies en peligro de extinción?

### MEDICINA

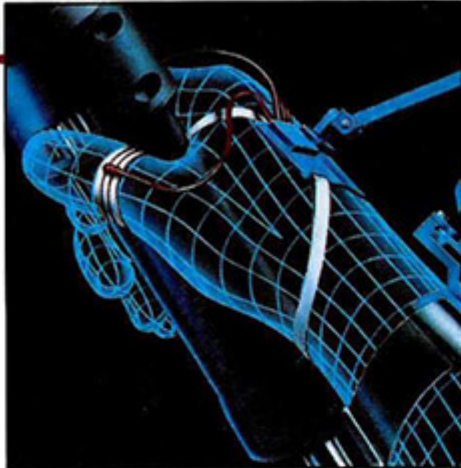
20 Ulcera y cáncer de estómago: ¿origen bacteriano común?

### EDUCACION

22 Ciencia, tecnología y cultura

# Innovación y Ciencia

Volumen III, N° 2 - 1994



## VISTAZOS

Ciencia y Tecnología

26

## ARTICULOS

### EPISTEMOLOGIA

¿Un problema insoluble de la inteligencia artificial?

28

### GENETICA

Terapia génica. Fantasía o realidad

34

### COSMOLOGIA

El origen del universo

44

### AGRONOMIA

Contribución del mejoramiento genético al desarrollo de la caficultura colombiana

50



## NOTICIAS ACAC

57

### INDUSTRIA

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial. Carrocerías El Sol

58

### NOVEDADES EDITORIALES

62

### NOVEDADES EN SOFTWARE Y EQUIPOS

Macintosh LC 575. El sistema Silverlink

64

**LEASING GANADERO**

# SE LE MIDE A TODO!

*LEASING GANADERO le arrienda, con opción de compra, todo lo que usted necesita para que su negocio se mueva en el aire, en la tierra o en el agua.*

*Sólo hable! Aquí nos entendemos.*

*Con su impulso y LEASING GANADERO, Colombia se crece!*



**LEASING  
GANADERO S.A.**

*Compañía de Financiamiento Comercial*

**LE ARRIENDA EL MUNDO ENTERO**



Cra. 7ª N° 71-52 Piso 9º Conmutador 312 2911 Fax 312 0540  
Santa Fe de Bogotá, D.C.



# NOTA DEL EDITOR

## OEA: liderazgo colombiano para la integración en ciencia y tecnología

Casi todos los países de América Latina viven en este momento un acelerado proceso de apertura económica, combinado, la mayoría de las veces, con la privatización de las más importantes empresas estatales. Todo ello está generando una profunda reforma estructural, cuyos efectos incidirán de manera trascendental en el futuro de nuestras sociedades. La esperanza unánime es que este proceso, sin duda irreversible, conduzca, después de los dolorosos e inevitables ajustes de la economía, al igual que en países de reciente industrialización, a un crecimiento económico acelerado y, por ende, a un mayor bienestar de nuestras naciones. Es bueno recordar, sin embargo, que el éxito de tales países se debió en buena parte a una política educativa clara y ambiciosa y a un enorme incremento de la inversión en ciencia y tecnología, que, en el caso de los llamados Tigres del sudeste asiático, se multiplicó por 30 en menos de 30 años. Sin esos dos ingredientes esenciales, podemos garantizar que, en estos lares, nunca pasaremos del nivel de orgullosos gatitos, gritones tal vez, pero nunca tigres.

El otro elemento de la ecuación, vital en un mundo tan cambiante como el actual, es el de la cooperación internacional en ciencia y tecnología (tanto sur-sur como norte-sur, como se ha dado en llamarla), que hoy, en el momento de la caída de las fronteras, debería ser mucho más fácil que en el pasado.

La pequeña comunidad científica latinoamericana ha dado desde hace mucho tiempo tímidos pasos en esa dirección, a través de la creación de redes o de centros regionales, como la Relab, el CIF, el CLAF u otras iniciativas similares, nacidas a menudo con el apoyo de la Unesco u otras agencias del sistema de Naciones Unidas. Paralelamente, entre todos los países del área existen variados convenios de cooperación científica y tecnológica, de muy limitada aplicación, y los grupos económicos regionales como Mercosur o el Grupo de los Tres han gestado pequeños programas de investigación

conjunta, a imagen y semejanza del programa Eureka de la Unión Europea, pero de un alcance muchísimo menor. El Programa Bolívar, de reciente creación, al igual que el programa Iberoeca, apoyado por el gobierno español, busca crear proyectos de colaboración entre industriales de diferentes países de la región, alrededor de proyectos de desarrollo tecnológico.

El balance global de muchas de esas iniciativas es aún limitado y reclama que se tomen medidas al respecto. Como de costumbre, pecamos de timidez en los planteamientos y seguimos sufriendo del complejo de inferioridad que tanto ha influido en nuestro subdesarrollo.

¿Por qué no pensar en grande y crear programas ambiciosos a nivel latinoamericano, dotados de presupuestos generosos, que permitan alcanzar resultados concretos a corto plazo, tanto en ciencias básicas como en tecnología y desarrollo industrial, y por qué no involucrar a Estados Unidos y Canadá, poseedores de un avance tecnológico envidiable? Entidades tales como Inter ciencia, la Academia de Ciencias de América Latina, o la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, gestora de la iniciativa de crear una Fundación Panamericana de Ciencia y Tecnología, pueden jugar un papel importantísimo en ese proceso.

Creemos, sin embargo, que la OEA es el organismo que por su naturaleza está llamado a asumir el liderazgo de la modernización del continente, promoviendo la cooperación internacional y el desarrollo de la educación, la ciencia y la tecnología. La reciente elección del presidente Gaviria en su Secretaría General abre una oportunidad única que sería gravísimo desaprovechar. Ojalá aquí ocurra también el indispensable revolcón, que permita sacar a tan venerable institución de su prolongado letargo.

EDUARDO POSADA F.  
NOHORA ELIZABETH HOYOS T.

# MENSAJES

Para Innovación y Ciencia

Santafé de Bogotá, mayo 27 de 1994

Respetados señores:

Estoy totalmente de acuerdo con la propuesta de acciones específicas expresadas en el artículo de los doctores Posada y Hoyos (INNOVACION Y CIENCIA, Vol. III, No. 1, 1994, p. 56) para la educación escolar formal, si se quiere implementar toda una táctica que le permita al país avanzar en ciencia y tecnología y lo lleve hacia más altos niveles de desarrollo.

Afortunadamente, la nación cuenta ya con la ley 115 de 1994 o Ley General de Educación, que es la más revolucionaria reforma educativa de la historia de Colombia. Dicha ley (llevada a discusión en el Congreso por la Fecode y respaldada multitudinariamente por el magisterio colombiano) concibe la educación como una fuerza productiva, basada en el conocimiento de lo más avanzado de la ciencia y la tecnología, dirigida al trabajo, a la producción, al desarrollo económico, mediante la unidad nacional y la defensa de la soberanía nacional. Creo que la Ley General de Educación permite desarrollar las propuestas de los doctores Posada y Hoyos, para los niveles de primaria y secundaria de la educación pública y privada colombiana.

Además del marco legal de la ley 115/94, si se quiere tener en la educación una palanca fundamental para el desarrollo del país, se hace necesario que el Gobierno reconozca al magisterio del sector oficial un salario profesional que dignifique su labor.

Atentamente,

**Lic. Guillermo Guevara Pardo**

Estimados señores:

Muy interesante el artículo sobre *Conexiones entre el estado del tiempo en regiones distantes*, de Edgard Cabrera y María Donoso. Los planteamientos expresados permiten prever la posibilidad de integrar grandes modelos sobre el comportamiento general del clima y obtener predicciones con mayor antelación sobre tendencias generales del clima, tal vez muy imprecisas en términos cotidianos pero de gran trascendencia para actividades de importancia nacional e internacional.

Desarrollar mecanismos de predicción de la probabilidad con que se podrían incrementar las temperaturas del océano Pacífico, sin duda sirve no sólo para predecir los volúmenes de pesca de la anchoveta, y con ello la elevación de los precios de las grasas y harinas de pescado; también puede anunciar el aumento del precio de los huevos y el pollo en la alimentación diaria y otros grandes efectos en las economías de la región Andina.

El confirmar la existencia de las teleconexiones climáticas y proponer los mecanismos que correlacionan fenómenos en extensas regiones permitiría definir pautas de manejo de las reservas de agua para acueductos, generación eléctrica y distritos de riego. Para tener una idea de la importancia del tema baste recordar los costos de todo tipo causados por el apagón y la baja producción de alimentos originada por los dos años secos que acompañaron en épocas pasadas a la anomalía climática del Niño. La financiación de un estudio que interrelacione los mecanismos oceanográficos y climáticos que permitan desarrollar predicciones certeras sobre años secos o húmedos, adelanto o atraso del periodo de lluvias y duración del mismo, sería de gran importancia económica y social.

Gracias por la atención que se sirvan prestar a la presente.

**Gonzalo Arango**  
A.A. 25985, Cali, Valle



**POR FIN  
EN  
COLOMBIA...**

La marca inglesa de más tradición y prestigio en:

- Copiadoras
- CopyPrinters
- VeloBind
- Impresoras Offset
- Copiadoras a color
- Duplicadoras
- Fax
- S.C.I. (Servicio de Copiado Integral / Renta de Equipos)
- Five Service (Servicio antes de 5 hs)

Gestetner calidad inglesa, única con el ya legendario Five Service de Gestetner gracias al cual, antes de 5 horas, si uno de nuestros equipos necesita servicio, acudirá un técnico Gestetner tan efectiva y puntualmente que usted...

**JAMAS TENDRA QUE  
LLAMAR DOS VECES!**



**GESTETNER COLOMBIA S.A.**

**BOGOTA:**

CALLE 69A No. 5-60 • CONMUTADOR: 3 460577  
VENTAS: 2 489527 - 2 487727 • FAX: 3 105698  
SERVICIO AL CLIENTE: 2 495271

**SERVICIO TECNICO:**

CALLE 32 No. 14-25 • TELS.: 2 880501 / 3949 / 4621  
BEEPER: 6 169900 CODIGO 516 • FAX: 2 885450

**MEDELLIN:**

CENTRO COMERCIAL "LOS SAUCES" LOCAL 201  
BLOQUE B • TELS.: 2 305246 - 2 301199 - 2 304539

**CALI:**

CALLE 28 NORTE No. 2 BIS-75 • TELS.: 670577  
613685 • FAX: 617994

**PEREIRA:**

AV. 30 DE AGOSTO No. 23-15 LOCAL 4  
• TEL: 250826



# Gestetner

English Quality - British Guarantee.

# Físicos descubren el quark top en Fermilab

La colaboración internacional de científicos trabajando en el Tevatrón, el acelerador de partículas elementales de mayor energía del mundo, dio a conocer a la prensa mundial, el pasado 26 de abril, el descubrimiento de mayor importancia en la física de esta década sobre la estructura de la materia: el **quark top**.

El descubrimiento se realizó en el Laboratorio Nacional Fermi (Fermilab), al oeste de Chicago, Estados Unidos, donde colaboran científicos de varios países del mundo, entre ellos Colombia con un grupo de la Universidad de los Andes.

El experimento CDF de Fermilab, colaboración de Estados Unidos, Italia y Japón, presentó la evidencia acumulada sobre la nueva partícula, sobre su producción en colisiones protón-antiprotón y sobre su masa. También el experimento D0, colaboración de Brasil, Colombia, Corea, Estados Unidos, Francia, India, México y Rusia, en el mismo laboratorio Fermilab, ha reunido ya siete eventos de quarks top.

La búsqueda del quark **t** (top) se emprendió hace 17 años, desde el descubrimiento de su pareja más liviana, el quark **b** (bottom), en el

mismo laboratorio Fermilab en 1977. De acuerdo con las leyes de la física, el hallazgo de entonces hizo necesaria la existencia del quark **t**, descubierto ahora.

Esa búsqueda del quark **t** no ha sido una empresa fácil: por cerca de 20 años ha concentrado los esfuerzos de miles de científicos del mundo entero, convirtiéndose en uno de los grandes desafíos de los físicos experimentales de altas energías. El top siempre escapó a la observación por los físicos en los más sofisticados experimentos. Esto debido a su enorme masa, que resultó estar muy por encima de lo esperado según los modelos matemáticos y la evidencia experimental acumulada.

La masa misteriosamente elevada del nuevo quark hizo imposible su hallazgo, a pesar de su intensa búsqueda durante tanto tiempo en diversos laboratorios internacionales como CERN (Suiza), DESY (Alemania), SLAC (California). Finalmente, en Fermilab, con las energías récord del Tevatrón, se logró ubicar al quark **t**. El CDF y el D0 en Fermilab son los únicos experimentos en el mundo que tienen la oportunidad de descubrir y estudiar esta nueva partícula. El porqué el quark **t** es tan masivo sigue siendo un misterio.

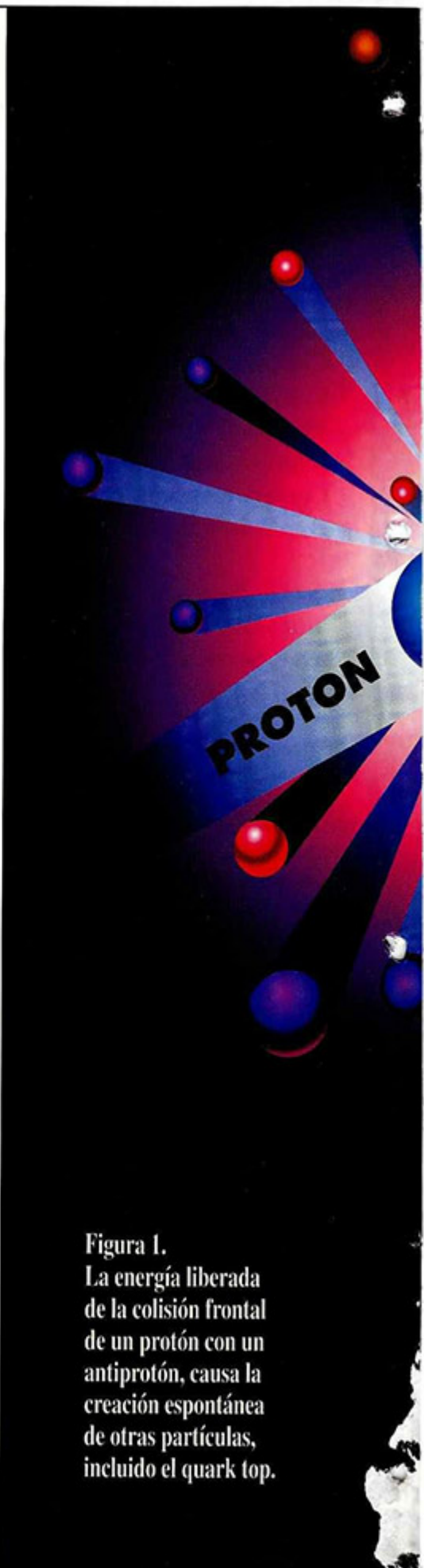
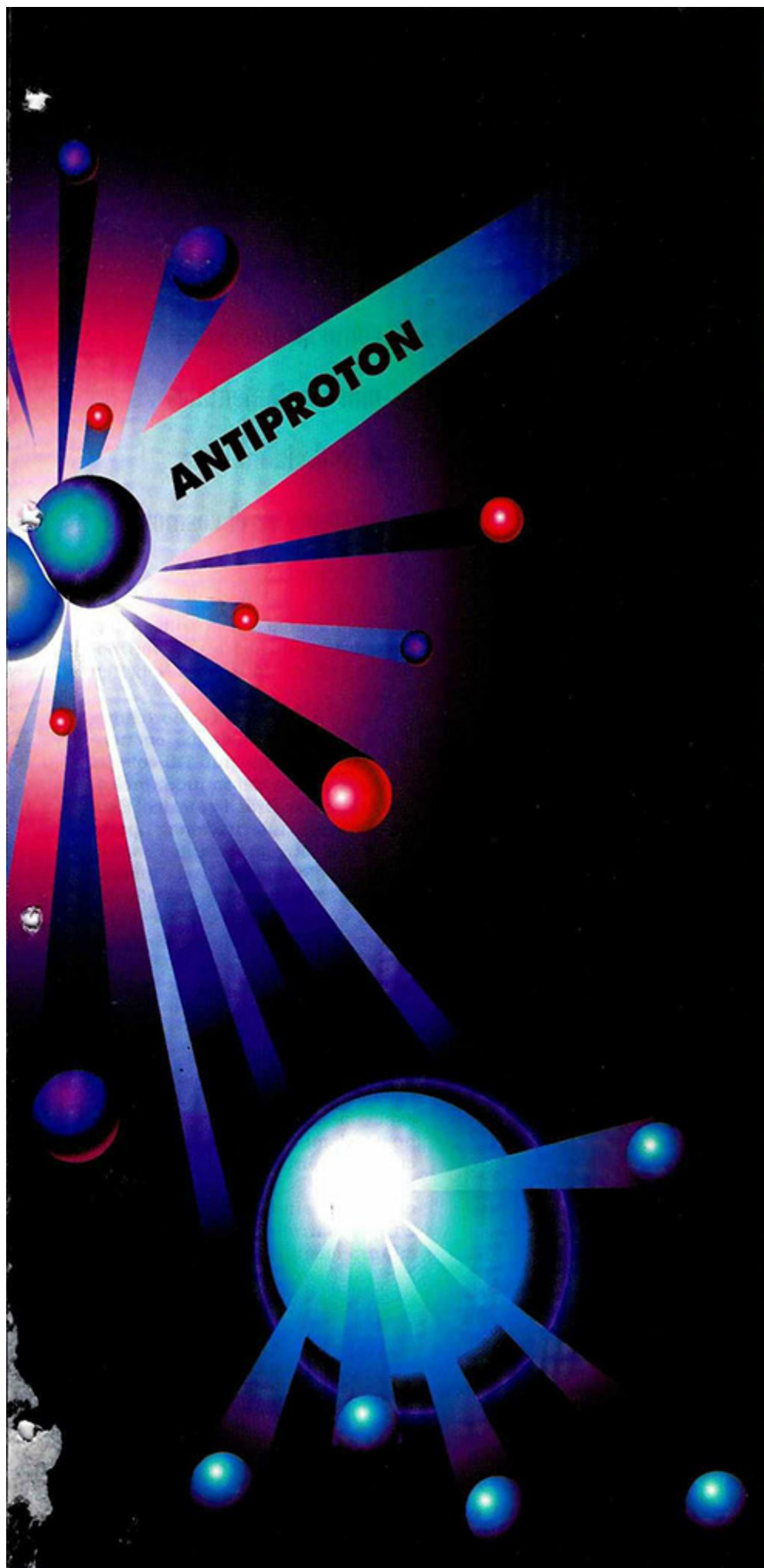


Figura 1.  
La energía liberada de la colisión frontal de un protón con un antiprotón, causa la creación espontánea de otras partículas, incluido el quark top.



rio, cuya solución puede llevar a una nueva era en la física. Su masa es unas 350 mil veces la del electrón y está cercana a la masa del átomo de oro.

El nuevo desafío para los físicos es investigar las propiedades de producción y decaimiento de la nueva partícula descubierta, para arrojar alguna luz sobre el origen de la masa.

### Descubriendo el quark $t$

El quark  $t$  fue descubierto en el Tevatrón, un anillo de seis kilómetros de circunferencia con mil poderosos electroimanes superconductores, que ponen a circular en un tubo al vacío haces de protones en una dirección y haces de antiprotones, la antimateria de los protones, en dirección opuesta.

Los científicos mantienen las partículas en las órbitas circulares mientras aumentan su velocidad, es decir, se aceleran, hasta alcanzar velocidades muy cercanas a la velocidad de la luz, trescientos mil kilómetros por segundo. En treinta segundos viajan ocho millones de kilómetros a esta velocidad.

En la colisión frontal de un protón con un antiprotón se produce la aniquilación de la materia, y de la energía concentrada en un punto del espacio surge gran cantidad de nuevas partículas exóticas y de corta vida, entre ellas el quark top (**figura 1**).

Las múltiples partículas producidas en estas colisiones son registradas e identificadas mediante detectores de partículas, los microscopios más poderosos y grandes del mundo. Estos instrumentos son sistemas muy complejos de cientos de miles de unidades de detección. Dos de estos detectores son precisamente el CDF y el D0, que registran las trazas producidas por las partículas, detectores que pesan unas 5000 toneladas y tienen el tamaño de un edificio de cuatro pisos.

Con la ayuda de electrónica sofisticada y computadores, los investigadores almacenan la información sobre los procesos de colisión en cintas magnéticas para estudiarlos luego científicamente, analizando cada proceso con el fin de descubrir los nuevos fenómenos que exhibe la naturaleza en estas fronteras de altas energías, fenómenos como la producción del quark *t*.

### Las partículas elementales

El quark *t* es el sexto y último de los quarks que existen en el universo, de acuerdo con la evidencia experimental reciente, proveniente de CERN, el mayor laboratorio europeo. Los quarks, junto con los leptones, son considerados por la física moderna como las partículas más fundamentales de toda la materia existente en el cosmos. Los otros cinco quarks, conocidos desde hace algún tiempo, son los quarks *up*, *down*, *strange*, *charm* y *bottom* (figura 2). Los primeros dos quarks constituyen partículas más pesadas, como los protones y los neutrones.

### La participación de Colombia

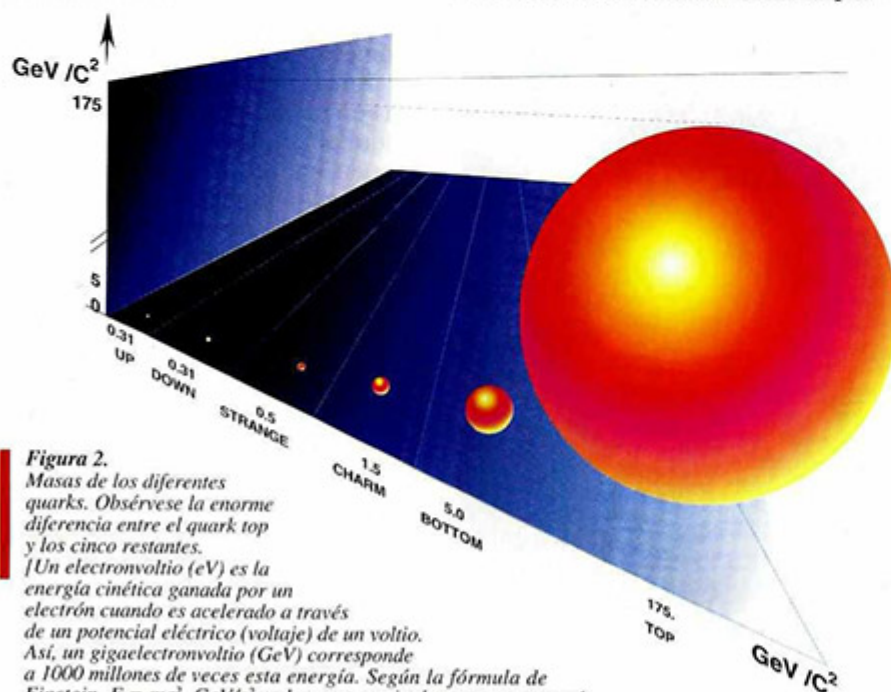
Varios físicos del Departamento de Física de la Universidad de los Andes en Bogotá trabajan como investigadores en el experimento D0 de Fermilab, uno de los dos experimentos que estudian el quark *top*. Este grupo es coordinado por Juan Pablo Negret e incluye la participación de Bernardo Gómez, Bruce Hoeneisen, Daniel Mendoza, Plamen Nechev, Oscar Ramírez, José M. Rolando Roldán, Alvaro Serna y Manuel Zanabria. Los investigadores visitan Fermilab por algunos meses cada año para ayudar a montar y correr el experimento, y al volver a Colombia traen datos en cintas magnéticas para analizarlos por computador.

Esta fructífera colaboración con Fermilab se inició en 1988. Desde 1991 el grupo de la Universidad de los Andes es miembro oficial del experimento D0. Colciencias y la Universidad de los Andes han ayudado a financiar esta participación. Es un orgullo para Colombia esta actividad científica de tanta impor-

Los quarks, junto con los leptones, son considerados por la física moderna como las partículas más fundamentales de toda la materia existente en el cosmos.

tancia, teniendo en cuenta que el descubrimiento del quark *top* podría significar un premio Nobel en Física.

Además de los físicos norteamericanos, los colombianos encuentran en el experimento D0 colegas de otros países del mundo, incluidos Argentina, Brasil y México. Esta colaboración internacional aporta beneficios muy importantes para la ciencia colombiana. Así, merece destacarse que se ha logrado demostrar cómo la actividad científica en temas tan fundamentales como las partículas quarks, sí puede realizarse con éxito por grupos de científicos colombianos, participando en los proyectos más avanzados y desafiantes de la ciencia moderna. El grupo del Departamento de Física de la Universidad de los Andes está contribuyendo a lanzar de lleno a Colombia en el ambiente de la ciencia internacional para ampliar los horizontes a las nuevas generaciones. En síntesis, está ayudando en el desarrollo de una auténtica cultura científica en el país.



**Figura 2.**

Masas de los diferentes quarks. Obsérvese la enorme diferencia entre el quark *top* y los cinco restantes.

[Un electrón voltio (eV) es la energía cinética ganada por un electrón cuando es acelerado a través de un potencial eléctrico (voltaje) de un voltio. Así, un gigaelectrón voltio (GeV) corresponde a 1000 millones de veces esta energía. Según la fórmula de Einstein,  $E = mc^2$ ,  $GeV/c^2$  es la masa equivalente a una energía de 1 GeV. Esta es la unidad estándar que utilizan los físicos para medir la masa de las partículas elementales.]

.....

**Bernardo Gómez**  
**Juan Pablo Negret**  
**José M. Rolando Roldán**  
 Universidad de los Andes,  
 Departamento de Física



## **NEGOCIOS SIN FRONTERAS**

La Internacionalización de la economía ya ha tomado vuelo y usted está en el negocio donde las oportunidades se aprovechan en el momento preciso. Por eso usted debe contar con un banco experto en Banca Internacional, que le preste asesoría, que tenga la agilidad necesaria en el momento de hacer los trámites de importación, exportación, cartas de crédito, cambio de divisas, etc. y que "vuele" a atender sus necesidades en el momento que usted lo requiera. Acérquese al Banco Popular y realice negocios sin fronteras.



# La conquista de la superficie terrestre: ¿mucho más temprana?

La gran diversidad y exuberancia de formas de vida existentes en la actualidad, hacen difícil pensar que nuestro planeta haya pasado larguísima períodos con las superficies de sus continentes estériles e incluso hostiles a cualquier forma de vida. De hecho, a pesar de la larga historia de nuestro planeta (4500 millones de años) y de la relativa pronta aparición de la vida (hace unos 3500 m. de a.), sólo hasta hace unos 500 m. de a., se cree, se inició una lenta pero inevitable invasión de plantas y animales a las superficies terrestres de los continentes de entonces. Siempre se ha dicho que esta tardía invasión obedeció a los complejos ajustes necesarios para abandonar un medio seguro —el agua— por uno extraño e inhospitalario.

En un reciente número de *Science*, dos investigadores norteamericanos dicen haber encontrado evidencias sobre una posible invasión de la vida en la superficie terrestre muchísimo tiempo antes de lo aceptado. Estos investigadores encontraron indicios de organismos fotosintetizadores, como bacterias o algas verdeazuladas, en rocas cuyas edades oscilan entre 800 y 1200 m. de a. Esto colocaría

un importante acontecimiento —la invasión de la vida en medios no marinos— entre 300 y 700 m. de a. más temprano de lo aceptado. De comprobarse, este descubrimiento podría mostrar una dinámica diferente en los patrones y procesos de la evolución de los organismos en la biosfera, y cambiar nuestra perspectiva sobre las tempranas estrategias y adaptaciones de especies pioneras.

## La historia de la vida en la Tierra

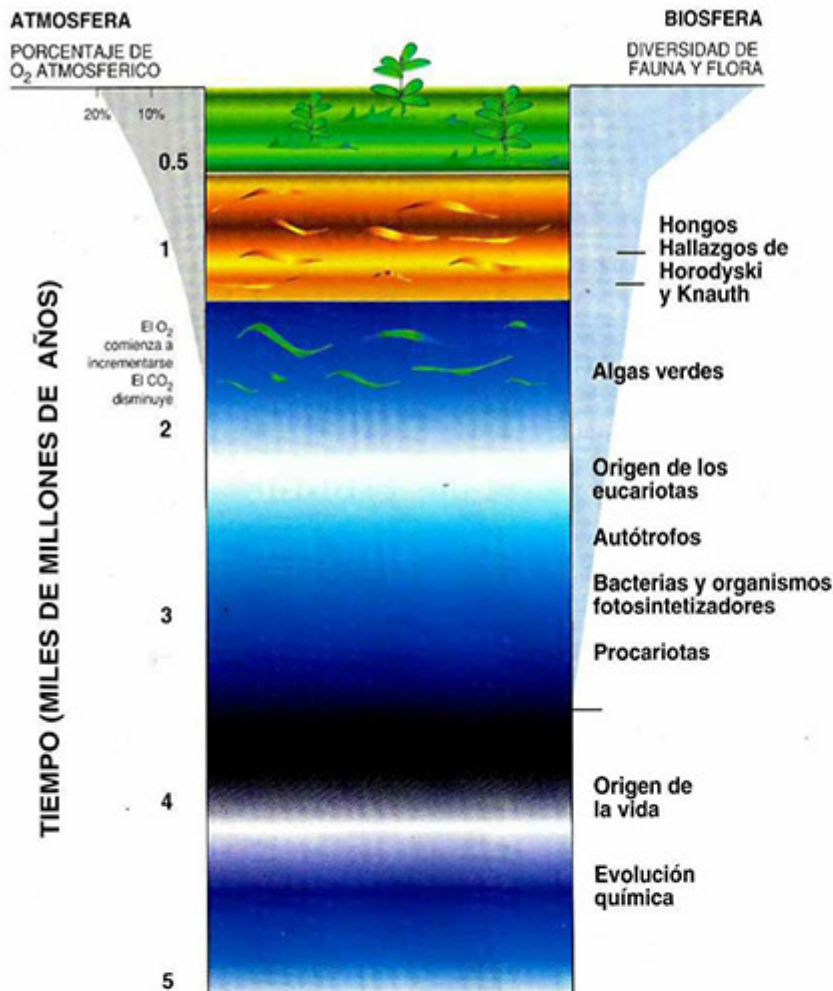
Antes de detallar un poco más el descubrimiento, hagamos una rápida ojeada sobre los principales acontecimientos de la vida en la Tierra (**figura 1**). Esto nos permitirá ubicar mejor la importancia del hallazgo aquí reseñado. La Tierra surgió hace unos 5000 m. de a., y su estructura interna se consolidó aproximadamente 500 m. de a. después. En esta época se inició un gran proceso de liberación de gases del interior del planeta. La atmósfera primitiva carecía de oxígeno (o su presencia era insignificante), y esta carencia duró alrededor de 2000 m. de a., cuando, debido precisamente a la actividad fotosintetizadora de los organismos vivos, el oxígeno comenzó a incrementarse.

De comprobarse, este descubrimiento podría cambiar nuestra perspectiva sobre las tempranas estrategias y adaptaciones de especies pioneras a la superficie terrestre.

---

Los primeros procesos de sedimentación datan de aproximadamente 4000 m. de a., y, después de un largo proceso de evolución química (abiogénica), surge la vida, en el mar, hace unos 3500 m. de a. A partir de este momento se encuentra grafito de posible origen orgánico, y hace alrededor de 3000 m. de a. ya existen organismos heterótrofos y autótrofos; estos últimos indican la adquisición de un importantísimo mecanismo de transformación y almacenamiento de energía: la fotosíntesis. En esta época comienza el lento proceso de multiplicación y enriquecimiento de las formas de vida, primero bajo la forma de microorganismos marinos, todos ellos procariotas (sin núcleo diferenciado).

Entre éstos se detectan bacterias y algas verdeazuladas. En los 1000 m. de a. siguientes se acumulan progresivamente carbonatos y formaciones de hierro en bandas en la litosfera; la biosfera se enriquece con estromatolitos, diversidad de bacterias y algas, incluidas las filamentosas. Desde hace unos 2000 m. de a. comienzan a acumularse pequeñas cantidades de oxígeno li-



**Figura 1.** Tradicionalmente se ha pensado que la vida colonizó la superficie terrestre hace unos 500 millones de años, pero, de comprobarse los recientes hallazgos de Horodyski y Knauth, este acontecimiento habría ocurrido 300 a 700 millones de años más temprano. (Modificada de H.L. Levin, *The Earth Through Time*. Saunders College Pub., 1991.)

bre en la atmósfera, gracias al progresivo aumento de organismos autótrofos en los mares y cuerpos de agua de aquellas épocas. En la litosfera aumentan los carbonatos, y las bandas de hierro dan paso a los lechos rojos; la evolución sigue su lento proceso y en algún momento surgen los eucariotas (organismos con núcleo). Hace cerca de 1000 m. de a. el oxígeno es ya un gas en incremento, contrariamente al dióxido de carbono que comienza a disminuir en la atmósfera; bien pronto surgen las algas verdes y los hongos. Hace unos 700 m. de a. existen ya ricas faunas de invertebrados en varios lugares del mundo, como la interesante fauna del ediacara australiano. El cámbrico es escenario de una rica explosión de formas de vida, a partir de la cual surgen mu-

chas de las grandes divisiones del reino animal, los *phylum*. Los primeros vertebrados datan de aproximadamente 470 m. de a. atrás, en forma de arcaicos peces sin mandíbula.

El importantísimo paso de colonizar la superficie terrestre se dio —de acuerdo con nuestros actuales conocimientos— hace unos 500 m. de a., probablemente primero en costas, ríos y cuanta formación acuosa existiera sobre islas y continentes. Un primer réto enfrentado fue el de pasar del medio marino al dulce acuícola; el siguiente, prosperar sobre las estériles rocas de las superficies terrestres, ante climas inclementes y fuertes radiaciones. Como sea, se piensa que las algas clorófitas lograron los prime-

ros pasos de esta conquista, "preparando" el terreno para futuras hordas de posteriores y exitosas plantas, bien equipadas para las vicisitudes de vivir lejos de los cálidos ambientes marinos o dulce acuícolas. Además de la conquista de aguas dulces, las algas verdes comparten con las plantas terrestres la posesión del mismo pigmento fotosintetizador y la producción del mismo tipo de carbohidratos durante la fotosíntesis.

Los primeros restos claros de plantas terrestres corresponden a psilófitos de rocas del silúrico medio, hace unos 420 m. de a. Aunque eran plantas pequeñas y muy simples, ya estaban bien equipadas para la vida en el nuevo ambiente, gracias a un sistema vascular y otros ajustes. Antes de estas plantas seguramente existieron otras, quizá más simples. Después de todo, parece que antes, en el ordovícico, algunos invertebrados se aventuraban ya fuera de las seguras aguas, como ciertos milípedos (artrópodos).

En el devónico surgen muchas formas en los ambientes terrestres, y existe ya gran cantidad de especies de plantas y animales que hacen parte de la historia de la vida que mejor conocemos, desde la era paleozoica hasta la actualidad.

## Los nuevos descubrimientos

Los eventos que acabamos de resumir podrían sufrir importantes ajustes, de confirmarse el reciente hallazgo de Robert J. Horodyski, especialista en microfósiles de la Universidad de Tulane en Nueva Orleans, y L. Paul Knauth, geólogo de la Universidad Estatal de Arizona. En rocas encontradas al nororiente de Phoenix, Arizona, y cerca del Valle de la Muerte, al suroccidente de Las Vegas, observaron contenidos de carbón que indican una significativa presencia de organismos fotosintetizadores, probablemente algas verdeazuladas o bacterias filamentosas. Ambos sitios corresponden a suelos no marinos o no acuosos. Los autores comentan que "si la tierra estuvo continuamente

ocupada por vegetales entre hace 1200 y 800 m. de a., esto podría representar un sustancial intervalo durante el cual podrían haber ocurrido innovaciones evolutivas sobre la superficie terrestre”.

La idea existente sobre la evolución de la vida en la tierra indicaba que gran parte de la historia de la vida transcurrió en los mares, en contraste con continentes e islas desolados. Horodyski y Knauth, investigando en las antiquísimas rocas de Arizona (1200 m. de a.) y en las más recientes de California (800 m. de a.), encontraron una fuerte caída en el carbono 13, una forma pesada del carbono relacionada con el carbono 12, usualmente asociado a actividades y funciones biológicas. En las rocas de dolomita los investigadores encontraron estructuras semejantes a filamentos (¿de bacterias?) formando aglomeraciones.

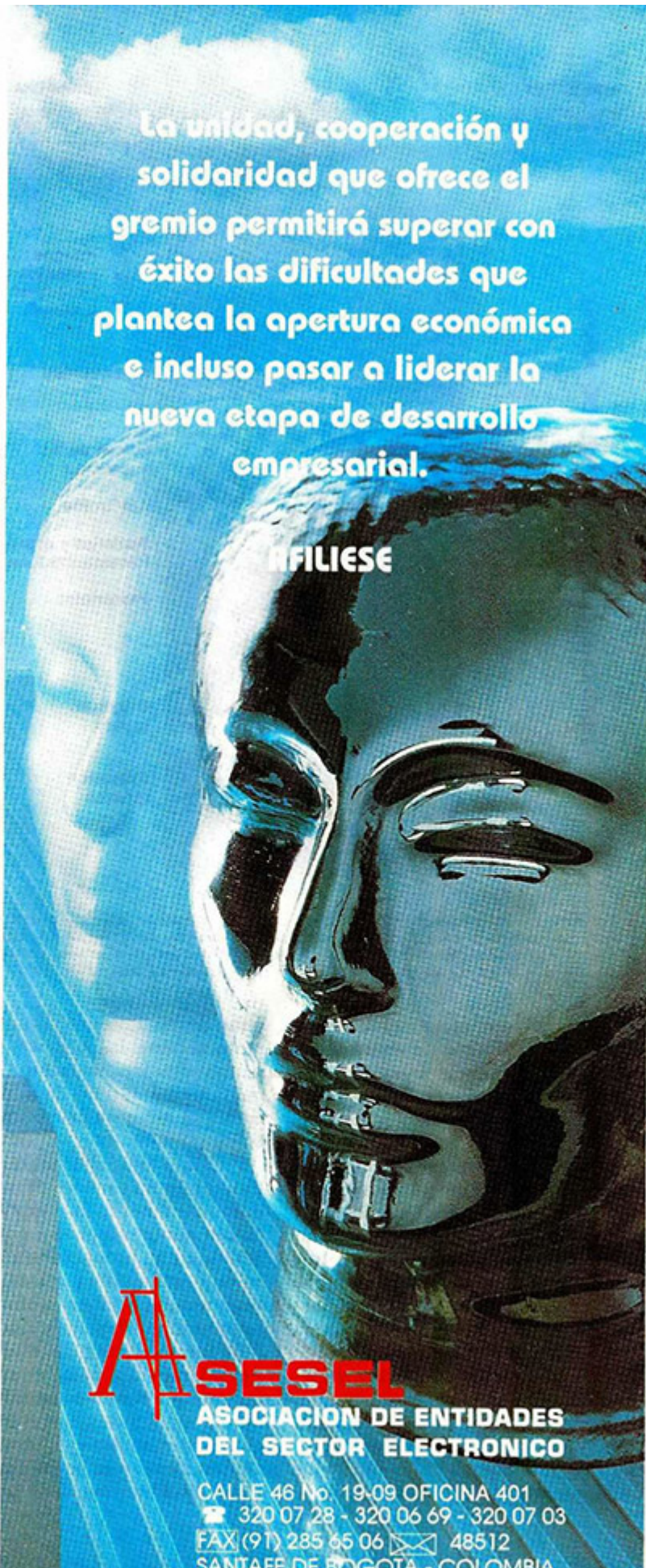
Es necesario confirmar que esas dos localidades no fueron oceánicas en el momento de formarse y depositarse el carbono. Horodyski cree que las evidencias del carbón implican formaciones vegetales extensas sobre la superficie terrestre. Admite que no han encontrado evidencias de algo más complejo que algas (o bacterias), pero invita a especular sobre los primeros seres que se aventuraron a arrastrarse desde el mar hasta esas ricas “pasturas” para alimentarse.

Si existían ya esos “microbosques” de algas en tiempos tan remotos, probablemente algunos artrópodos fueron los primeros en aventurarse para darse su primer festín, iniciando el primer episodio de herbivoría y predación sobre la superficie terrestre.

Han transcurrido 1000 millones de años y los actores del mismo drama son mucho más refinados y variados. Pero el escenario ha cambiado.

.....

**Fernando Fernández**  
Programa Re-Creo  
Universidad Nacional



La unidad, cooperación y  
solidaridad que ofrece el  
gremio permitirá superar con  
éxito las dificultades que  
plantea la apertura económica  
e incluso pasar a liderar la  
nueva etapa de desarrollo  
empresarial.

**AFILIARSE**

**A SESEL**

**ASOCIACION DE ENTIDADES  
DEL SECTOR ELECTRONICO**

CALLE 46 No. 19-09 OFICINA 401  
☎ 320 07 28 - 320 06 69 - 320 07 03  
FAX (91) 285 65 06 ✉ 48512  
SANTAFE DE BOGOTA - COLOMBIA

" Es el agua la vida y  
la vida debemos salvar... "



Corona presenta



El nuevo sanitario de  
Bajo Consumo de Agua

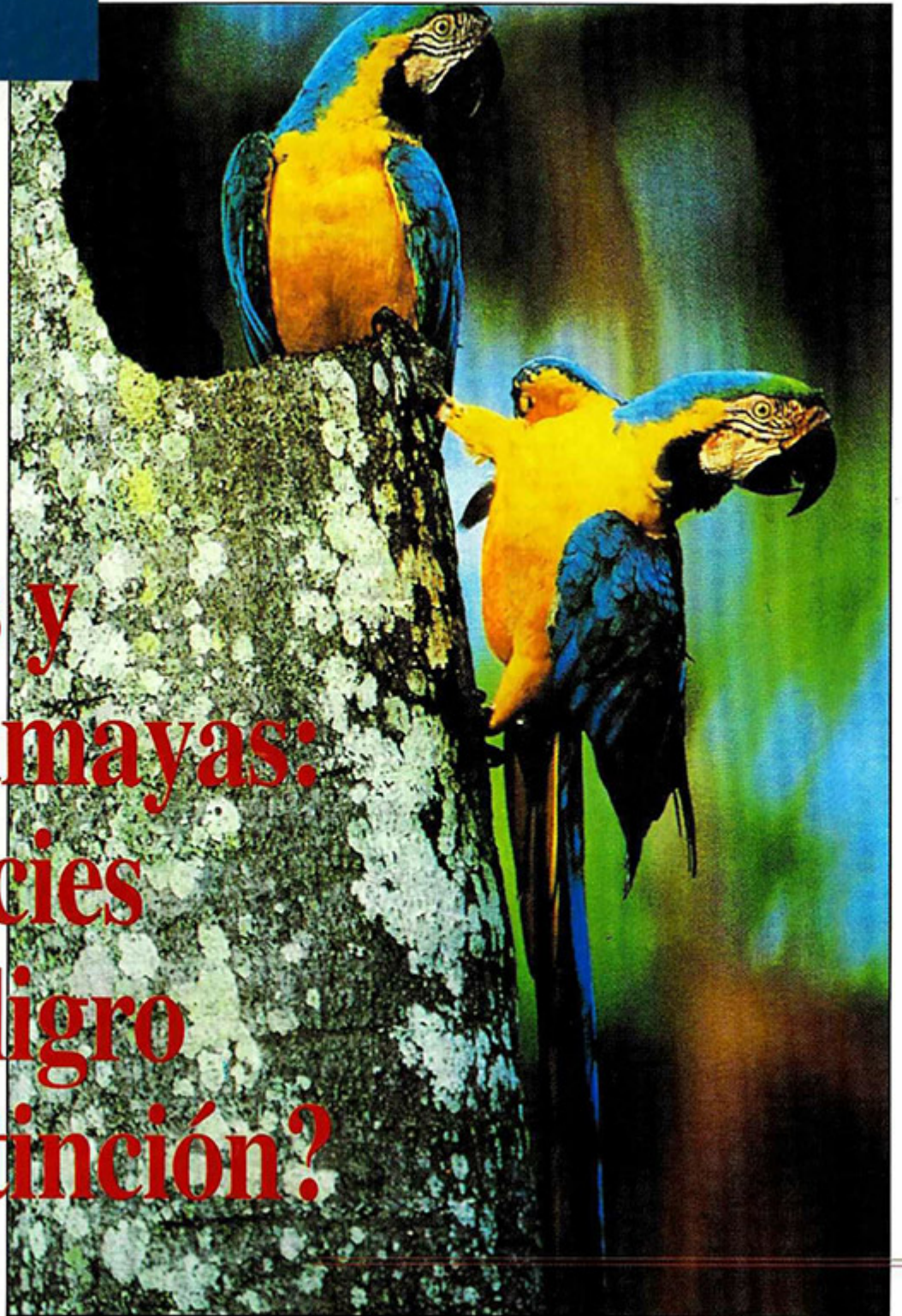


- Ahorra agua.
- Ahorra dinero.
- Por su precio es un producto ideal para vivienda económica.
- Diferentes colores que permiten crear bellos ambientes.



Para mayor información visite los distribuidores y salas de venta Corona

**Loras y  
guacamayas:  
¿especies  
en peligro  
de extinción?**



Colombia es reconocido actualmente por la comunidad científica como uno de los países con mayor diversidad biológica, debida a factores tales como la posición en el trópico, la influencia de dos océanos, un complejo sistema orográfico, una amplia red hidrológica, una gran variedad de climas, la influencia de los vientos alisios, la presencia del fenómeno del Niño, la condición de sitio de intercambio de fauna y flora entre Centro y Suramérica, la diversidad de hábitats natura-

**Por lo menos  
un 60%  
de las aves  
capturadas en su  
hábitat natural  
muere antes  
de llegar a  
su destino.**

les, etc., que contribuyen a un proceso de especialización y por ende a un alto endemismo. Nuestro país ocupa el primer lugar en diversidad de aves, el segundo en anfibios, el tercero en primates, reptiles y mariposas, y el cuarto en mamíferos.

Pero este enorme potencial biológico se ve seriamente amenazado por la tala indiscriminada de bosque primario, calculada actualmente en 600.000 hectáreas por año. Se estima, además, que por cada hectárea de bosque húmedo tropical existen aproximadamente 250 especies vegetales y por cada 12 especies vegetales hay más de 200 especies animales (Idrobo, 1994). No es exagerado, entonces, suponer que innumerables especies animales ya han desaparecido.

Según el informe de la Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Cites), en la década de los ochenta se decomisaron en los Estados Unidos 76 especies de animales provenientes de Colombia, de las cuales 13 pertenecían a la familia *Psittacidae*, a saber: *Amazona aestiva*, *A. amazonica*, *A. barbadensis*, *A. farinosa*, *A. finschi*, *A. ochrocephala*, *Ara ararauna*, *A. chloroptera*, *A. macao*, *A. severa*, *Brotogeris chrysoptera*, *B. cyanoptera*, algunas de ellas declaradas especies en peligro de extinción. Esta es tan sólo una muestra parcial del comercio ilegal de aves silvestres, ya que la gran mayoría de los ejemplares exportados no se registra ni se decomisa.

Estudios realizados en Estados Unidos determinaron que por lo menos un 60% de las aves capturadas en su hábitat natural muere antes de llegar a su destino. De las 400.000 aves introducidas en ese país durante 1992, más de la mitad están consideradas en vía de extinción.

En Colombia, los *Psittacidae* (guacamayas, loros, pericos, etc.) son perseguidos por cazadores, colonos e indígenas, quienes los utilizan como fuente de proteína animal y de adornos típicos, o los capturan vivos y los transportan en precarias condiciones, alimentándolos con dietas inapropiadas, para posteriormente comercializarlos como mascotas que llegan a costar hasta 20.000 dólares en Estados Unidos y la Comunidad Europea.

La información anterior hace pensar en el peligro inminente en que se encuentran los *Psittacidae*. Por tal razón, es preciso emprender estudios específicos que consideren aspectos como: estrategias reproductivas, dieta alimentaria y algunas consideraciones ecológicas, que permitan conocer los procesos naturales propios de estas poblaciones, con miras a propender por su protección y conservación.

Con este propósito hemos elaborado un proyecto destinado a estudiar y proteger las especies mencionadas, para así garantizar un manejo sustentable.

La investigación preliminar se llevaría a cabo en los Llanos Orientales, serranía de La Macarena y Amazonia colombiana, para posteriormente implementar, con la financiación adecuada, un programa a largo término.

.....

**José G. Castro Ramírez**  
Biólogo Universidad Nacional  
de Colombia

**Edgar A. Moyano P.**  
Biólogo Universidad Nacional  
de Colombia



## Úlcera y cáncer de estómago:

# ¿Origen bacteriano común?

• Una vez más  
• se confirma el  
• increíble potencial  
• del hallazgo  
• inesperado y su  
• enorme significación  
• para el quehacer  
• científico.

**D**urante los últimos 100 años, los médicos han explicado a los enfermos de úlcera que la causa de ésta es, en la mayoría de los casos, el estrés. En situaciones de tensión y ansiedad, el organismo humano produce un exceso de ácido gástrico, el cual causa lesiones en el tejido que recubre el interior del duodeno (úlceras duodenales) o del estómago (úlceras gástricas).

Sin embargo, en 1983 dos investigadores australianos, los doctores Barry J. Marshall y J. Robin Warren, observaron la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* en individuos con inflamación del estómago y plantearon la posibilidad de que estuviera relacionada con la aparición de gastritis y úlceras. El informe fue recibido con escepticismo —la profesión médica se caracteriza por su rigor a la hora de exigir evidencia significativa—, pero no rechazado, pues daba lugar a preguntas válidas: ¿el microorganismo proliferaba solamente después de la aparición de la úlcera o se encontraba presente con anterioridad? ¿Existía una relación causa-efecto y, en caso afirmativo, podría tratarse la dolencia con antibióticos?

Tras una década de investigación e intenso debate, un panel independiente de médicos especialistas presentó sus conclusiones en una conferencia organizada por los Institutos Nacionales de Salud en Bethesda, Maryland, el pasado mes de febrero: *H. pylori* está involucrada en el desarrollo de gastritis y algunos tipos de úlceras, y por tanto estas afecciones pueden tratarse con antibióticos y posiblemente prevenirse mediante una vacuna. No obstante, los expertos alertan sobre el riesgo de prescribir antibióticos de manera inadecuada, lo cual puede contribuir a la aparición de variedades resistentes de la bacteria.

*H. pylori* es una bacteria común en todo el mundo, pero es más abundante en los países en vía de desa-

rollo y, en general, en poblaciones con un nivel socioeconómico bajo. No existe todavía certeza sobre su mecanismo de transmisión, pero, puesto que se encuentra en las heces, se sospecha que puede ocurrir contagio por contactos persona a persona.

Aunque el microorganismo causa inflamación crónica de las paredes del estómago o del intestino alto, no todos los portadores desarrollan úlceras, lo cual podría indicar, según afirma el doctor Martin Blaser, director del Departamento de Enfermedades Infecciosas de la Universidad de Vanderbilt, que tanto el ácido gástrico como la bacteria son condiciones necesarias pero no suficientes para la aparición de úlceras. La secuencia de eventos que conduce a la formación de una úlcera no se ha establecido aún. Lo que sí está comprobado es la correlación bacteria-enfermedad. La tasa de recurrencia de la misma, en pacientes tratados para *H. pylori* (que no utilizan medicamentos susceptibles de inducir úlceras), es inferior al 5%, mientras que en aquellos que

reciben solamente el tratamiento convencional (medicamentos que bloquean la producción de ácido), la tasa de recurrencia es cercana al 75%.

La importancia del hallazgo descrito es indudable, pero algunas de sus implicaciones resultan francamente prometedoras. En la conferencia de Bethesda se presentaron tres estudios que parecen apuntar a la existencia de una conexión entre *H. pylori* y el riesgo de desarrollar cáncer del estómago. Investigadores ingleses y alemanes aportaron evidencia de quince pacientes con un tipo poco frecuente de linfoma gástrico, conocido como MALT, el cual desapareció después de la terapia antimicrobiana, y el doctor David Y. Graham, gastroenterólogo del Veterans Administration Medical Center en Houston, declaró haber observado resultados similares en cuatro de sus pacientes.

Según el equipo investigador inglés, parece ser que la bacteria promueve indirectamente el crecimiento de células cancerosas, estimulando la producción de citocinas (en particular la IL-2) por parte de las células T del sistema inmunológico. A su vez, la mayoría de los investigadores involucrados considera poco probable que la bacteria sea la causante única del cáncer, la úlcera o la gastritis. Prevalece la creencia de que estas enfermedades podrían ser resultado de una secuencia de eventos que incluye la intervención de *H. pylori* en una fase temprana y decisiva. De ser así, existiría la posibilidad de bloquear su desarrollo mediante la eliminación de la bacteria.

Obviamente, se hace indispensable llevar a cabo experimentos controlados a gran escala, pero,



*Helicobacter Pylori.*

como muy acertadamente lo expresó la doctora Julie Parsonet, especialista en *H. pylori* de la Universidad de Stanford, los descubrimientos realizados pueden proporcionar claves para la comprensión de los mecanismos del cáncer y abrir la puerta a nuevas líneas de investigación de los tipos más comunes de la enfermedad.

Si los estudios posteriores confirman la "conexión *H. pylori*", el cáncer de estómago sería el primer desorden de carácter maligno que podría ser prevenido mediante el tratamiento de una infección bacteriana crónica, precursora de un tumor.

.....

**Martha Patricia García**  
Microbióloga  
Universidad de los Andes

**El cáncer,  
la úlcera o la gastritis  
podrían ser el resultado  
de una secuencia  
de eventos que  
incluye la intervención  
del *H. Pylori*.**



# Ciencia, tecnología y cultura

Los representantes de las academias y asociaciones científicas de Iberoamérica se reunieron el año pasado en La Paz, Bolivia, con el objeto de examinar el papel que estas instituciones deben jugar en el contexto de las transformaciones de la economía mundial y las demandas de orden social de los países iberoamericanos en los umbrales del siglo XXI.

El documento final, que presenta las conclusiones a las que llegó este importante cónclave, afirma que "no se puede concebir un desarrollo sostenible sin la activa participación de las comunidades científicas y tecnológicas. Las naciones iberoamericanas deben estar conscientes de que no son suficientes sanas políticas macroeconómicas ni bien concebidas políticas sociales para alcanzarlo. Solamente la creación de conocimiento por vía de la

investigación científica y tecnológica propia, de la más alta calidad, puede garantizar el encuentro del camino al desarrollo".

Los distinguidos científicos dejaron por fuera algo muy importante en esta declaración de principios, al indicar que únicamente la ciencia y la tecnología son la vía para obtener el desarrollo y bienestar de nuestros países. No sólo de ciencia puede vivir el hombre, y al separar las comunidades científicas y tecnológicas de las comunidades artísticas y literarias, cometemos el error de educar a un hombre incapaz de buscar más allá del desafío que encuentra en una ecuación matemática, bajo el lente de un microscopio en el laboratorio, o frente a la máquina que intenta mejorar. Un hombre materialista, excepcionalmente egoísta e insensitivo, incapaz de pensar más allá de su cerebro, un cerebro agobiado por números, ci-

fras, moléculas, diagramas, sin una neurona libre para disfrutar de un glorioso atardecer, el mágico sonido de un violín, o las palabras del poeta. Si se ve obligado a asistir a algún acto cultural, lo hace como una penitencia, cuidándose de aclarar a todo el que pregunte, que está allí por obligación, robándole unas horas preciosas a su importante trabajo científico, que en realidad es lo que cuenta para el progreso y bienestar de la humanidad. Su interés en las artes plásticas es estrictamente desde el punto de una buena inversión. Los únicos libros que adornan sus paredes están relacionados con su profesión, importantes libros de consulta, nada tan baladí como una novela, un libro de cuentos, o un poemario. La literatura para él, aunque así no lo exprese en voz alta, es ocupación de vagos, resentidos sociales, lunáticos y amas de casa.

Y cuando digo él, no me refiero únicamente al hombre como sexo. La mujer moderna, esa que trata de alcanzar por todos los medios la igualdad en el campo del trabajo, lo hace armada con números y cifras, dejando la literatura para las románticas que se quedaron en casa por falta de méritos.

Durante muchos años tuve la oportunidad de practicar la docencia médica, guiando a jóvenes internos, residentes y estudiantes de medicina que rotaban por el Instituto Oncológico Nacional. Mientras mis colegas se afanaban indagando a priori conocimientos anatómicos y fisiológicos básicos de nuestros alumnos, mi pregunta inicial tenía que ver con la literatura universal: "A ver, doctores, ¿saben ustedes quién escribió *La guerra y la paz*?". Risitas nerviosas acogían la indagatoria. Miradas de asombro, con algo de duda acerca de mi sanidad mental. "¿Y *Los hermanos Karamazov*?, ¿o *Por quién doblan las campanas*?". Silencio. Seguía después un pequeño discurso de mi parte acerca de la necesidad

de tener una cultura literaria además de conocimientos científicos, y, desalentada, abandonaba el tema retomando la docencia oncológica.

Un buen día decidí cambiar de táctica. A lo mejor estos jóvenes, agobiados por síndromes y diagnósticos, necesitaban un estímulo más importante para despertar la memoria. El último grupo al que me atreví a interpelar estaba compuesto por media docena de jóvenes doctores, ansiosos de descifrar los misterios del cáncer. "A ver, ¿alguno de ustedes sabe quién era **León Tolstoy**?". Una mano ansiosa se

levantó en el fondo del consultorio. "Dígame, doctor", indagué esperanzada. "León Tolstoy es una calle en Puebla", contestó orgulloso uno de los externos, que obviamente había estudiado en esa hermosa ciudad. Esta vez nadie se rió. Todos miraron satisfechos al joven capaz de contestar a ciencia cierta la necia pregunta que nunca más me atreví a formular.

Sin embargo, no todo es desaliento en el panorama cultural del hombre de ciencia. En la primera semana de octubre asistí como delegada de la Asociación Panameña

**"Solamente la  
creación de conocimiento  
por vía de la investigación  
científica y tecnológica  
propia, de la  
más alta calidad,  
puede garantizar  
el encuentro del camino  
al desarrollo".**



para el Avance de la Ciencia (Apanac), al simposio de Interciencia, organismo que agrupa a todas las asociaciones dedicadas al avance de la ciencia en el continente americano.

Esta reunión se llevó a cabo en el marco de Expociencia 93, Feria Internacional de la Ciencia e Innovación Tecnológica, un evento sin precedentes en el mundo de habla hispana, un impresionante esfuerzo del pueblo colombiano por mostrar al mundo de lo que es capaz, a pesar de los problemas internos que confronta con la guerrilla y el narcotráfico. Pabellones inmensos mostraban lo mejor de la ciencia y tecnología de ese país, proyectos ejecutados por científicos probados y jóvenes estudiantes de todas las edades, lo más novedoso de la industria colombiana, un museo de los niños, un museo de la ciencia y el juego y un pabellón internacional en donde estaban representados numerosos países con novedosos proyectos. Además, una exposición de la más completa colección de

hologramas artísticos y técnicos que se exhibe de manera permanente en Los Angeles, California. Hologramas de Ucrania, Inglaterra, Estados Unidos, Francia, en un impresionante despliegue de cultura visual en tercera dimensión. Durante los días de la feria se llevaron a cabo conferencias magistrales, talleres sobre diseño y desarrollo de proyectos, encuentros de profesores, investigadores e innovadores en la enseñanza de las ciencias. No se olvidaron de la exposición de artes plásticas, presentaciones de teatro, danza y grupos musicales de diferentes instituciones del país, como parte del programa de Expociencia Juvenil.

**E**s imposible separar la ciencia de la cultura si aspiramos a un desarrollo sostenible, si deseamos llegar a ser hombres completos frente a ese utópico siglo venidero en que ciframos tantas esperanzas.

A la inauguración de tan magno evento asistimos como invitados especiales todos los delegados de Interciencia, y nos ubicaron en primera fila, el lugar de honor. Durante la ceremonia sería entregado el Premio Nacional al Mérito Científico a un neurocirujano famoso, conocido mundialmente por haber inventado una válvula para aliviar la presión en el cráneo de niños hidrocefálicos y autor de numerosos textos e instrumentos. La ceremonia no empezaba. Los oficiales de la feria, nerviosos, se consultaban, obviamente preocupados por la demora en llegar del designado para entregar el premio. "Algún político importante —pensé—, alguien que viene a lucirse con el esfuerzo de otro". Y llegó Gabo, **Gabriel García Márquez**, en persona, ofreciendo sus excusas por la tardanza. El doctor Eduardo Posada Flórez, presidente de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, presentó al laureado escritor y, en pocas palabras, matizadas por una gran emoción, hizo énfasis en lo imposible que es separar la ciencia de la cultura si aspiramos a un desarrollo sostenible, si deseamos llegar a ser hombres completos frente a ese utópico siglo venidero en que ciframos tantas esperanzas. Por ello se había escogido al gran escritor para entregar el premio a la ciencia durante una hermosa ceremonia muy difícil de olvidar. Y lloré en silencio, acordándome de León Tolstoy, relegado a ser únicamente una calle en Puebla, si no hacemos un esfuerzo por reeducar al hombre de hoy.

.....

**Rosa María C. de Britton**  
Tomado de Revista VISTAZO

**Un paso adelante en  
Ciencia y Tecnología**

**Suscríbase al mejor  
aliado de sus estudios e  
investigaciones**

**Innovación  
y Ciencia**

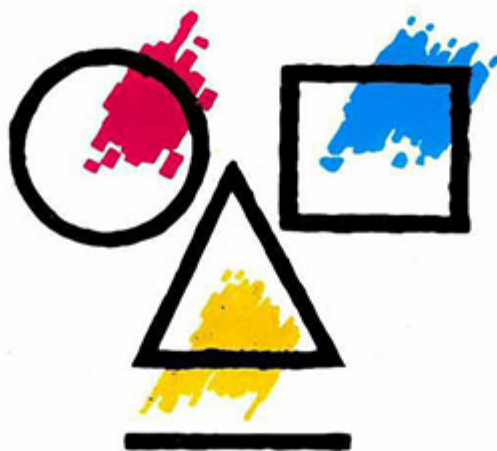
**Todo lo que usted quiere  
saber para estar  
adelante**



**ESTOS SON NUESTROS  
SERVICIOS, ¡UTILICELOS!**

Correo ordinario  
Correo certificado  
Certificado especial  
Encomiendas aseguradas  
Cartas aseguradas  
Filatelia  
Giros  
Electrónico burofax  
Internacional APR/SAL  
"Corra"  
Respuesta comercial  
Tarifa Postal Reducida  
Especiales

Teléfonos para quejas y reclamos: 334 0304 - 341 5536, Bogotá  
**CUENTE CON NOSOTROS Hay que creer en los Correos de Colombia**



# EXPO CIENCIA

1 9 9 5

*Hay que ir!*

**Septiembre 28 - Octubre 8**



**CORFERIAS** Lo hace posible



ASOCIACION COLOMBIANA  
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

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

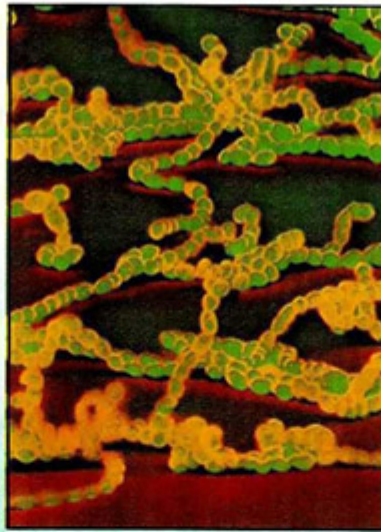
## MEDICINA

## Estreptococo invasivo letal

La bacteria que ha suscitado inquietud en las últimas semanas a raíz de noticias periodísticas sobre la aparición de una bacteria "carnívora", es el *Streptococcus pyogenes*. Este microorganismo que pertenece al grupo A de Lancefield, es un cocobacilo grampositivo, que se caracteriza por producir hemolisinas y toxinas que por lo general son extracelulares. Es el causante de faringitis, impétigo, erisipela, fascitis necrotizante, miositis y fiebre puerperal, entre otras infecciones.

La infección severa causada por la cepa invasiva del *S. pyogenes* se conoció durante la II Guerra Mundial y apareció de nuevo a finales de la década de los ochenta en Europa y Norteamérica. Durante el presente año, aproximadamente 12 personas han muerto en Inglaterra debido a la infección invasiva causada por este microorganismo. Los factores relevantes en la aparición de los brotes periódicos de la infección estreptocócica fatal, posiblemente se deben a fluctuaciones en la inmunidad del hospedero, omisión de medidas preventivas en salud o cambios genéticos en la virulencia del estreptococo.

Desde 1989, los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) en Atlanta, han recolectado cepas y datos clí-



cos de pacientes con el "síndrome de choque tóxico estreptocócico" (STSS). Se considera un caso de STSS cuando se aísla el *S. pyogenes* de un sitio normalmente estéril, y el choque compromete múltiples órganos y produce necrosis de tejido blando (fascitis necrotizante, gangrena) o exantema generalizado<sup>1</sup>.

Las cepas aisladas en los CDC se caracterizaron genotípica y fenotípicamente. Se determinó el tipo de proteína M (proteína de superficie del estreptococo, que le permiten evadir el sistema inmune del hospedero), la producción de proteasas, la presencia de los genes de la exotoxina pirogénica estreptocócica (Spe), y la producción *in vitro* de SpeA y SpeB. Se sugirió que la proteína M tipo 1 está asociada con la producción de proteasas que originan la necrosis de tejido blando<sup>2</sup>. La actividad proteolítica se puede correlacionar con la habilidad de un organismo para causar infecciones invasivas<sup>3</sup>.

Las investigaciones realizadas en el Departamento de Microbiología de la Universidad de Minnesota, muestran que un serotipo determinado puede volverse más virulento por la adquisición de un gen tóxico<sup>4</sup>. Estos estudios muestran la posibilidad de que genes invasivos como el SpeA pueden transmitirse entre miembros de las especies, por medio de bacteriófagos.

Cada cepa de estreptococo tiene una clase diferente de proteína M, pero todas comparten una región común. Bajo esta evidencia, la región evolutivamente conservada se puede utilizar como inmunógeno, con el objetivo de producir respuesta inmune específica, que eventualmente protegería contra todas las cepas de estreptococo.

### Bibliografía

1. Working Group on Severe Streptococcal Infection: Defining the group A streptococcal toxic shock syndrome. Rationale and consensus definition. *JAMA* 269: 390-391, 1993.
2. Talkington DF, Schwartz B, Black CM, et al.: Association of phenotypic and genotypic characteristics of invasive *Streptococcus pyogenes* isolates with clinical components of Streptococcal Toxic Shock Syndrome. *Infection and Immunity* 61: 3369, 1993.
3. Todd J, Roberson S, Roe M: Relationship of protease production to invasiveness of *Staphylococcus aureus* strains. *American Society for Microbiology. Abstr.* 275, 1991.
4. Cleary P, Kaplan E, Handley J, et al.: Clonal basis for resurgence of serious *Streptococcus pyogenes* disease in the 1980s. *Lancet* 339: 518, 1992.

## TECNOLOGIA

### Super-información

El presidente Clinton está dispuesto a dedicar, en los próximos cuatro años, cerca de 200 mil millones de dólares a la creación de una "superautopista de información" hecha de cable de fibra óptica. Combinando electrónicamente teléfono, televisory computador, podría enviarse a los usuarios diversos tipos de información: educación, salud, investigación,

comercio, entretenimiento... De realizarse, el proyecto haría bien en aprender de la red de computadores Internet —abierta al público el año pasado—, cuyos servicios son utilizados por científicos (un tercio del total de usuarios), hombres de negocios, estudiantes y en general cualquier persona que posea un computador y tenga la necesidad de comunicarse. Lo que distingue a esta red de otros sistemas es el esquema de comunicación conocido como "packet

switching", que consiste en la transmisión de pequeños fragmentos de información electrónica que pueden viajar hasta la terminal deseada por varias rutas alternas. En opinión de Stu Personick, vicepresidente de información del laboratorio de investigación Bellcore, el reto que debe asumir la superautopista consiste en optimizar los aciertos de Internet y superar problemas como congestión y lentitud, para producir un sistema aún más confiable y seguro.

## ASTRONOMIA

### Colisión planetaria

El próximo 16 de julio se iniciará uno de los acontecimientos más dramáticos que hayan tenido lugar en el sistema solar, por lo menos desde que la humanidad lleva registros de eventos astronómicos: la caída de una sucesión de enormes fragmentos de cometa sobre Júpiter, el planeta más grande del sistema solar. Este bombardeo, que durará cerca de seis días, empezó a prepararse hace dos años cuando un cometa, que desde hacía una década gravitaba alrededor del planeta gigante, al pasar a su distancia mínima de éste, se fraccionó en 21 trozos, algunos de los cuales tienen un poco más de un kilómetro de diámetro. La perturbación ocurrida en su órbita la modificó de tal manera que los fragmentos chocarán con la superficie planetaria. Los más pequeños de ellos se quemarán al entrar en contacto con la atmósfera superior del planeta. Los mayores, sin embargo, cuya velocidad será de cerca de 60 kilómetros por segundo, llegarán al planeta propiamente dicho, constituido en su gran ma-

yoría de hidrógeno y helio gaseosos, y amoníaco y metano líquidos.

Para hacernos una idea de la enorme energía involucrada en esta dantesca colisión, baste recordar que la mayor bomba de hidrógeno jamás detonada por el hombre, probada por los soviéticos en 1968, tenía una energía equivalente a 58 millones de toneladas de TNT (megatones); la energía combinada de los 21 fragmentos del cometa corresponderá a 20 millones de megatones, es decir, a la de casi 400.000 de esas apocalípticas armas.

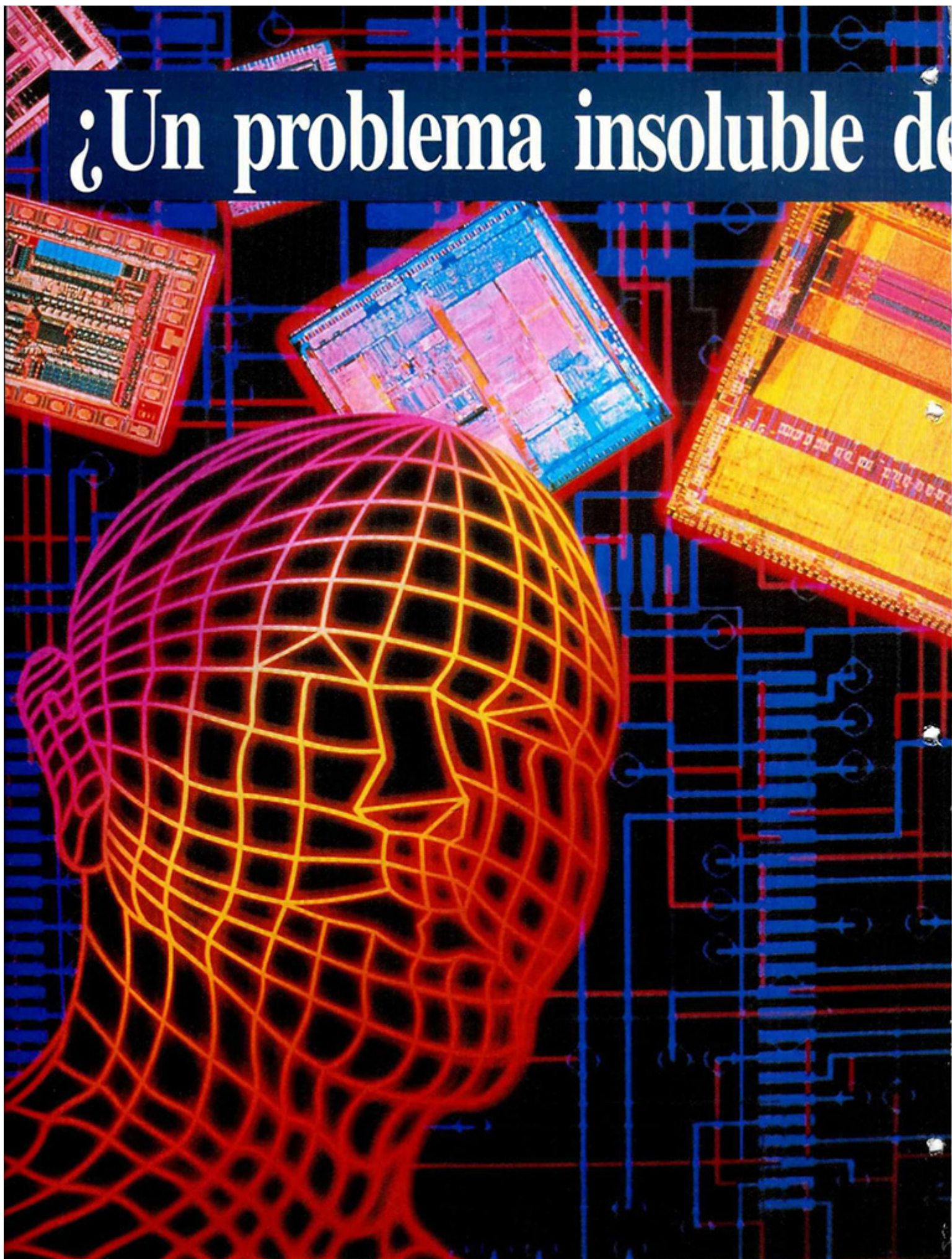
¿Qué efectos puede producir sobre el planeta tan espectacular acontecimiento? Los astrónomos han emitido varias hipótesis. Una de las más moderadas predice una vistosa lluvia de meteoritos, apenas visible desde la Tierra con pequeños telescopios, debida a la ruptura de los trozos al penetrar en la atmósfera y a su posterior volatilización causada por la fricción al atravesarla. Otras más audaces consideran que, a causa de la onda de choque producida en la atmósfera y a la penetración de los fragmentos en el planeta, aparecerá una enorme nube en forma de hongo, tan luminosa que el brillo del planeta aumenta-



rá a casi el doble de lo normal, lo cual será fácilmente visible desde la Tierra. En cuanto a los efectos posteriores, algunos suponen que podría generarse un anillo alrededor de todo el planeta, y otros que se crearía un torbellino en la superficie, un poco similar a la conocida Mancha Roja de Júpiter, que podría subsistir cerca de un siglo.

Los astrónomos del mundo entero están pendientes de ese interesantísimo fenómeno, que brindará una gran oportunidad para comprender los mecanismos de ese tipo de choques, cuya importancia en la historia planetaria es enorme. No cabe duda de que en el pasado la Tierra fue sometida a numerosos bombardeos de este tipo, a los cuales se han atribuido, entre otros efectos, la aparición de la vida en nuestro planeta y, con una alta probabilidad, la desaparición de los dinosaurios, acaecida hace unos 65 millones de años.

¿Un problema insoluble de



# la inteligencia artificial?

Jaime Ramos Arenas  
Departamento de Filosofía  
Universidad Nacional de Colombia  
y Universidad de los Andes

**H**ace más de cuarenta años que el célebre matemático inglés Alan Turing<sup>1</sup> escribía que aproximadamente a finales del presente siglo tendríamos una máquina digital que, debidamente programada, sería capaz de sostener un diálogo con tal racionalidad y coherencia que un ser humano que se comunicara con ella por teléfono (o teletipo) no sabría que se trataba de una máquina y no de otro ser humano. Desde entonces numerosos científicos de la computación, pero también filósofos, lingüistas y psicólogos, han venido trabajando en el proyecto de la inteligencia artificial sin lograr los resultados que Turing esperaba.

Desde luego que se han hecho progresos importantes, por ejemplo en el desarrollo de sistemas expertos<sup>2</sup>, en el campo de la visión, y hasta cierto punto en el campo de la traducción de textos y en la comprensión de lenguaje, aunque en este último las dificultades son especialmente difíciles. Pero el hecho es que estamos todavía muy lejos de construir un programa que sea capaz de pasar la prueba de Turing, es decir, de sostener un diálogo fluido y con sentido común sobre los temas cotidianos que un humano corriente domina. Si no hemos hecho más progreso no es porque se hayan escatimado esfuerzos o talento; algunas de las

mejores mentes de nuestro tiempo han estado involucradas directa o indirectamente en el proyecto de la inteligencia artificial, desde Turing y John von Neumann hasta Allen Newell, Terry Winograd, David Marr y Jerry Fodor, por mencionar algunos. Por otra parte, se han invertido cuantiosos recursos en el proyecto. A comienzos de los ochenta los japoneses lanzaron el proyecto de desarrollar computadores de quinta generación, con un presupuesto de investigación superior a los US\$ 800 millones; casi simultáneamente, la agencia de investigación avanzada

del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (Darpa) destinó cerca de US\$ 1000 millones en un período de cinco años en investigaciones en este campo. Algo similar hizo la Comunidad Europea; esto aparte de las inversiones que ha hecho la industria de la electrónica. Además, algunas de las más importantes universidades del mundo tienen laboratorios y centros de investigación sobre inteligencia artificial. Si no se ha logrado coronar el proyecto de Turing es porque las dificultades son enormes y, según algunos, insuperables.

Yo quiero examinar aquí brevemente una de esas dificultades, que tiene relevancia no sólo en el campo de la inteligencia artificial sino en el campo de la epistemología en general, por lo que ha recibido considerable atención

**Estamos todavía  
muy lejos de construir  
un programa que sea  
capaz de sostener un  
diálogo fluido y con  
sentido común sobre  
los temas cotidianos  
que un humano  
corriente domina.**



**E**l problema del marco es fundamentalmente un problema epistemológico y no sólo de robótica o de ingeniería.

.....

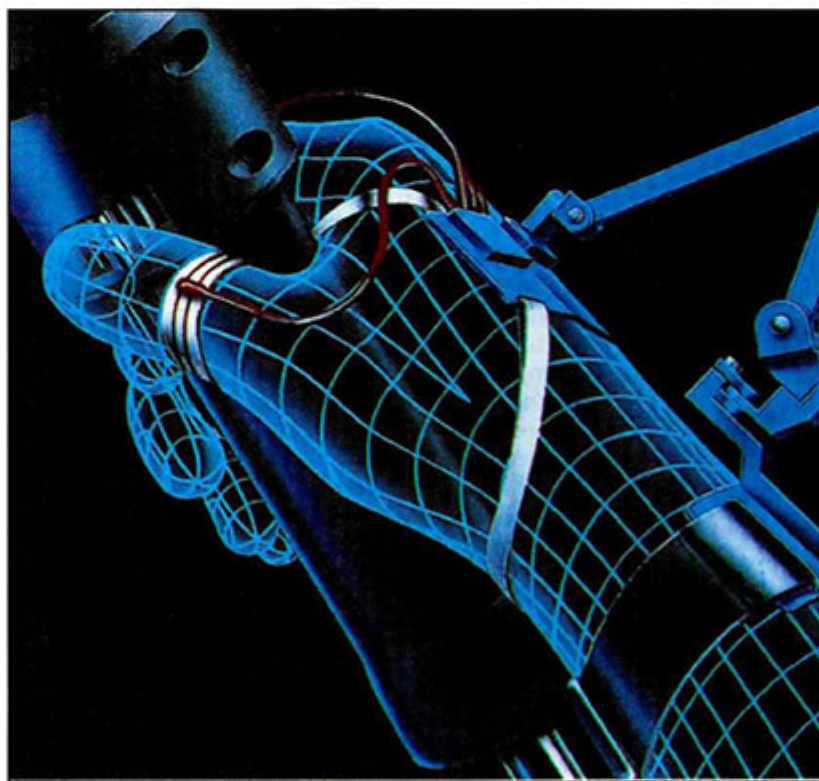
por parte de algunos filósofos. Es el llamado problema del marco ("the frame problem").

El problema fue descrito originalmente por J. McCarthy y P. Hayes<sup>3</sup>, en relación con los requerimientos para construir un robot que, en la medida en que interactúe con el mundo, y por tanto lo modifique, sea capaz de actualizar sus creencias con respecto al mismo.

Supóngase que un grupo de ingenieros diseña un robot cocinero que es capaz de reconocer los distintos elementos de cocina y de distinguir unos alimentos de otros y que tiene en su base de datos los pasos que se deben seguir para preparar un platillo. La cuestión es la siguiente, una vez que el robot empieza a actuar en la cocina, el mundo va cambiando, las cosas cambian de sitio, etc., por lo que es necesario que el robot revise continuamente su representación de la situación; es decir, para ponerlo en términos psicológicos, que revise sus creencias so-

bre ese mundo que ha cambiado. Pero, ¿cómo se lleva a cabo exactamente ese proceso de adecuación de la información? Supóngase que se le pide al robot que prepare unos huevos fritos. Este busca en su base de datos el guión, o marco, "Huevos Fritos", donde están especificados con todo detalle los pasos que debe seguir. El robot busca la cacerola, la pone en la estufa, le echa aceite, oye un perro ladrar afuera, prende el fogón, va a la alacena, coge dos huevos y cuando los va llevando a la estufa se le caen accidentalmente. El robot ve que se le cayeron los huevos pero sigue hacia la estufa y abre sus dedos metálicos sobre la cacerola como rompiendo los huevos que ya no sostiene, y continúa la rutina ciegamente. El problema a primera vista parecería muy fácil de solucionar; la información nueva "se cayeron los huevos" debería modificar la conducta del robot, de tal forma que vuelva a la alacena y busque otros huevos.

El problema es cómo puede el programador determinar de antemano qué información nueva debe afectar una conducta determinada, y en qué forma exactamente debe alterar dicha conducta, y cuál información nueva deja la conducta intacta. Nótese que en el



**Figura 1.**

ejemplo anterior el robot recibe nueva información cuando está echando aceite en la cacerola y oye ladrar un perro, pero no se supone que la creencia que adquiere de este modo modifique su rutina. Pero ¿cómo puede el pobre robot saber cuáles nuevas creencias deben modificar su rutina y cuáles no? Desde luego, el programador puede explícitamente incluir en su base de datos la instrucción: "Si se le caen los huevos, limpie el piso, vuelva a la alacena y coja otros dos"; pero ésta no es una solución general al problema, puesto que en el proceso de cocinar se le puede presentar al robot un sinnúmero de imprevistos que él debe aprender a resolver y que no es posible solucionar de antemano.

Tampoco es correcto pensar que las únicas nuevas creencias que deben alterar la rutina son aquellas que se refieran explícitamente a los objetos que toman parte en la conducta (huevos, aceite, etc.). Por ejemplo, la información "hay 100 kilos de dinamita en

como señala Margaret Boden<sup>4</sup>, el problema generalmente se formula de tal modo que el universo epistemológico se circunscribe al marco delimitado por las líneas segmentadas. Es decir, se supone que no hay nada por fuera del marco que afecte la posición del racimo y del cajón. Para el mono que vive dentro del marco, esa es una presunción ciertamente razonable, pues no hay nada dentro del marco que muestre una conexión entre el movimiento del cajón y el movimiento del racimo; pero, como lo muestra el dibujo, el mundo bien puede ser tal que al mover la caja puede afectar la altura del racimo. La pregunta entonces es: ¿dónde traza uno el marco?

No es fácil fijar con precisión la naturaleza del problema del marco, pero lo cierto es que no se trata de un problema esencialmente de robótica que sea solucionable mediante meras técnicas de ingeniería; es fundamentalmente un problema epistemológico que puede formularse de varias formas. En el caso del mono del dibujo, si éste se pone a pensar en todas y cada una de las posibles consecuencias de cada acción que vaya a realizar, nunca daría un paso y se moriría de hambre. Esto lleva a lo que Fodor<sup>5</sup> llama el dilema de Hamlet: cómo saber cuándo dejar de pensar y empezar a actuar. Sin embargo, el problema del marco no se circunscribe al campo de la acción, no se trata solamente de cómo actualizar la representación del mundo para hacerla acorde con las modificaciones introducidas por la acción. Se trata de un problema que se presenta en general en el pro-

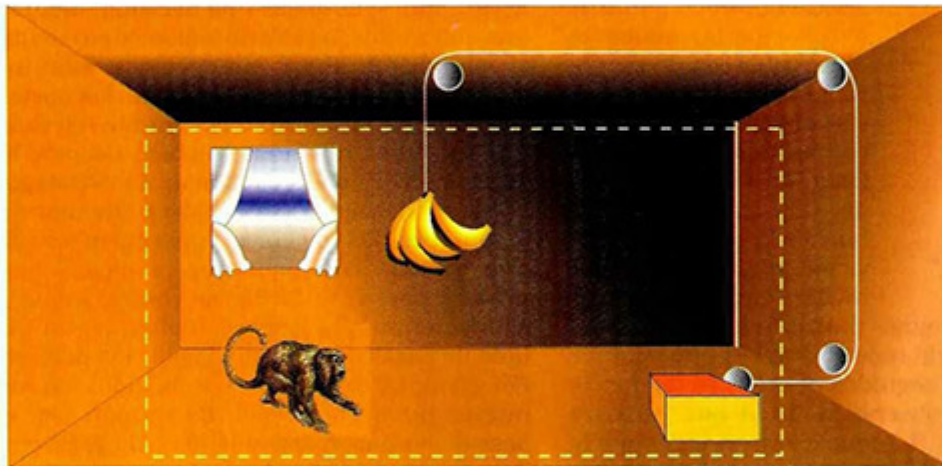


Figura 2.

la ventana" debería alterar la conducta del robot, aunque no haga referencia a ninguno de los objetos o procedimientos que intervienen en la rutina "Preparación de huevos". Pero, en cambio, si durante el proceso de cocinar se le informa que "las cacerolas pesan por lo general menos de un kilo", tal cosa no debería modificar su rutina, aunque la información hace referencia a "cacerolas".

El caso del mono y los bananos puede utilizarse para ilustrar de otra forma el problema del marco. Este es un caso clásico de resolución de problemas, en el que el mono muestra su inteligencia utilizando el cajón para alcanzar los bananos (figura 2). Sin embargo,

proceso de fijación de creencias. En primer lugar, es el problema de cómo debe actualizarse el sistema de creencias de un sujeto dada una nueva creencia; es decir, dada la entrada de nueva información. Como es obvio, cuando se adquiere una nueva creencia uno no simplemente la adiciona al conjunto de creencias que ya tiene, sino que la adquisición de ésta implica una revisión de otras creencias que uno tenía. Pero la cuestión radica precisamente en cómo determinar cuáles son las creencias que se deben revisar. En realidad, el sujeto (o el computador) no puede entrar a hacer una revisión exhaustiva de todas sus creencias para ver cuáles de ellas son incompatibles con la

nueva, ya que en el caso de un sistema con un conjunto de creencias lo suficientemente amplio la búsqueda es en la práctica irrealizable.

Ahora bien, siguiendo a Fodor<sup>6</sup> (también Dennett<sup>7</sup>), uno puede llevar el problema del marco incluso más lejos. Supóngase que el

robot que se está diseñando es un científico y las acciones que realiza son experimentos. El problema reside en diseñar al robot de tal forma que sea capaz de sacar las conclusiones generales correctas de los datos experimentales que obtiene. El problema, desde luego, como es sabido en la filosofía de la ciencia, es que los datos experimentales particulares no implican lógicamente proposiciones universales. Cualquier conjunto de datos experimentales es compatible con un número indeterminado de teorías distintas, aunque no con cualquier teoría. Se trata, en otras palabras, del viejo problema de la inferencia no-demonstrativa que se presenta en teoría de la confirmación. Ex-

presado en términos de una inducción simple, si he observado repetidas veces que sucesos de tipo *A* van seguidos de sucesos de tipo *B*, y nunca he observado un *A* que no vaya seguido de un *B*, ¿debo entonces creer que la próxima vez que observe un *A* éste vendrá seguido de un *B*, e incluso que todos los *A* van seguidos de *B*? Ciertamente que no; es siempre posible que el próximo *A* que observe no vaya seguido de un *B*. Recuérdese aquí el ejemplo de Russell: hasta donde su memoria alcanza, la gallina recuerda que todas las mañanas el granjero va al gallinero y le da una porción de maíz. Ella tiene todas las bases inductivas para pensar que la salida del sol siempre va seguida del amable granjero que la alimenta; la mañana siguiente, sin embargo, el granjero va y le corta el pescuezo.

Visto en estos términos, el problema del marco va muy al fondo, tan hondo como el problema mismo de la racionalidad. Nadie tiene la menor idea de cómo diseñar un proce-

dimiento completamente general y efectivo para la toma racional de decisiones. Si ése es el problema del marco, entonces el problema, como señala Fodor, seguramente es insoluble. Por otra parte, si se restringe el problema al campo de la robótica, por ejemplo, al problema de cómo diseñar un robot capaz de hacer huevos pericos, entonces el problema debe tener solución. Después de todo, nosotros somos capaces de hacer eso, aunque tampoco sabemos dónde trazar el marco epistemológicamente relevante frente a un problema determinado.

En este punto yo discrepo de la interpretación de Fodor, quien parece creer que el problema en inteligencia artificial es desarrollar un programa perfectamente racional, lo cual, hasta donde sabemos, no es posible. Pero ésa no es, o no debería ser la meta. Se trata de desarrollar programas que realicen actividades que, si fueran realizadas por nosotros, requerirían de inteligencia. Pero los seres humanos tampoco somos perfectamente racionales; al tomar una decisión, incluso una importante, no sólo no tomamos en cuenta absolutamente todas las opciones, sino incluso no tomamos en cuenta todas las opciones que a posteriori se considerarían relevantes. Los seres humanos también usamos lo que los programadores llaman "la estrategia del perro dormido". En el caso particular de determinar las posibles consecuencias de una acción, asumimos que, a menos que haya razones manifiestas en contra, una acción determinada *T* dejará inalterado un estado de cosas *A* (se dejan dormir los perros). Por ejemplo, se supone que la caída de los huevos no afecta el color de las paredes, el peso de las cacerolas, la llama del fogón, etc. Esta estrategia se funda en el principio de que "la mayoría de los sucesos no afecta a la mayoría de los estados de cosas". Desde luego, esto puede no ser cierto y a lo mejor todo está conectado con todo, como dicen los holistas; pero vivimos y actuamos como si lo fuera, o de lo contrario quedaríamos tan paralizados como Hamlet. Es decir, de manera más o menos arbitraria y rígidos por el hábito, descartamos opciones que desde un punto de vista estrictamente racionalista se deberían considerar. Esta estrategia hace que a veces nos llevemos grandes sorpresas, como la gallina, y que a veces actuemos casi tan estúpidamente como el ciego robot que continúa con su rutina de preparar los huevos. Una lectura atenta y suspicaz de la

**E**l problema en  
inteligencia artificial  
no es desarrollar  
un programa  
perfectamente  
racional, pues esto  
no es posible.

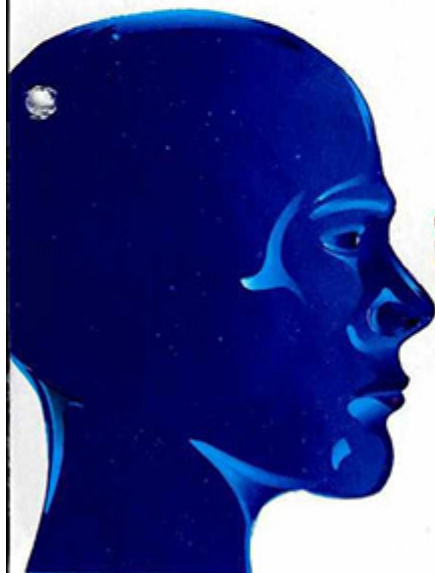


historia mostrará al lector numerosos ejemplos, e incluso la mera autoobservación, si es lo suficientemente autocrítico. Fodor parece sobreestimar la racionalidad humana y la inteli-

gencia que se requiere para preparar un par de huevos; por eso piensa, a mi parecer erradamente, que las únicas máquinas que hagan huevos que vamos a tener... son las estufas.

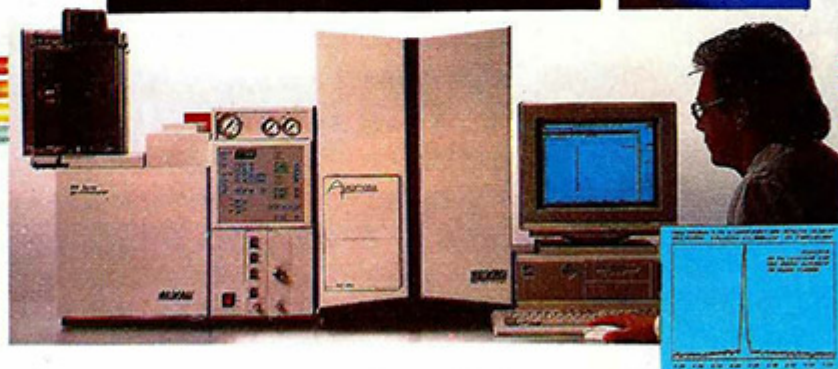
### Referencias:

1. **Turing A (1950):** "Computing machinery and intelligence". Reproducido en **Boden M (ed.): The Philosophy of Artificial Intelligence. Oxford University Press, 1990.**
2. *Entre los sistemas expertos más sofisticados que se han desarrollado se encuentran MYCIN, un sistema de razonamiento médico que diagnostica probabilísticamente enfermedades infecciosas y recomienda un tratamiento con resultados comparables a los de los mejores expertos en el área; MACSYMA, un programa que trabaja simbólicamente problemas de álgebra y cálculo a un nivel de especialistas; DENDRAL, que analiza la masa espectral de una molécula y con base en ésta formula hipótesis sobre su composición química, e HYPO, que realiza razonamientos jurídicos tomando como guía los casos y estereotipos que se encuentran en su base de datos; este programa tiene además un manejo considerable del lenguaje natural.*
3. **McCarthy J, Hayes P (1969):** "Some Philosophical Problem from the Standpoint of Artificial Intelligence". En **Meltzer B, Michie D (eds.): Machine Intelligence, Vol. 4, New York.**
4. **Boden M (1987):** *Artificial Intelligence and Natural Man, 2nd Ed. Basic Books, New York.*
5. **Fodor J (1988):** "Modules, frames, fridgeons, sleeping dogs and the music of the spheres". Reproducido en **Garfield JL (ed.): Foundations of Cognitive Science. Parangon House, New York.**
6. **Fodor J (1983):** *The Modularity of Mind. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.*
7. **Dennett D (1984):** "Cognitive wheels: The frame problem of AI". En **Hookway C (ed.) Minds Machines & Evolution. Cambridge University Press, Cambridge.**



**UNICAM**  
ANALYTICAL SYSTEMS

**UNICAM**  
ESPECTROFOTOMETRIA  
\* UV/VIS  
\* Absorción Atómica  
\* Plasma acoplado ICP  
\* Masas  
\* Infrarrojo - FTIR  
CROMATOGRAFIA  
\* Gases  
\* Líquidos  
\* Electroforesis capilar



**PHILIPS**  
TECNICAS COMBINADAS  
\* Cromatografía de Gases - Masas  
\* FTIR - Masas  
\* FTIR - Cromatografía de Gases  
\* FTIR - Termogravimetría

**PHILIPS**  
ESPECTROMETRIA POR RAYOS X  
\* Longitud de Onda  
\* Energía dispersiva

DIFRACTOMETRIA POR RAYOS X  
\* Multipropósito  
\* Investigación  
\* Control de Calidad  
MICROSCOPIA ELECTRONICA  
\* Barrido  
\* Transmisión

**MILESTONE**  
SISTEMAS MICROONDAS  
\* Digestores

\* Muestras  
\* Determinación de humedad/sólidos  
\* Reacción/síntesis orgánicas

### PEAK SCIENTIFIC

GASES PARALABORATORIO  
\* Nitrógeno  
\* Hidrógeno  
\* Aire  
\* Compresores  
\* Bombas de vacío

CIENCIA E INDUSTRIA  
Productos y sistemas profesionales.  
Calle 13 N° 51 - 39. Apartado 4284, Tel. 2 600 600  
Ext. 226, Télex 44776, Fax (91) 2610 141, BOGOTÁ.



**PHILIPS**

# Terapia génica

Hugo Arias, Ph.D.  
Instituto Nacional  
de Cancerología  
Luis A. Barrera, Ph.D.  
Centro de Investigaciones  
en Bioquímica,  
Universidad de los Andes



fantas  
o real

**L**a diabetes, ciertos tipos de enanismo, el cretinismo, la hipercolesterolemia familiar que predispone a las enfermedades cardiovasculares, y más de setenta tipos de retardo mental tienen en común el ser producidos por alteraciones muy pequeñas que ocurren en los genes y se transmiten de padres a hijos, no detectables mediante las técnicas microscópicas que permiten visualizar los defectos en los cromosomas. Estos desórdenes se conocen con el nombre de errores innatos del metabolismo. El número identificado es cercano a 400.

La información genética se transmite por medio de los cromosomas, los cuales a su vez están compuestos por secuencias de ácido desoxirribonucleico (ADN) denominadas genes, que llevan la información para la síntesis de las proteínas. Los genes se consideran como la base fundamental de la herencia. Estos determinan el color del pelo, los ojos, la estatura del individuo y características mucho más sutiles como el grupo sanguíneo. En una célula de mamíferos el número de genes se calcula entre cincuenta a cien mil.

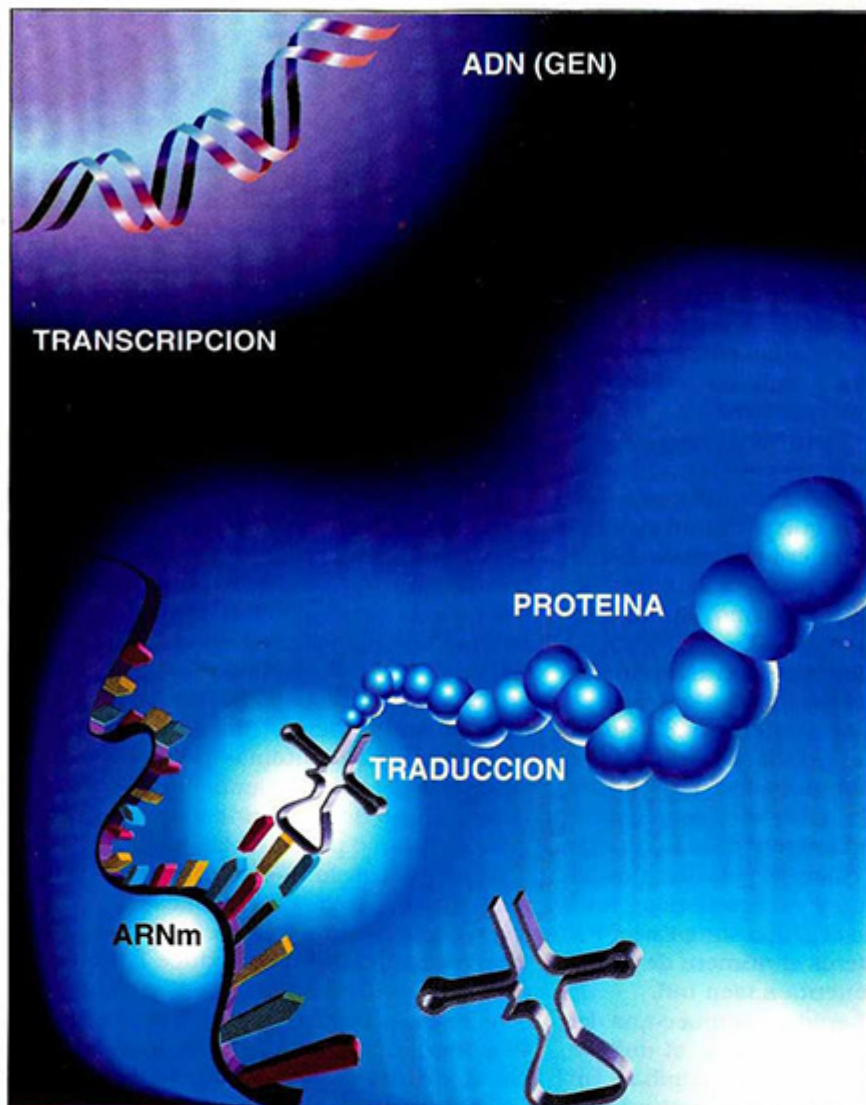
Dado que todos heredamos una copia del gen del padre y otro de la madre, el defecto puede estar en una sola copia o en ambas. En los desórdenes de herencia autosómica recesiva, la enfermedad se presenta cuando los dos genes heredados son defectuosos, en tanto que si el daño es en un solo gen la persona es portadora pero no manifiesta los síntomas de la enfermedad, pues sintetiza suficiente enzima para evitar la aparición de los síntomas. La gran mayoría de los errores innatos del metabolismo son de origen autosómico recesivo.

Unos pocos trastornos se transmiten ligados al cromosoma X. Los transmiten las madres a sus hijos varones quienes sólo tienen un cromosoma X (XY), en tanto que en las mujeres que heredan un cromosoma X normal del padre y uno anormal de la madre (XX), la actividad de la enzima es suficiente para evitar la aparición de la sintomatología. La hemofilia, las enfermedades de Hunter y el síndrome de Lesch Nyhan se transmiten en esta forma, que se conoce como herencia ligada al sexo o al cromosoma X.

El dogma central de la biología enseña que la información para la síntesis de las proteínas está codificada en el ADN que constituye los genes, la cual se transcribe primero en una molécula de ARNm que lleva la información para el alineamiento de los aminoácidos en las proteínas (traducción) (figura 1). Por tanto, un defecto en el ADN que constituye un gen determinado origina una proteína defectuosa: si la proteína es la hormona del crecimiento, se producirá enanismo; si se trata de la hemoglobina, el defecto estará asociado con problemas en el transporte de oxígeno; si el defecto está en el colágeno, se producirá hiperelasticidad de la piel; si se trata de una proteína transportadora de una vitamina, habrá síntomas por deficiencia de vitaminas. El defecto también puede presentarse en uno de los varios miles de enzimas que catalizan o permiten las reacciones en el organismo, con lo que se produce una interrupción en las vías metabólicas.

Al ocurrir un defecto en una enzima de una vía metabólica se produce la acumulación de productos intermediarios, que en ocasiones son tóxicos para la célula en donde se acumulan, y esto puede originar por ejemplo la cirrosis del hígado o retardo mental.

La pregunta obvia es: ¿todas las alteraciones en la proteína están asociadas con ciertas enfermedades? Por fortuna no. Una mutación en el gen que codifica para una proteína sólo es sintomática cuando altera un sitio muy importante para la actividad de la proteína. Las proteínas en general están constituidas por más de cien aminoácidos y desde hace años se sabe que es posible cambiar uno o varios aminoácidos en una proteína sin que se altere la función. Esto explica en parte por qué no se han descubierto más enfermedades por defectos en las proteínas. Por ejemplo, en una proteína de 500 o más aminoácidos, algunos de ellos serán indispensables para el sitio activo, otros menos relevantes y otros no importantes, con lo cual tenemos que, dependiendo del aminoácido o los aminoácidos que se encuentren reemplazados en la proteína mutada, su actividad estará más o menos afectada. La consecuencia lógica de esto es que para una misma



**Figura 1.** Flujo de la información genética. Las instrucciones genéticas almacenadas en el ADN son transmitidas al citoplasma por un intermediario, el ARN mensajero (ARNm). Estas moléculas de ARNm son leídas ("transcritas") en plantillas de ADN. Finalmente, la secuencia de aminoácidos de la proteína está determinada ("traducida") por el orden de las bases en el ARNm.

enfermedad existen distintos tipos de presentación o severidad.

Hasta la fecha ningún desorden congénito ha podido ser curado. Algunas anomalías congénitas pueden corregirse por medio de la cirugía, pero, en la gran mayoría de los casos, el tratamiento que se le ofrece al paciente es únicamente **paliativo**. Entre los tratamientos que se emplean para tratar los errores innatos del metabolismo tenemos la terapia nutricional, la terapia de reemplazo enzimático, el trasplante de médula ósea y la terapia génica.

### Terapia nutricional

Como ya se mencionó, uno de los problemas originados por el bloqueo de una vía metabólica puede ser la interrupción de la

síntesis de una sustancia importante para el organismo.

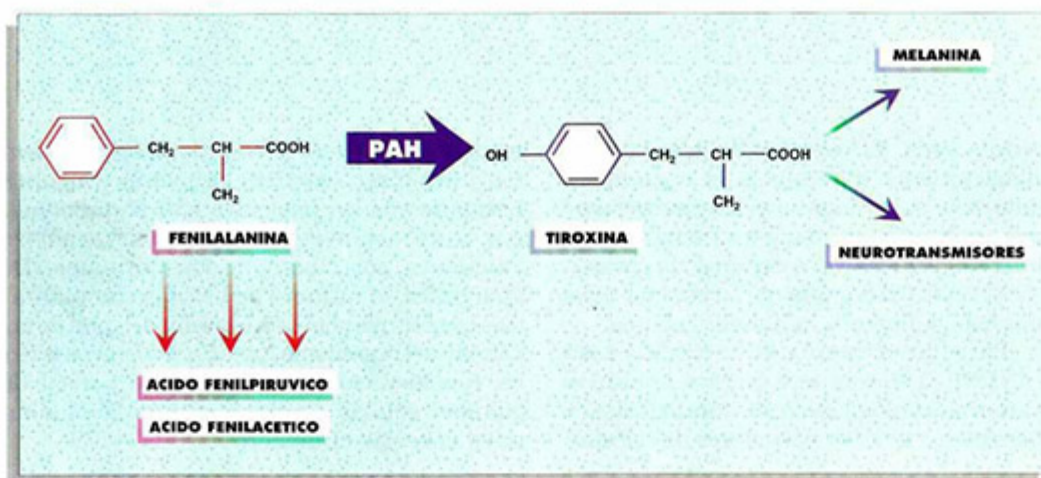
En la fenilcetonuria (**figura 2**) el defecto consiste en el bloqueo del metabolismo de la fenilalanina, aminoácido esencial, precursor del aminoácido tirosina, de la melanina (pigmento que da el color oscuro a la piel y al cabello) y además de neurotransmisores, indispensables para el buen funcionamiento del sistema nervioso. Las personas no tratadas presentan retardo mental severo, fotosensibilidad (eczemas), piel y cabellos claros y olor a ratón o moho. En la fenilcetonuria el tratamiento consiste en controlar la ingesta del aminoácido fenilalanina. Sin embargo, dado que se trata de un aminoácido esencial para el normal desarrollo del hombre, es necesario suministrarlo en cantidades adecuadas para que permita el crecimiento, sin que sea tóxico para el paciente.

La galactosemia se debe a un defecto en el metabolismo de la galactosa, que hace parte de la lactosa o azúcar de la leche y de la envoltura de algunos vegetales. Los pacientes galactosémicos presentan un hígado voluminoso, retardo en el crecimiento, cataratas, retardo mental y falla ovárica, manifestaciones que, a excepción de la falla ovárica, se pueden controlar

mediante la supresión de los productos lácteos y todos los alimentos que contengan galactosa.

Existen más de diez acidemias orgánicas, caracterizadas por acidosis metabólica, manifestaciones gastrointestinales y neurológicas que se pueden controlar restringiendo la ingesta de los aminoácidos o ácidos orgánicos cuyo metabolismo se encuentra alterado.

En la fenilcetonuria, en la galactosemia y en algunas acidemias benignas se recomienda dieta de por vida, lo cual conlleva todas las restricciones asociadas con el tener que llevar un régimen alimentario especial, incluidos suplementos nutricionales que no sólo son costosos sino que marcan a la persona, pues desde muy pronto el niño entiende que no es igual a los demás compañeros de la misma edad. Sin embargo, la recompensa es



**Figura 2.** La fenilcetonuria se produce por un defecto en el gen que codifica para la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH). El defecto impide la formación de melanina y neurotransmisores, y en vez de tomar la vía principal (azul) toma la ruta alterna (rojo), con elaboración de productos secundarios, algunos tóxicos para el sistema nervioso.

**Cualquier tratamiento postnatal se enfrenta a un paciente en el cual la enfermedad ya está presente y tal vez ya existe un daño acumulado por el efecto de la enfermedad.**

que una persona con quien se siga el tratamiento como debe ser, desde recién nacido, no tendrá retardo mental ni las otras secuelas que se presentan en los pacientes que no son sometidos a dietas. Infortunadamente, cualquier clase de dieta es difícil de sobrellevar, en especial en las épocas de comienzo de la socialización (fiestas infantiles, colegio) e independencia del paciente, por lo cual se preferiría el uso de terapias permanentes que no dependieran de la voluntad y estado emocional del paciente o de su familia.

### Terapia de reemplazo enzimático

El principio general de este tratamiento consiste en reemplazar la enzima ausente o inactiva por una enzima funcional. Dado que los errores innatos del metabolismo se originan como consecuencia de la falta de una enzima o la producción de una proteína defectuosa, los primeros intentos utilizando esta terapia se hicieron inyectando enzimas purificadas y se obtuvieron resultados bastante satisfactorios en el tratamiento de algunos desórdenes producidos por deficiencia en las proteínas del plasma sanguíneo.

Una enfermedad que en la actualidad se trata con bastante éxito es la forma no neurológica de la enfermedad de Gaucher, desorden que afecta principalmente los huesos, la médula ósea, el bazo y el hígado. Esta enfermedad se trata con "ceredasa", una enzima extraída de placenta humana, que se purifica y se inyecta un par de veces por mes. Además de la enferme-

dad de Gaucher, la terapia de reemplazo enzimático se ha usado con éxito en las siguientes enfermedades genéticas: hipogamaglobulinemia ligada al cromosoma X, hemofilia A, diabetes mellitus, deficiencia de alfa-antitripsina y deficiencia de la hormona del crecimiento.

A pesar de los éxitos logrados, esta terapia presenta dificultades de varios tipos, como: 1. La disponibilidad de la enzima. Se necesitan grandes cantidades de enzima extremadamente pura, libre de sustancias tóxicas o patógenas. Esta limitación se podría obviar utilizando la ingeniería genética para producir la enzima recombinante; sin embargo, los costos de purificación siguen siendo muy elevados. 2. La dificultad de acceso al sistema nervioso limita el tratamiento de desórdenes del sistema nervioso central. 3. Posibles complicaciones y efectos colaterales, en particular si la enzima es extraída de tejido humano (infecciones por virus de la hepatitis B, sida u otros). 4. Entre las complicaciones inmunológicas podemos mencionar las reacciones de hipersensibilidad, de posición de complejos inmunes, activación del complemento, anafilaxis sistémica y disminución de la capacidad terapéutica debido a la formación de anticuerpos.

A estos problemas se suma el hecho de que ciertos defectos ya están presentes en el feto meses antes de su nacimiento, por lo que cualquier tratamiento postnatal se enfrenta a un paciente en el cual la enfermedad ya está presente y probablemente ya existe un daño acumulado por el efecto de la enfermedad.

### Trasplante de médula ósea

Una posible alternativa en el tratamiento de los errores innatos del metabolismo es trasplantar células que sinteticen la proteína defectuosa y que la envíen a través de la circulación a los tejidos que la necesitan. El trasplante de médula ósea se ha utilizado con éxito durante más de veinte años en más de ochenta desórdenes metabólicos.

Las condiciones para usar este tipo de terapia son las siguientes: la enzima que se requiere reemplazar debe expresarse en la

médula ósea. El receptor debe ser inmunológicamente tolerante a la enzima. El tejido defectuoso debe tener los mecanismos para aceptar la enzima que sintetiza la médula ósea y que envía a través de la circulación al resto del organismo. La enzima debe penetrar la barrera hematoencefálica.

Para que el trasplante de médula ósea sea efectivo se requiere que los donantes sean inmunológicamente compatibles y además que no sean portadores de la enfer-

medad, pues, como se recordará, en los defectos autosómico recesivos los padres y algunos hermanos de los pacientes son portadores y por tanto sus niveles enzimáticos son sólo el cincuenta por ciento de los normales. De otra parte, el número de células trasplantadas constituye sólo una fracción del total de las células del organismo, por lo que se ha de tener en consideración si el trasplante parcial de algunas células produce suficiente enzima para corregir el defecto.

# Diagnóstico genético preimplantación

Lisbeth Fog

A mediados del presente año, aquellas parejas diagnosticadas con enfermedades genéticas como la hemofilia o la fibrosis quística, o con desórdenes metabólicos hereditarios como el Tay Sachs, contarán con una herramienta para saber si los embriones, producto de su unión, llevan consigo el gen de la enfermedad.

Se trata del **diagnóstico genético preimplantación**, mediante el cual es posible detectar muy tempranamente si el embrión está afectado y así determinar su "salud" antes de implantarlo de nuevo en el útero. Esta prueba ha sido practicada en Gran Bretaña, Estados Unidos, España y Bélgica, países en los que ya han nacido 13 bebés sanos, hijos de padres con enfermedades genéticas o hereditarias.

## Posiciones enfrentadas: el caso de los hemofílicos

Si para los científicos se trata de un paso novedoso e importante

en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de los seres humanos, la Iglesia avanza con pasos cautelosos.

En el caso de la hemofilia, en la cual la mujer es portadora del gen responsable de la enfermedad (ligada al cromosoma X), y el varón es quien la sufre, "con las técnicas de micromanipulación, se determina el sexo de los embriones logrados con las técnicas de fertilización *in vitro* usuales, pero solamente los embriones femeninos se transfieren al útero", explicó el doctor Elkin Lucena Quevedo, director del Centro Colombiano de Fertilidad y Esterilidad, Cecolfes. "No volverán a nacer enfermos hemofílicos", continuó Lucena, aunque sí seguirán naciendo niñas portadoras, hasta tanto se encuentre la terapia génica para evitarlo.

Esto quiere decir que a través del nuevo procedimiento, los investigadores detectan el sexo del embrión para permitir exclusivamente el nacimiento de niñas y evitar el de niños, quienes padece-

rían la enfermedad. Lucena está convencido de que este es un inmenso aporte a la humanidad, "porque con ello acabaremos con estas enfermedades algún día".

Y tal vez ese día no está muy lejano. Se trata de una tecnología novedosa, que avanza en forma acelerada. Lucena informó que en el Instituto de Genética de la Universidad de Baylor en Houston, el científico Mark Hughes realiza actualmente estudios promisorios sobre las mutaciones genéticas en la biopsia embrionaria, que permiten pensar que dentro de poco se logrará identificar y transferir únicamente embriones masculinos sin hemofilia y femeninos carentes del gen portador de la enfermedad. Son estudios muy recientes, cuyos resultados aún no permiten su aplicación en gran escala.

Por su parte, Alvaro Robledo Riaga, presidente de la Liga Colombiana de Hemofílicos y otras Deficiencias Sanguíneas, es enfático al afirmar: "Evitemos procrear más hemofílicos".

La Iglesia no opina lo mismo. "Puede ser una existencia problemática, pero puede ser así mismo una existencia con sentido", afirmó el padre Jorge Humberto Peláez, decano del medio universitario de la Facultad de Medicina de la Universidad Javeriana.

No sin dejar muy en claro la posición oficial de la Iglesia, que defiende la existencia de la vida humana desde el momento mismo

El tratamiento hasta el momento es bastante costoso. Por lo demás, es bueno recordar que existe posibilidad de complicaciones serias aun usando inmunosupresión para evitar el rechazo del trasplante, por lo cual esta terapia debe reservarse para los casos en los que no existe una terapia menos riesgosa.

La pregunta obvia que surge es: ¿cuándo

llevar a cabo el trasplante de médula? Lo ideal sería realizarlo *in utero*, antes de que se produzcan daños irreversibles a nivel neurológico, óseo o en cualquier otro órgano. En el momento, experimentos realizados en animales han mostrado que este tipo de intervención se puede hacer con bastante éxito en fetos de menos de diez semanas, con la ventaja adicional de que para esta época no se ha desarrollado por completo el sistema inmunológico, con lo cual disminuye la posibilidad de rechazo.

**M**ediante esta técnica es posible detectar si el embrión está afectado y así determinar su "salud" antes de implantarlo de nuevo en el útero.

de la fertilización del óvulo, independientemente de si está en el seno materno o no, el padre Peláez podría estar de acuerdo con el diagnóstico genético preimplantación. "El juicio ético de las diferentes modalidades de diagnóstico pre y postimplantatorio depende de la finalidad", afirmó, explicando que si se realiza con el propósito de detectar enfermedades y por ende trabajar desde un principio para mejorar la calidad de vida de ese individuo, si aprueba la técnica. "Si se utiliza con fines abortivos, no".

### El concepto de calidad total

Unos y otros hablan del concepto de calidad; pero, ¿cuál es el criterio para medirla?

Lucena insiste en que mediante esta nueva técnica se mejora la calidad de vida del ser humano. "Ese es el trabajo de uno—agrega—, arreglar los defectos de la naturaleza, mientras podamos".

A su vez, el padre Peláez se pregunta si podemos trasladar a los seres humanos el modelo de control de calidad existente en la

producción económica. "¿Cómo se definiría producto perfecto en el caso de un ser humano?".

El programa de estudio de los genes, que se enmarca dentro del proyecto estadounidense denominado Genoma Humano, ha permitido identificar alteraciones en los caracteres que componen los genes humanos—más de 100 mil—, algunos de los cuales son los causantes de las tres mil enfermedades genéticas hasta ahora identificadas.

Sin embargo, aún la ciencia no está tan avanzada como para detectar las enfermedades genéticas en sus orígenes, es decir, en los espermatozoides, y aunque se realizan estudios para detectarlas en el óvulo antes de ser fertilizado, los embarazos obtenidos hasta el momento no han culminado satisfactoriamente. Además, explicó Lucena, la congelación del óvulo o del espermatozoide no da tan buenos resultados como la del embrión mismo.

Hoy en día, además de la hemofilia, existen alrededor de 300 enfermedades ligadas al sexo que pueden detectarse y que teóricamente los grupos de

investigación estarían en condiciones de tratar. Hasta ahora, los genes que han sido trabajados y estudiados más extensamente, y por tanto los que más se conocen, son los que causan la enfermedad fibroquística, la hemofilia, el retinoblastoma, la anemia de células falciformes, la enfermedad de Tay Sachs, la de Lesch Nyhan y la distrofia muscular de Duchenne.

Cecolfes adecúa actualmente sus instalaciones para realizar el diagnóstico genético preimplantación. Para ello ha adquirido una serie de microscopios de alta resolución, microscopios invertidos, incubadoras sofisticadas y micromanipuladores. Además, el equipo humano se entrena en el manejo de las dos técnicas más utilizadas en el mundo, la reacción en cadena de la polimerasa (RCP), que es la que determina el tipo de sexo o define la mutación en el embrión, y la llamada FISH (hibridación fluorescente *in situ*), cuyo objetivo es el mismo que el de la RCP, pero es mucho más rápida: unas seis horas.

El aporte de Cecolfes radica en su grado de profesionalización y experiencia en las diferentes técnicas de micromanipulación (microfertilización y microinseminación), reconocido a nivel mundial. "En tres meses podrá estar funcionando, porque ya está montado más de la mitad", anunció Lucena. "Lo único que nos falta en este momento es montar la RCP y el FISH".

El trasplante de médula ósea hasta el momento se ha utilizado con éxito en desórdenes metabólicos como el síndrome de inmunodeficiencia severa aguda, osteopetrosis, la forma severa de la enfermedad de Gaucher, talasemia, anemia falciforme, anemia de Fanconi y granulomatosis crónica.

**El diagnóstico genético preimplantación genera posiciones éticas y morales diversas.**

**Del experimento a la realidad**

Si se tiene en cuenta que estas técnicas de micromanipulación se han considerado éticamente viables, pero que aún se encuentran en una etapa experimental, hay consenso mundial en el sentido de que la nueva tecnología debe ofrecerse gratuitamente. "Además —dijo Lucena—, la población de hemofílicos es de gente que está ya lo suficientemente desangrada por las transfusiones y medicamentos que necesitan para mantenerse vivos". Sin embargo, esta situación parece que no permanecerá por siempre, atendiendo a las declaraciones del especialista y doctor en genética molecular, Mark Hughes, quien hace poco dio una charla sobre el tema en el Hospital San José y en la actualidad es asesor de Cecolfes. "Toda nueva tecnología —dijo— es gratuita para los pacientes de la primera etapa. En un futuro se cobrará".

El diagnóstico genético preimplantación, según Lucena, permite traer al mundo bebés sanos, libres de enfermedades genéticas o hereditarias. El esfuerzo, continuó el especialista, debe encaminarse inicialmente "hacia las poblaciones que sufren con mayor frecuencia una enfer-

medad", como es el caso de Toluca, México, donde se han detectado más de 200 casos de bebés con enfermedad fibroquística, debido a una malformación genética.

En cuanto a las desventajas de su aplicación, Lucena menciona una: la equivocación. El único problema, dice, sería equivocarse en el diagnóstico sobre el sexo del embrión, o decir que está libre de la enfermedad y no estarlo.

El diagnóstico genético preimplantación genera posiciones éticas y morales diversas. "No hay que tenerle miedo al avance científico", confesó el padre Peláez, pero se debe tener en cuenta que "el ser humano no es medio sino fin. Su dignidad es sagrada", concluyó.

Por otro lado, además de servir para diagnosticar enfermedades desde el estado embrionario, el diagnóstico genético preimplantación ofrece la posibilidad de detectar el sexo del embrión, aun antes de ser implantado. "La utilización de la técnica es exclusivamente para la detección de enfermedades, no para definición de sexo", dijo Lucena. Pero su colega Hughes se pregunta: "Aunque la idea no es utilizar esta tecnología para seleccionar el sexo de nuestros hijos, ¿quién me da el derecho a negarle a una pareja su utilización en este sentido?".

Las terapias mencionadas no son del todo satisfactorias para el tratamiento de los errores innatos del metabolismo. A pesar de que la introducción de técnicas de biología molecular permitió un acercamiento mayor entre el diagnóstico y la comprensión del desarrollo patológico, aún existe un gran vacío entre el entendimiento del mecanismo de la enfermedad y su tratamiento. Sin embargo, es claro que las nuevas técnicas de genética molecular están aportando soluciones más radicales para resolver diferentes problemas tanto conceptuales como prácticos en el tratamiento de los errores innatos del metabolismo. Es por eso que la terapia génica se ve como una gran alternativa para el tratamiento de estas enfermedades.

La terapia génica consiste en la introducción de información genética funcional en células defectuosas *in vitro* y la posterior introducción de estas células en el organismo con el fin de corregir el defecto.

**Terapia génica**

Para corregir un error genético la terapia génica cuenta con tres estrategias:

- **Reemplazo:** se corta el gen que se quiere reparar y se coloca en su lugar uno funcional.

- **Corrección:** se repara sólo la porción del gen que se halla alterada.

- **Adición de un gen nuevo,** funcional, sin extraer el defectuoso.

El gen con la información necesaria se inserta mediante métodos fisicoquímicos o vectores virales, aprovechando el hecho de que los virus atraviesan la pared celular e infectan a las células.

En la actualidad se utilizan los siguientes virus como vectores:

- **Retrovirus:** Sus mecanismos de infección, integración y expresión genética son muy bien

conocidos; además, tienen un gran rango de hospederos, son de fácil manejo, cuando se modifican de manera adecuada hacen poco daño o ninguno en las células infectadas, y los genes introducidos por ellos se expresan de una forma estable durante el tiempo de vida de la célula. Sin embargo, estos vectores requieren de replicación celular para infectar las células, lo cual limita su empleo en células que no se dividen.

**Herpes simplex virus tipo 1 (HSV-1):** Es un virus humano benigno y ubicuo, capaz de establecer una infección permanente, latente en neuronas. Hasta donde se sabe, no es portador de oncogenes u otras secuencias únicas transformadoras y no se integra en el genoma del hospedero, reduciendo el potencial de tumorigénesis o mutagénesis de inserción. Tiene un amplio rango de hospederos y tipos celulares; su crecimiento en fibroblastos es lítico, lo cual facilita tanto su manipulación como su empleo. Su mapa genético es muy bien conocido, lo que permite un uso racional para la construcción de vectores. Puede transferir genes directamente al órgano elegido, sin necesidad de remover las células y reimplantarlas posteriormente. Por ejemplo, con este sistema se puede infectar las terminales nerviosas de la retina y éstas transportan el material genético incorporado hasta el cerebro.

**Adenovirus:** El virus común de la gripa ha sido estudiado *in vitro* y en animales, con resultados muy promisorios en varios modelos de enfermedades. Son virus que para su replicación necesitan de virus auxiliares como el virus herpes. Sin embargo, su mecanismo de integración no es muy bien conocido, ni tampoco la expresión y control del gen a largo plazo.

## Células susceptibles de ser modificadas mediante terapia génica

Hasta la fecha se han utilizado como células blanco de la terapia génica las células de la médula ósea, fibroblastos, queratinocitos, hepatocitos, células endoteliales, respiratorias, miocitos y células más diferenciadas como los linfocitos T.

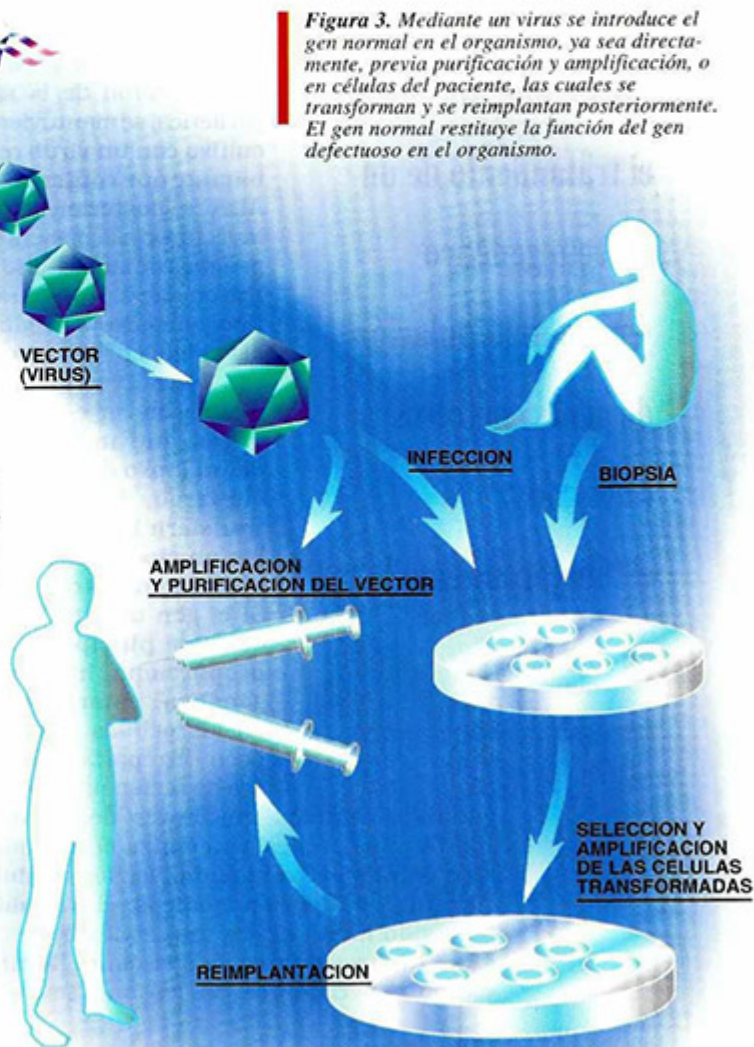
El tipo de célula escogido depende del desorden por tratar. La enfermedad de Von Gierke y la fenilcetonuria se deben a deficiencias de enzimas producidas exclusivamente por el hígado, por tanto para terapia génica se deben utilizar hepatocitos. Para el tratamiento de la hipercolesterolemia se usan células del endotelio vascular. Para la fibrosis quística del pulmón y las distrofias musculares, los



GEN



VECTOR (VIRUS)



**Figura 3.** Mediante un virus se introduce el gen normal en el organismo, ya sea directamente, previa purificación y amplificación, o en células del paciente, las cuales se transforman y se reimplantan posteriormente. El gen normal restituye la función del gen defectuoso en el organismo.

**L**a terapia génica  
tiene como fin  
el tratamiento de un  
defecto genético  
y no la manipulación  
de genes con otros  
fines como  
el "mejoramiento"  
de la raza.

---

---

miocitos, y para más de setenta desórdenes se podría usar la médula ósea.

Las células tratadas pueden ser células en las cuales se ha detenido su proceso de reproducción o células madre o pluripotenciales. Los primeros intentos de terapia génica mostraron corrección sólo temporal del defecto, pues las células sanguíneas tratadas eran células maduras que ya no se reproducían. En el momento hay métodos efectivos para separar uno y otro tipos de células.

### Terapia génica en humanos

El primer experimento de terapia génica en humanos para tratar una enfermedad genética se realizó en septiembre de 1990 en el caso de una joven que presentaba una deficiencia de la enzima adenosinadeaminasa (ADA), enfermedad caracterizada por deficiencia inmunológica.

Los linfocitos de la paciente se obtuvieron de la sangre periférica, se mantuvieron en cultivo con un virus recombinante que contenía el gen ADA y posteriormente se inyectaron a la paciente. Las pruebas de laboratorio mostraron que el gen se transfirió y comenzó a producirse la enzima en forma normal.

Estos experimentos se realizaron en células maduras que mueren luego de un lapso de tiempo. Sin embargo, lo ideal sería transferir los genes a células pluripotenciales y que dan origen a otras células. Si el gen insertado en las células pluripotenciales proporciona información genética, estará presente en las células hijas. Hace poco se reportaron dos casos de recién nacidos en los

Estados Unidos, pacientes deficientes de ADA a los cuales se les hizo el tratamiento en células extraídas del cordón umbilical; según los reportes médicos, el tratamiento ha sido hasta ahora muy exitoso.

En los últimos años se están llevando a cabo experimentos en los que se cultivan

células malignas extraídas de tumores y se les implantan genes para factores de necrosis tumoral, una sustancia que se cree es producida por el sistema primario para matar las células cancerosas, o citocinas. Estos experimentos han demostrado la viabilidad de un posible tratamiento de tumores, insertando agentes citotóxicos que inducen una potente respuesta inmune contra las células malignas.

Estos y otros modelos que actualmente se están desarrollando son ejemplos de las nuevas tácticas para el tratamiento de enfermedades, dirigidas a la corrección de defectos en células somáticas. El uso racional de las nuevas técnicas de biología molecular poco a poco ha sido aceptado por un número creciente de comunidades biomédicas. La mayoría de organizaciones científicas, gubernamentales, públicas y religiosas han concluido que el uso de procedimientos genéticos dirigidos a las células somáticas, aun cuando no están exentos de cuestionamientos, son plenamente justificables en el caso de muchos de los errores innatos del metabolismo.

Vale la pena resaltar que la terapia génica, tal como la estamos proponiendo, tiene como fin el tratamiento de un defecto genético y no la manipulación de genes con otros fines como el "mejoramiento" de la raza. Por esa razón la manipulación genética en células germinales está explícitamente prohibida por el Consejo Consultivo del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos y por el gobierno francés.

Recientemente ha comenzado a funcionar en Colombia un grupo de trabajo en terapia génica, conformado por personas que hacen investigación o que pueden aportar algo a la investigación, con el propósito de que en el término de unos pocos años se tenga en el país la experiencia necesaria para utilizar en forma adecuada esta técnica, minimizando los riesgos para los pacientes.

*(Para mayor información, comunicarse con Luis Alejandro Barrera, teléfono: 286 6269; e-mail: L.Barrera@andescol).*

.....

**Una vez más  
nos sentimos orgullosos de nuestros**

# **Clientes....**

**ellos nos postularon para  
EL PREMIO A LA EXCELENCIA EN EL SERVICIO FENALCO,  
CREDENCIAL MASTER CARD  
y lo obtuvimos!**



**Mil gracias a todos ellos**



**TEQUENDAMA  
INTER•CONTINENTAL  
BOGOTA**

Sergio Torres

Centro Internacional de Física

Departamento de Física, Universidad de los Andes

Santafé de Bogotá, D.C.

**E**l universo comenzó hace aproximadamente 15 mil millones de años en una gran explosión del espacio. Fracciones de segundo después del estallido, la temperatura era tan alta que no podían existir núcleos ni átomos, sólo partículas elementales y luz. Poco después de los tres primeros minutos se formaron los núcleos de los elementos primordiales. A estos calurosos hechos les siguió la expansión del universo y su consecuente enfriamiento.

¿Por qué el modelo de la gran explosión (Big-Bang) ha sido aceptado como el modelo estándar para explicar el origen y evolución del universo? ¿Qué otras alternativas existen? ¿Seguirá la expansión para siempre o se frenará para luego contraerse en un punto? ¿Cómo ha cambiado el concepto que tenemos del universo desde las batallas de Galileo, el último día de Giordano Bruno en la hoguera y los debates entre Newton y Richard Bentley? Preguntas fundamentales como éstas han atraído las mentes más brillantes de las diversas disciplinas que tocan el origen, la existencia y el destino de la humanidad.

En los últimos 65 años se ha generado más conocimiento acerca del cosmos que en los 2180 años precedentes, desde la primera vez que se observó la explosión de una supernova por astrónomos chinos. El crecimiento exponencial del conocimiento radica en la creciente disponibilidad de nuevos instrumentos y tecnologías que nos han permitido explorar el confin del universo. Gracias a la invención del telescopio, Galileo comenzó a socavar las bases de la cosmología aristotélica que dominó durante 15 siglos. Mirando a través de su telescopio, Galileo observó manchas en el sol y reveló la existencia de cráteres y arrugas en la superficie de los planetas, contrario a la doctrina aristotélica según la cual los cuerpos celestes son perfectos. También fue Galileo, junto con Copérnico, quienes nos sacaron de la privilegiada posición como centro del universo, y nos colocaron en una desprotegida órbita alrededor del sol. Así como Galileo revolucionó la manera como vemos y explica-





# El origen del universo

mos el mundo, hoy los astrofísicos estamos participando del renacimiento de la cosmología, porque después de largos esfuerzos hemos podido recolectar datos precisos y sistemáticos sobre el universo.

## El universo y sus dimensiones

Las órbitas planetarias eran ya bien conocidas cuando Newton descubrió la ley universal de la gravedad. Gracias a las cuidadosas observaciones del exótico astrónomo Tycho Brahe y a la brillante inteligencia de Kepler, se pudo establecer el conjunto de leyes que siguen las órbitas de los planetas alrededor del sol. Sin embargo, en los tiempos de Newton el universo a gran escala estaba limitado a unas pocas decenas de miles de años luz. Aún no se habían descubierto las galaxias u otros objetos astronómicos extragalácticos. Sólo muy recientemente (1924), el astrónomo norteamericano Edwin Hubble descubrió la existencia de galaxias fuera de la nuestra. Hubble tuvo la suerte de usar el telescopio más potente que existía en ese entonces, el telescopio de 2.5 metros de monte Wilson en California. Con sus mediciones pudo determinar definitivamente que el universo está en expansión. En la astronomía, como en cualquier otra ciencia, el uso de un nuevo instrumento abre la posibilidad de explorar terrenos desconocidos y aumenta la probabilidad de realizar hallazgos importantes.

Cuando hablamos de escalas de espacio y tiempo inmensamente grandes en comparación con la escala humana, nos damos cuenta de la necesidad de forzar la imaginación para poder apreciar su significado. Las dimensiones de la Tierra aún las podemos concebir. Nuestro insignificante planeta tiene un radio de 6378 kilómetros, lo que implica que, a una velocidad de 100 kilómetros por hora, tardaríamos 17 días para darle la vuelta al planeta sobre su superficie. A la velocidad de la luz un viaje alrededor de la Tierra tardaría un octavo de segundo. La distancia que nos separa del sol (150 millones de kilómetros) la recorre la luz en 8.3 minutos. Por esta razón decimos que la distancia Tierra-sol es de 8.3 minutos luz. Esto también significa que lo que vemos es el pasado, es decir, vemos cómo era el sol hace 8.3 minutos. Nuestro sistema solar tiene un diámetro de 11 horas luz. Para viajar a la estrella más cercana a la velocidad de la luz se tardaría

# Los átomos

presentes en nuestro  
cuerpo se formaron  
en estrellas que se  
convirtieron en  
supernovas y  
al estallar dispersaron  
los elementos pesados  
por todo el espacio.

5 años, y a las galaxias más cercanas (la Nube de Magallanes y Andrómeda), 150 mil y 2 millones de años, respectivamente (**figura 1**).

El universo tiene un radio de 15 mil millones de años luz y alberga unas 100 mil millones de galaxias, que se pueden tratar como puntos, de igual modo como al estudiar las órbitas planetarias tratamos a los planetas como puntos, sin importar sus propiedades internas.

## Repaso de óptica

La luz que pasa a través de un prisma o una rejilla de difracción se descompone en las diferentes frecuencias (colores) que la forman. Newton descubrió de esta manera que la luz blanca se descompone en los colores del arco iris (**figura 2**).

Las frecuencias más bajas corresponden al color rojo y las más altas al violeta. Las frecuencias correspondientes al infrarrojo y al ultravioleta no las podemos ver como luz visible, porque nuestros ojos no son sensibles a estas frecuencias. Cuando la fuente de emisión es un gas hecho con átomos del mismo elemento, las frecuencias que se emiten sólo aparecen en determinados colores. La cuantización de frecuencias resultante se debe a la cuanti-

zación de los niveles de energía de los átomos. Cada elemento químico de la tabla periódica presenta un conjunto característico de frecuencias en su espectro, que sirve como huella para identificarlo. La existencia del elemento helio, por ejemplo, fue establecida de esta forma por primera vez en el sol. De manera análoga, por medio del análisis de las líneas de emisión del espectro de la luz proveniente de galaxias, se pudo demostrar que la materia que constituye el universo es un 75% hidrógeno y un 25% helio, con la presencia de pequeños porcentajes de elementos más pesados como los que se encuentran en los planetas. El origen del hidrógeno y del helio es cosmológico, es decir, éstos se formaron en épocas muy tempranas del universo. El calcio de nuestros huesos y el hierro que se encuentra en nuestra sangre se formaron en estrellas pesadas que se convirtieron en supernovas y al estallar dispersaron los elementos pesados por todo el espacio.

La frecuencia de la luz que sale de una estrella en movimiento aparece aumentada o disminuida ante el observador, según si la estrella se acerca o se aleja, respectivamente. Este efecto de corrimiento de la frecuencia es el efecto Doppler, y es proporcional a la velocidad relativa entre emisor y fuente. Este principio fue utilizado por el astrónomo norteamericano Vesto Slipher en 1917, y más tarde por Hubble, para medir la velocidad de galaxias lejanas.

Las observaciones realizadas por Slipher del corrimiento hacia el rojo de las líneas del espectro de luz proveniente de estrellas de



**Figura 1.**  
Galaxia de  
Andr6meda.

otras galaxias, comenzaron a dar las primeras indicaciones sobre la expansión del universo. Observando galaxias en todas las direcciones, Hubble, en 1929, pudo probar que las galaxias se están alejando de nosotros con una velocidad proporcional a la distancia. Cuanto más alejada se encuentra una galaxia, mayor será su velocidad. Si todos los puntos del universo se alejan uno del otro, es fácil extrapolar hacia el pasado y darse cuenta de que todos los puntos se acercan, de tal forma que cuando nos devolvemos 15 mil millones de años nos encontramos con todas las galaxias concentradas en un mismo punto.

### El universo en 1948

El físico ruso George Gamow y sus colegas norteamericanos Ralph Alpher y Robert Herman se propusieron resolver el problema de explicar la existencia en el universo de hidrógeno y helio en la proporción observada (75% y 25% respectivamente). El trabajo de estos físicos dio nacimiento al modelo del "Big Bang". La posibilidad teórica de un universo en expansión ya había sido considerada entre 1917 y 1923, antes de Gamow, por los físicos Willem de Sitter, George Lemaitre y Aleksandr Friedmann, quienes encontraron soluciones a las ecuaciones de la teoría general de la relatividad de Einstein consistentes con un universo en expansión.

Que la mayoría de las galaxias, independientemente de la dirección hacia la cual observamos, estén constituidas por los mismos elementos primordiales en las mismas proporciones, indica que se formaron a partir de una materia prima preexistente y de origen cosmológico. Partiendo de la ya conocida expansión del universo descubierta por Hubble, el grupo de Gamow estudió la posibilidad de formar todo el helio existente en el universo por medio de un mecanismo de fusión nuclear, posible gracias a las altas temperaturas que ha debido tener el universo en sus épocas más tempranas. Para explicar las condiciones existentes durante los primeros segundos y minutos del universo, se hace necesario conocer la naturaleza de las

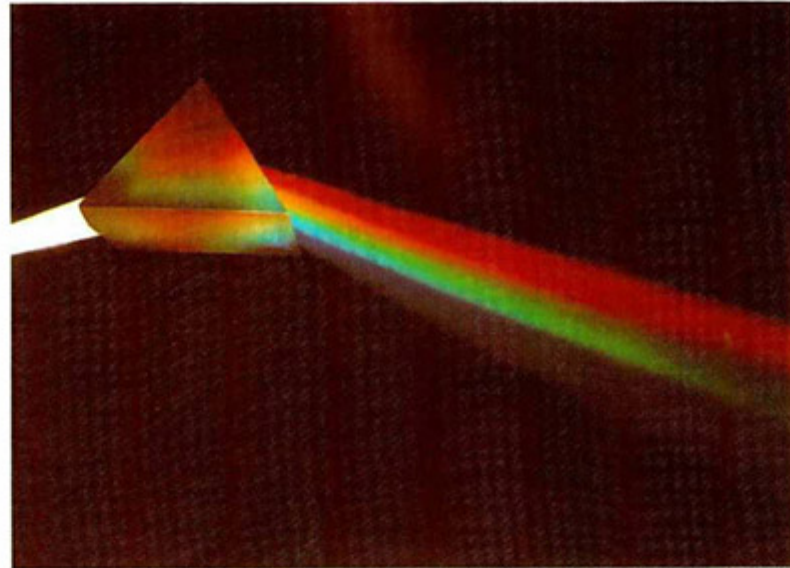


Figura 2. La luz, al pasar a través de un prisma, se separa en sus diferentes longitudes de onda (colores).

partículas elementales y de sus interacciones (véase artículo de Bernardo Gómez en INNOVACIÓN Y CIENCIA, Vol. III, No. 1, p. 16). En un universo en expansión, la temperatura necesariamente se hace más alta a medida que nos acercamos al origen. Esto es así porque, tal como sucede con un gas, al disminuir el volumen aumenta la presión, y la temperatura. A temperaturas mayores a los mil millones de grados Kelvin ( $\text{Kelvin} = \text{Celsius} - 273.15$ ), los protones y neutrones existentes no se pueden ligar para formar núcleos, porque los choques entre las partículas, que resultarían a estas temperaturas, inmediatamente romperían cualquier núcleo que se llegara a formar. El universo se va enfriando a medida que se expande; es preciso esperar que pasen los primeros tres minutos para que la temperatura baje a niveles que permitan la formación de núcleos de deuterio y de helio. Los cálculos de "nucleosíntesis" del helio y otros elementos livianos, que aparecen en muy pequeñas proporciones en el universo primigenio, están de acuerdo con las cifras observadas experimentalmente.

Una importante predicción que se desprende de este mecanismo de formación del helio en el universo es la existencia de una "radiación de fondo". Acompañando a los protones y neutrones en ese gas a alta temperatura que era el universo recién formado, existían fotones (luz) en equilibrio térmico. La temperatura de esta radiación es la misma del gas de partículas hasta el momento en el que la radiación y la materia ya no pueden interactuar; es decir, cuando el medio se vuelve transparente a la luz. Esto ocurre aproximadamente a los 700 mil años de edad del universo. A partir de este momento toda la radiación existente comienza a

# Las ondas recogidas por la antena de Penzias y Wilson es la señal más remota que nos viene del universo primigenio.

propagarse libremente en el universo. Esta radiación se conoce con el nombre de radiación cósmica de fondo (RCF) y fue predicha por el grupo de Gamow.

En 1948 aparece un artículo de Herman y Alpher en la revista *Nature* con la predicción de la RCF con una temperatura actual calculada en 5 grados Kelvin. Este valor tan pequeño se debe a que, al expandirse el universo, la temperatura de la RCF debe disminuir. El modelo del Big Bang no sólo predice la existencia de la RCF y su temperatura, sino también algunos de sus atributos. Dentro de este modelo, la RCF se desprendió de un gas en equilibrio térmico, por tanto debe tener una distribución espectral característica de los cuerpos en equilibrio térmico. Tal radiación fue estudiada por el físico alemán Max Planck,

quien explicó, en 1900, mediante el principio de cuantización de la energía, la forma del espectro que esta radiación debe tener. Según Planck, el espectro de la radiación emitida por un cuerpo en equilibrio térmico tiene una distribución en frecuencias caracterizada únicamente por un parámetro: su temperatura. Los físicos identifican este tipo de radiación con el nombre de radiación de cuerpo negro. En síntesis, de acuerdo con Gamow, la RCF debe manifestarse como radiación de cuerpo negro con una temperatura aproximada de 5 grados Kelvin.

Otra importante característica de la RCF debe ser la aparición de pequeñas anisotropías en su distribución espacial. Esto quiere

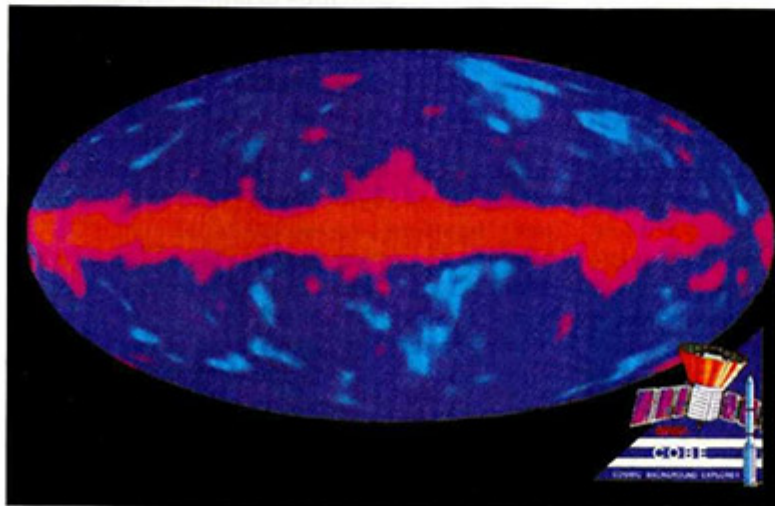
decir que la temperatura de la RCF no es exactamente la misma en todas las direcciones. Deben existir algunas regiones con temperaturas ligeramente mayores y otras con temperaturas algo menores que el valor promedio. La aparición de anisotropías en la RCF se debe a que antes de la época del desacople de la radiación y la materia (a los 700 mil años de edad), debieron existir en ese gas pequeñas perturbaciones que dieron origen a las galaxias y cúmulos de galaxias. Como la radiación y la materia estaban en equilibrio térmico durante esa época, cualquier perturbación que pudiera aparecer en la materia debió dejar una marca en la RCF.

## El descubrimiento de la radiación cósmica de fondo

Los radioastrónomos norteamericanos Arno Penzias y Robert Wilson, en 1964, mientras hacían mediciones del ruido emitido por la atmósfera a frecuencias correspondientes a microondas, se dieron cuenta de que existía una señal de ruido de fondo en sus receptores, con una temperatura de 3 grados Kelvin. Así fue como se detectó por primera vez la RCF. Penzias y Wilson recibieron el premio Nobel en 1978, en reconocimiento a la importancia de su descubrimiento.

Las ondas recogidas por la antena de Penzias y Wilson es la señal más remota que nos viene del universo. Son las ondas electromagnéticas que se liberaron del plasma que era el universo cuando éste tenía sólo 700 mil años de existencia. Por eso se dice que la radiación de fondo es una fotografía del universo primigenio. Veinticuatro años más tarde, los instrumentos a bordo del satélite COBE (Cosmic Background Explorer) de la NASA demostraron que la RCF efectivamente es radiación de cuerpo negro a 2,735 grados Kelvin y descubrieron la presencia de anisotropías a un nivel de una parte en 100 mil (figura 3). Es decir, la temperatura de la RCF exhibe pequeñas desviaciones de su valor medio, tal como se espera del modelo de formación de galaxias y cúmulos por colapso gravitacional. Los hallazgos del COBE han sido comprobados independientemente por el experimento norteamericano FIRS y el europeo Tenerife. El primero hizo un mapa de la RCF desde globos con detectores más sensibles que los del COBE, y encontró que el nivel de anisotropía y sus propiedades estadísticas están de acuer-

Figura 3.  
El Big-Bang.



ses que lleva ya varios años midiendo la RCF desde un observatorio en Tenerife. Los resultados de este último experimento también confirman lo encontrado por COBE.

La tarea del científico es construir modelos y teorías para explicar la manera como funciona la materia, el cosmos, la vida, y lo que ocurre en la naturaleza. La prueba de fuego de cualquier teoría es la confrontación de sus predicciones con los datos experimentales. Es así como desde el tiempo de los filósofos griegos venimos descartando modelos del universo. Hasta ahora, el modelo del Big-Bang ha salido favorecido debido al simple hecho de que se han comprobado experimentalmente seis de sus predicciones: 1. el universo se expande, 2. el universo tiene una edad finita, 3. el universo está constituido primordialmente por 75% hidrógeno y 25% helio, 4. se detectó la RCF con una temperatura de aproximadamente 3 grados Kelvin, 5. la RCF posee un espectro de radiación de cuerpo negro, y 6. la RCF tiene pequeñas anisotropías.

Existe un modelo alternativo del universo, elaborado en 1948 por Fred Hoyle, sir Hermann Bondi y Thomas Gold ("modelo estacionario"), según el cual el universo es infinito y no tuvo comienzo. Este modelo implica que el universo es homogéneo no solamente en el espacio sino también en el tiempo. Al aceptar un comienzo ya estamos de alguna manera introduciendo una asimetría en el tiempo, un antes y un después que rompe la homogeneidad del universo en el tiempo. La expansión del universo observada por Hubble fue explicada dentro del modelo estacionario como el efecto de generación espontánea de materia que necesita de un espacio siempre en expansión para poder albergar esta materia nueva. La radiación cósmica de fondo no pudo ser explicada den-

tro de este modelo, y cuando ésta fue descubierta, los proponentes del modelo lo abandonaron. Sir Hermann Bondi estaba presente en la audiencia de una conferencia que tuve la oportunidad de dar en un workshop recientemente en Hong Kong. El tema de mi charla era el de los resultados de mi análisis de los datos del proyecto COBE de la NASA. Al final de mi charla, sir Hermann Bondi se paró y muy elocuentemente se dirigió a la audiencia diciendo que él no se había equivocado cuando trabajó en el modelo estacionario, simplemente que el modelo no funcionó.

Desde 1924, cuando Hubble abrió la ventana al mundo extragaláctico, hemos podido aumentar el conocimiento del cosmos gracias a la acumulación de importantes observaciones hechas posibles mediante avances tecnológicos. Así como es inmenso el terreno recorrido, igualmente profundo es lo desconocido. Aún no sabemos si la materia visible (estrellas) es la única materia en el universo, o si por el contrario existe la materia oscura predicha por varias teorías astrofísicas y teorías de partículas elementales. Aún no sabemos si el universo seguirá en expansión o si se volverá a colapsar sobre sí mismo. No sabemos exactamente cómo se formaron las galaxias, tampoco sabemos con certeza si existen los famosos agujeros negros que predice la teoría de la relatividad general de Einstein. Como estas hay muchas otras preguntas por responder. Apenas comenzamos la tarea de armar el rompecabezas del cosmos. Indagar sobre el cosmos y tratar de robarle los secretos a la naturaleza es un trabajo apasionante.

*(Agradezco a Alexis de Greiff por su cuidadosa lectura del manuscrito y sus sugerencias. Mi trabajo de investigación sobre el tema ha sido apoyado por Colciencias)*

\*\*\*\*\*

### **Bibliografía**

1. **Rudolf Kippenhahn:** *Luz del confín del universo.* Biblioteca Científica Salvat, Vol. 78. Editorial Salvat, Barcelona, 1987.
2. **Paul Davies:** *El universo desbocado.* Biblioteca Científica Salvat, Vol. 1. Editorial Salvat, Barcelona, 1985.
3. **James S. Trefil:** *El momento de la creación.* Biblioteca Científica Salvat, Vol. 31. Editorial Salvat, Barcelona, 1986.
4. **Martin Gardner:** *La explosión de la relatividad.* Biblioteca Científica Salvat, Vol. 45. Editorial Salvat, Barcelona, 1987.
5. **George Smoot:** *Arrugas en el tiempo.* Editorial Plaza y Janes, 1994.
6. **Steven Weinberg:** *The First Three Minutes.* Bantam Books, 1984.
7. **Joseph Silk:** *The Big Bang.* Freeman, New York, 1989.
8. **Timothy Ferris:** *Coming of Age in the Milky Way.* First Anchor Books, New York, 1988.
9. **Barry Parker:** *Creation.* Plenum Press, New York, 1988.





# Contribución del mejoramiento genético al desarrollo de la caficultura colombiana

**Germán Moreno Ruiz**

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Líder de la Disciplina Mejoramiento Genético,  
Centro Nacional de Investigaciones del Café -  
Cenicafé,  
Chinchiná, Caldas

**P**or más de un siglo la caficultura ha sido el pilar de la economía colombiana y sólo en los últimos años ha disminuido su importancia relativa frente al auge de nuevas fuentes de divisas. No obstante, el café continúa siendo el renglón económico de mayor trascendencia social debido a la gran cantidad de personas que dependen de él.

La excelente calidad de su bebida le ha permitido al café colombiano ocupar un sitio preponderante en el mercado mundial, el cual ha podido ser abastecido permanente y oportunamente gracias a que la caficultura ha sido una empresa económicamente rentable. De esta situación son responsables, en gran medida, las variedades sembradas por los caficultores colombianos.

El mejoramiento genético, entendido como una actividad científica, tiene como objetivo principal producir variedades útiles para la solución de los problemas que enfrenta la agricultura. La caficultura nacional ha tenido transformaciones importantes a lo largo de su historia, a las cuales el mejoramiento genético ha estado estrechamente vinculado, como veremos a continuación.

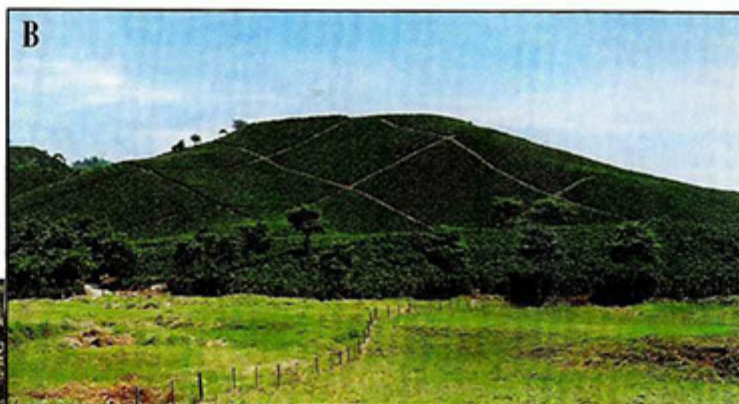
## Cultivo extensivo

Desde su inicio y hasta mediados de este siglo, en la caficultura nacional predominó un tipo de cultivo conocido como "extensivo", caracterizado por la siembra de cafetales sin empleo de fertilizantes, con amplias densidades de siembra y bajo un sombrío denso (**figura 1A**). El sombrío cumple el papel de regular la producción de acuerdo con la fertilidad natural del suelo. Durante este periodo la variedad Típica fue casi la única utilizada por los agricultores<sup>1</sup>.

En los cafetales de tipo extensivo se obtienen producciones relativamente estables a través del tiempo, sin que sea necesario el uso de insumos, como los abonos. Sin embargo, las producciones obtenidas con este sistema son bajas, apenas del orden de 600 kilos por hectárea.

Durante este primer periodo de la caficultura, los trabajos de mejoramiento com-

**Figura 1.**  
**A.** Cafetal tradicional.  
**B.** Cafetal tecnificado  
en la zona central  
cafetera de Colombia.



probaron las bondades de la variedad Típica y propiciaron su difusión por toda la región productora del país.

### Tecnificación

Al comenzar la década de los años 60 la caficultura nacional sufrió un primer gran cambio, favorecido por varios factores que se presentaron casi simultáneamente. Estos factores fueron la siembra de cafetales a plena exposición solar, el empleo de fertilizantes para contrarrestar el desequilibrio fisiológico de las plantas debido al aumento en la producción y la utilización de la variedad Caturra, introducida del Brasil en 1952, que por su porte bajo permite altas densidades de siembra (**figura 1B**).

Este cambio significó pasar de las producciones bajas mencionadas antes, a los 5000 y 6000 kilogramos por hectárea, alcanzadas con frecuencia en fincas tecnificadas de la región productora central del país. Esta tecnificación del cultivo condujo a que el país consolidara su posición como exportador de gran importancia en el mercado mundial.

El programa de mejoramiento genético del café en esta etapa de la caficultura, adoptó las prácticas de cultivo intensivo para evaluar experimentalmente el germoplasma de café introducido en el país desde comienzos de los años 50.

La siembra a plena exposición solar permitió la prueba de germoplasma con el fin de analizar la expresión del potencial productivo

de éste, eliminando las interferencias que causa el sombro en la experimentación, a veces imposibles de evitar.

Durante esta etapa se evaluaron numerosas introducciones en sus características agronómicas y de calidad, y se obtuvo una valiosa información para desarrollar los trabajos futuros. Como ejemplo, basta recordar que como resultado de las evaluaciones hechas en esta época, se seleccionaron la variedad Caturra y la introducción "Híbrido de Timor"<sup>2</sup>, materiales básicos para los trabajos que posteriormente desarrolló Cenicafé en el campo de la resistencia a la roya.

### Variedades mejoradas con resistencia genética a enfermedades

Después de alcanzar un nivel de tecnificación importante, la caficultura nacional transcurrió durante varios años sin que existieran problemas que limitaran su desarrollo. Pero la aparición de la roya de la hoja en el continente americano, cambió nuevamente el panorama del cultivo.

La roya, enfermedad producida por el hongo *Hemileia vastatrix*, hizo su aparición en América en 1970 y en Colombia en 1983. Es una enfermedad extendida por todo el país, la cual, si las condiciones son favorables, produce serias defoliaciones que afectan severamente la cantidad y la calidad de la cosecha<sup>3</sup>.

Los problemas causados por la roya adquirieron mayor trascendencia al considerar que todas las variedades tradicionales cultivadas en el país y en América, son homogéneamente susceptibles, debido a su estrecha base genética, lo que hace improbable que dentro de ellas exista alguna variación importante en resistencia. Tal situación obligó a la búsqueda de fuentes de resistencia dentro de los materiales introducidos que hacían parte de la colección de germoplasma.

En las colecciones de germoplasma se identificaron algunas introducciones resistentes, que infortunadamente no pudieron ser utiliza-

das directamente como variedades comerciales, por presentar serios defectos agronómicos y de calidad. Esta circunstancia propició el desarrollo de variedades mejoradas a partir del cruzamiento entre fuentes de resistencia a la roya y variedades comerciales susceptibles a la enfermedad pero con atributos agronómicos y de calidad sobresalientes<sup>4</sup>.

Para enfrentar este reto se comenzó en 1970 un programa de mejoramiento por hibridación que consistía en transferir, por medio de cruzamientos, los genes de resistencia encontrados en algunos de los materiales de la colección, como el Híbrido de Timor, a las mejores variedades comerciales, como Caturra (tabla 1).

El Híbrido de Timor es una población natural posiblemente de origen interespecífico (*C. arabica* x *C. canephora*), que posee varios genes de resistencia a la roya. La variedad Caturra es de amplia aceptación entre los agricultores por su alta productividad, amplia adaptación y excelente calidad del grano y de la bebida.

A través de la selección practicada en Colombia durante cinco generaciones, se consiguió obtener progenies que reunían las características agronómicas sobresalientes de la variedad Caturra y la resistencia a la roya aportada por el Híbrido de Timor. Para la prueba de la resistencia se contó con la cooperación del CIFC (Centro de Investiga-

## La aparición de la roya obligó a la búsqueda de fuentes de resistencia dentro de los materiales introducidos que hacían parte de la colección de germoplasma.

**DEFOLIACION POR ROYA EN DOS PROGENIES DE CATURRA (CAT) x HIBRIDO DE TIMOR (H. de T.) CON RESISTENCIA INCOMPLETA Y EN LA VARIEDAD CATURRA**

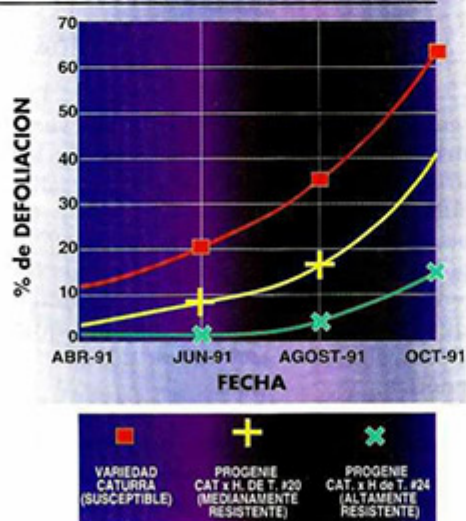


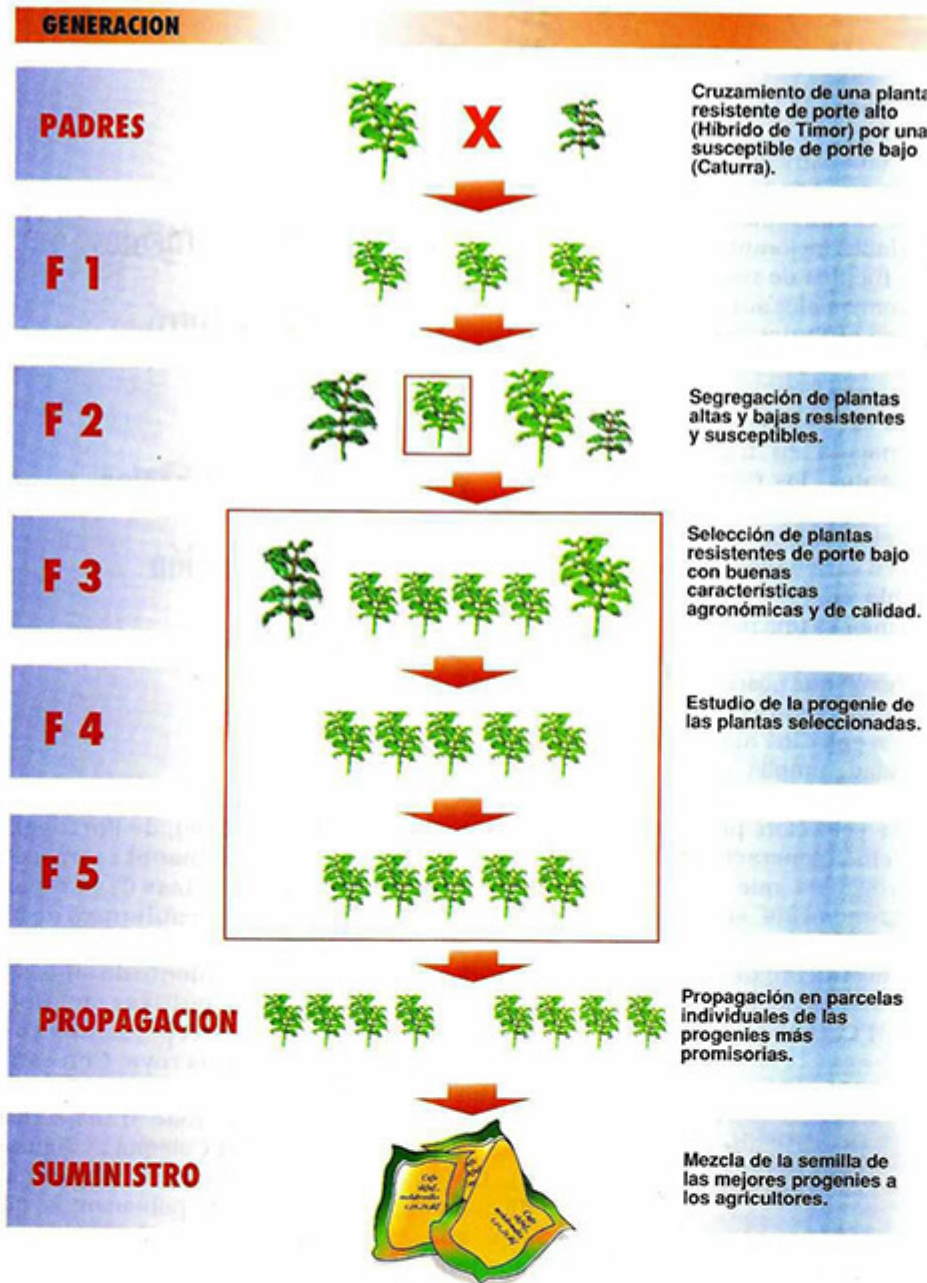
Tabla 1.

ciones de las Royas del Café), de Portugal, donde los materiales colombianos eran probados con la colección de razas de la roya.

Las mejores progenies resultantes de la selección se multiplicaron en parcelas separadas y la semilla proveniente de ellas se mezcló para formar un cultivar de tipo compuesto, en el cual están presentes varios genes de resistencia a la roya. Con esta conformación se busca que la resistencia a la roya sea más durable. Este trabajo dio como resultado la variedad Colombia<sup>5</sup> (figura 2), un intento afortunado para introducir diversidad genética en las poblaciones de café, considerada, quizá, como la contribución más importante que ha hecho el mejoramiento genético a la caficultura nacional.

La variedad Colombia comenzó a ser entregada a los agricultores en 1982, un año antes de la aparición de la roya en el país. Hasta el momento se han distribuido más de 700.000 kg, con los cuales se han instalado cerca de 400.000 hectáreas.

La variedad Colombia ha marcado una nueva etapa en la caficultura nacional, caracterizada por el empleo a gran escala de variedades mejoradas con resistencia a problemas limitativos para el cultivo. Desde su liberación han transcurrido once años en los que ha estado en contacto con el patógeno en condiciones de campo. En este periodo la variedad Colombia se ha difundido rápidamente gracias a sus cualidades agronómicas, especialmente



**Figura 2.** Esquema del proceso de obtención de la variedad Colombia.

la conservación de su resistencia, característica considerada como su principal atributo.

Actualmente el costo del control de la roya se estima en \$100.000 por hectárea-año<sup>6</sup>. La instalación de la variedad Colombia en cerca de 400.000 hectáreas le significa al país un ahorro anual de \$40.000 millones. Esta enorme suma da una idea de la trascendencia que ha tenido para la economía nacional el desarrollo de una variedad con resistencia genética.

Pero el mejoramiento genético enfrenta nuevos riesgos. Uno de éstos es la pérdida de la resistencia de las variedades mejoradas, fenómeno que se presenta con cierta frecuencia en la agricultura. La pérdida de la resistencia es

causada por la acción de nuevas razas formadas en la población de los patógenos como mecanismo para asegurar su supervivencia<sup>7</sup>.

**Duración de la resistencia**

La diversidad genética utilizada como estrategia de mejoramiento para la obtención de la variedad Colombia, permite prever que su resistencia a la roya será durable. Algunas razas del patógeno, posiblemente nuevas, ya han aparecido en nuestro medio, pero su efecto es de poca importancia. Esta situación privilegiada se debe a la acumulación de varios genes de resistencia específica, o completa, y a la presencia de un tipo de resistencia adicional, que hace que las plantas que resultan susceptibles, presenten niveles de ataque tan bajos que el control químico es innecesario.

Esta última resistencia, conocida con el nombre de incompleta, comenzó a ser estudiada en Cenicafé desde el ingreso de la roya y ya se ha logrado seleccionar materiales muy promisorios en los cuales los efectos de la enfermedad son inocuos<sup>8</sup>.

**Otros problemas fitosanitarios**

Existe otra amenaza que podría ser tan severa como la roya de la hoja: la enfermedad de los frutos del café, mejor conocida como CBD (Coffee Berry Disease). Esta enfermedad, ocasionada por el hongo *Colletotrichum coffeanum*, afecta la cantidad y la calidad de los frutos. Por el momento se encuentra confinada al continente africano, pero es posible que haga su aparición en Colombia, tal como ocurrió con la roya de la hoja.

Ante esta eventualidad, una alternativa muy favorable sería lograr la recombinación, en una misma variedad, de la resistencia a la roya y a la CBD, las dos enfermedades más importantes del café.

## La variedad Colombia

es considerada la contribución más importante que ha hecho el mejoramiento genético a la caficultura nacional.

Para cumplir este propósito, desde hace algunos años se planeó un programa de mejoramiento que comenzó con la realización en el exterior de pruebas de preselección por resistencia a la CBD, en germoplasma de origen colombiano, y la evaluación agronómica del material posiblemente portador de la resistencia (tabla 2).

Pruebas efectuadas inicialmente en Kenia y posteriormente en el CIFC en Portugal con los aislamientos más virulentos del hongo, indican que en el material desarrollado en Colombia existe una variación

en resistencia que es de mucho interés para los programas de mejoramiento, porque puede ser aprovechada por medio de selección. En algunos de los materiales probados, como los descendientes de cruces de Caturra x Híbrido de Timor, se ha confirmado la resistencia a la CBD en condiciones de campo en Kenia. Estos mismos materiales poseen resistencia a la roya,

lo cual indica que es posible la selección contra las dos enfermedades más importantes del café<sup>9</sup>.

La investigación con esta clase de materiales continúa satisfactoriamente. Los materiales seleccionados hasta el momento constituyen una valiosa reserva en la utilización de variedades mejoradas con las cuales la caficultura enfrentará los problemas más importantes.

### El mejoramiento genético del café en los próximos años

La calidad y la productividad son dos atributos que seguirán siendo prioritarios en la caficultura del futuro. El mejoramiento genético ha producido materiales con los cuales pueden mantenerse estos atributos.

En los últimos años se ha introducido el concepto de sostenibilidad como otra cualidad por considerar. Las variedades mejoradas, con resistencia a las enfermedades, satisfacen plenamente las tendencias modernas de armonizar la agricultura con la conservación del medio ambiente. En este sentido, el mejoramiento genético es quizás la disciplina que más ha contribuido a que estos atributos, que en muchos casos son solamente ideas lejanas, se conviertan en una realidad en el caso de la caficultura.

La investigación en café se encuentra ahora ante una nueva perspectiva, caracterizada por el advenimiento de nuevas tecnologías, referidas comúnmente con el nombre de biotecnología.

En un sentido amplio, la biotecnología se refiere a la utilización de organismos, células o componentes de ellas, con el fin de obtener productos o proporcionar servicios para el beneficio humano. Los primeros resultados obtenidos por la biotecnología crearon una inusitada expectativa, que indujo a pensar en la sustitución de la investigación convencional. Sin embargo, superada esta primera etapa de auge, la experiencia recomienda considerar la biotecnología como un enfoque de investigación perfectamente complementario con las disciplinas convencionales, entre ellas el mejoramiento genético<sup>10</sup>.

Uno de los problemas más graves para la caficultura nacional en la actualidad es la presencia de la broca (*Hypothenemus hampei*). El desconocimiento de fuentes de resistencia contra este insecto dificulta enorme-

MORTALIDAD EN PLANTULAS DE LA VARIEDAD CATURRA Y DE DOS PROGENIES DE CATURRA (CAT) x HÍBRIDO DE TIMOR (H. de T.) INOCULADAS CON 4 AISLAMIENTO DE COLLETOTRICHUM COFFEANUM

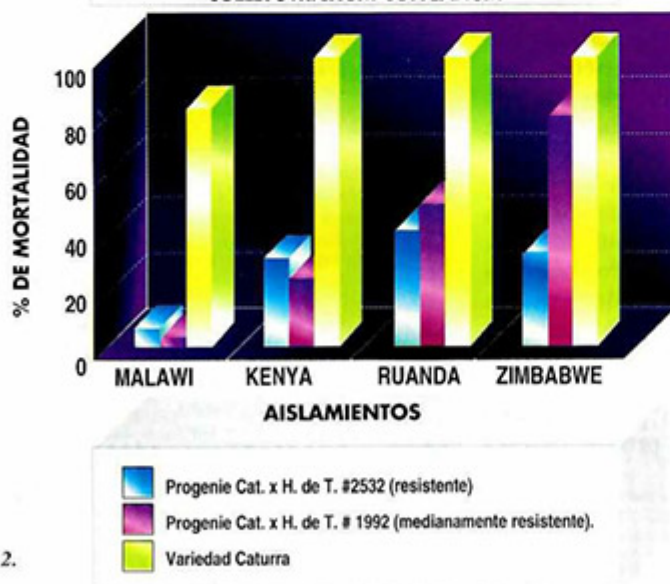
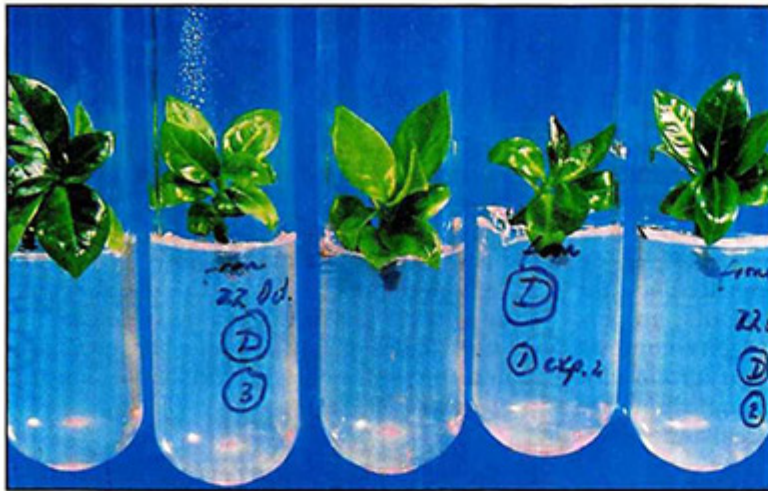


Tabla 2.



**Figura 3.**  
Existen técnicas de multiplicación in vitro al servicio del mejoramiento genético del café.

mente la solución del problema con los métodos propios del mejoramiento convencional. En este sentido, el primer paso que se ha dado en Colombia es iniciar una evaluación exhaustiva del germoplasma para identificar fuentes de resistencia<sup>11</sup>. Sin embargo, el problema es de tal magnitud que amerita enfrentarlo utilizando otros métodos. En otros cultivos diferentes al café, atacados por algunos insectos, la ingeniería genética ha hecho posible la transferencia a ellos de genes de resistencia procedentes de otros organismos<sup>12</sup>. Este es un ejemplo esperanzador que motiva la utilización de esta línea de investigación en el caso aludido de la broca del café.

La Federación Nacional de Cafeteros inició las investigaciones en biotecnología en café desde 1977, y como resultado ya se tiene el dominio de técnicas básicas para la propagación y regeneración de plantas y se avanza en el desarrollo de otras metodologías<sup>13</sup> (figura 3). Algunas de estas técnicas, como el cultivo de células y la propagación por embriogénesis somática, son indispensables para avanzar en la transformación genética. En 1991 se iniciaron trabajos en este último campo, y los primeros resultados sugieren que la transformación genética en café es posible.

El éxito en la introducción de genes de resistencia contra la broca en el café por la vía de la biotecnología sólo podrá confirmarse a mediano o largo plazo. Sin embargo, existe la convicción de que la acción complementaria del mejoramiento genético y de la biotecnología conducirá a la solución de problemas que son difíciles de resolver si estas dos ramas actúan separadamente. Esto permitirá enfrentar con más propiedad los problemas que amenazan a la caficultura.

## Bibliografía

1. **Castillo Z, J:** Mejoramiento genético del café en Colombia. En: 50 años de Cenicafe 1938-1988; Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Colombia. Cenicafe, 1990, pp. 46-53.
2. **Castillo Z, J:** Producción, variabilidad y distribución de la cosecha en introducciones de café. *Cenicafe, Colombia* 28(3): 82-107, 1977.
3. **Cadena G, G:** Distribución geográfica de la roya del café *Hemileia vastatrix* Berk y Br. Chinchiná, Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Avances Técnicos Cenicafe, No. 104, 1982, 2 p.
4. **Castillo Z, J; Moreno R, G:** Obtención de materiales de café resistentes a *Hemileia vastatrix* en Colombia en ausencia de la enfermedad; un programa cooperativo entre Cenicafe y el CIFC. *García de Orta. Serie de Estudios Agronómicos, Portugal* 9(1-2): 119-128, 1982.
5. **Castillo Z, J; Moreno R, G:** La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del café. Chinchiná, Colombia. Cenicafe, 1988, 171 p. (Premio Nacional de Ciencias Fundación Alejandro Angel Escobar, 1986).
6. **Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Cenicafe. Disciplina de Economía Agrícola:** Costos de las aspersiones para el control de la roya del café. Chinchiná, Colombia, 1993.
7. **National Academy of Sciences:** Genetic vulnerability of major crops. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1972, 307 p.
8. **Alvarado A, G:** Periodicidad del crecimiento y desarrollo de epidemias en relación con la resistencia de campo a la roya del café. Chinchiná, Colombia. Cenicafe, 1993, 53 p. (mecanografiado).
9. **Moreno R, G; Castillo Z, J; Alvarado A, G:** Advances in the genetic improvement of coffee in Colombia by combining resistance to "Leaf Rust" and to "Berry Disease". In: *Colloque Scientifique International sur le Café*, 14. San Francisco, Estados Unidos. ASIC, 1991, p. 71.
10. **Petiard V, Deshayes A:** Plant biotechnology as a tool for research and production. In: *Nestle Research News*. Suiza, 1987, pp. 7-17.
11. **Moncada B, M del P; Cárdenas M, R:** Búsqueda de fuentes de resistencia genética a la broca *Hypothenemus hampei*, en germoplasma de café. Chinchiná, Colombia. Cenicafe, 1992 (Proyecto MEG08), 58 p.
12. **Vaeck M, Reynaerts A, Hofte H, Jansens S, De Beuckeleer M, Dean C, Zabeau M, Van Montagu M, Leemans J:** Transgenic plants protected from insect attack. *Nature* 328: 33-37, 1987.
13. **Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Federacafé. Subgerencia General Técnica (Bogotá):** Propuesta para la estructuración de la investigación en biotecnología del café en la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia Cenicafe-LIQC. Chinchiná, Colombia. Federacafé, 1991, p.v.

# Noticias

## A.C.A.C.

### PROGRAMA DE ACTIVIDADES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS JUVENILES

La Asociación tiene clara conciencia acerca de la importancia de trabajar con la juventud y los docentes, base sólida para un futuro lleno de esperanza. Por tal motivo organiza diversas actividades con el fin de estimular la creatividad, la investigación y el desarrollo tecnológico dentro de un reconocimiento de la realidad y de la cultura nacional.

- **Expociencia Juvenil:** Feria de la creatividad juvenil, que se lleva a cabo de manera simultánea con Expociencia. Se expone una muestra seleccionada de los mejores trabajos científicos, tecnológicos y de expresión artística realizados por estudiantes de educación secundaria y media vocacional.
- **Correo de la Ciencia:** Asesoría que se le brinda a los jóvenes y maestros interesados en proyectos científicos y tecnológicos.
- **Clubes Científicos:** Asesoría para asociaciones permanen-

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia y la Fundación Tecnos, con el patrocinio de Bancoldex, están convocando a las empresas para la segunda entrega de este premio, creado con el objetivo de estimular la innovación tecnológica, al reconocer la labor de las empresas que se hayan destacado por incorporarla de manera exitosa y sistemática en su estrategia de producción.

El premio está abierto a empresas manufactureras de cual-

quier origen y tamaño, radicadas en Colombia, siempre y cuando las innovaciones presentadas se hayan desarrollado en el país, con no más de dos años de antigüedad.

El premio se otorgará en las categorías: microempresa, pequeña, mediana y gran empresa.

Las empresas interesadas en participar podrán solicitar los formularios de inscripción a partir de agosto de próximo. La ceremonia de premiación se llevará a cabo el 6 de abril de 1995. ■

### PREMIO A LA INNOVACION TECNOLOGICA EMPRESARIAL

tes de jóvenes o interesados en formar grupos que desarrollen actividades que contribuyan a la educación científica y tecnológica de sus miembros y de la comunidad.

- **Encuentro con el Futuro:** Conferencias sabatinas con variados temas de actualidad nacional e internacional, creadas para establecer lazos entre jóvenes y docentes con científicos.
- **Talleres de Capacitación:** Trabajos de grupo con jóvenes y docentes que permitan conocer, cuestionar, investigar, evaluar y reflexionar temas de interés pedagógico en la ciencia y la tecnología.

La ACAC está enviando formularios para invitar a los estudiantes de secundaria y media vocacional a inscribirse en alguna de estas actividades.

Actualmente el Encuentro con el Futuro llega a su tercer año, y se empieza a convocar para Expociencia Juvenil 1995. ■

### PREMIO NACIONAL AL MERITO CIENTIFICO

Próximamente se estará haciendo la convocatoria para optar al Premio Nacional al Mérito Científico, creado por la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia con el fin de recompensar la vida y obra de un ciudadano colombiano, realizada primordialmente en Colombia y que represente una contribución importante a la ciencia o a la tecnología.

A partir de la segunda versión el premio ha contado con el patrocinio de Granahorrar; su realización es anual, y para ésta, la quinta versión, se amplió a tres categorías: investigadores de larga trayectoria, jóvenes investigadores y divulgadores científicos. Cada categoría recibirá un premio, fijado en salarios mínimos, durante la ceremonia que se llevará a cabo en el mes de octubre próximo. ■



# Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

Mención Especial

## CARROCERIAS EL SOL

Más de 34 años de creatividad

Lisbeth Fog

**A**l lado de las ensambladoras multinacionales de vehículos como la Compañía Colombiana Automotriz, Colmotores y la empresa Sofasa-Renault, desde 1991 una compañía colombiana, compitiendo a nivel internacional con tecnología "criolla", se ha convertido en la cuarta ensambladora del país.

"En el ramo del transporte terrestre somos pioneros", dice el gerente de Carrocerías El Sol Ltda., don Carlos Julio Vargas Mendoza, "pues hemos introducido más de 80

innovaciones en remolques y carrocerías de estacas". A su juicio, el logro más satisfactorio de la compañía fue el haber conseguido reducir el peso de los equipos en más de un 20%, lo que hace más rentable el transporte y aumenta la capacidad de carga útil. En cuanto a remolques, por ejemplo, logró bajar el peso en más de 1200 kilos en comparación con sus similares del mercado nacional, sin reducir la calidad ni la resistencia.

Entre sus productos, los que más llaman la atención son los buses de dos pisos en tres versiones: el Omnibus, fabricado en 1986, con capacidad para 120 pasajeros sentados; el Aerobús, diseñado para turismo en 1988, y el Tractobús, con capacidad para 155 pasajeros.

Si bien el caos en el transporte urbano y los absurdos accidentes que se presentan en la capital colombiana son una realidad que preocupa a todos, el hecho es que después de más de ocho años de esfuerzo por parte de la empresa Carrocerías El Sol, las autoridades no creen que estos buses podrían ser una alternativa adecuada para solucionar el problema. ¿La razón? Vargas dice que es sólo por el hecho de ser productos "made in Colombia". El Gobierno no ha sido su mejor aliado. Pero dentro del gremio, el empresario es considerado líder en el diseño de nuevas tecnologías para el transporte de pasajeros y de carga y sus productos se catalogan entre los mejores.

### El drama de la tramitomanía

"Creamos porque creemos en Colombia", es el eslogan de la empresa, que cuenta en la actualidad con 65 empleados. Sin embargo, a Vargas le duele salir a las calles bogotanas, pensando que tiene la solución para el desorden en el tránsito y que, según él mismo, por el hecho de que sus buses son de fabricación nacional, el Gobierno no le ha dado el apoyo

que permitiría verlos recogiendo y dejando pasajeros de una manera organizada y respetuosa.

Para ello, la compañía sólo necesitaba una licencia como ensambladora en el momento adecuado, hace unos cinco años, cuando empresarios de Ecuador quisieron cerrar negocio con Carrocerías El Sol para la compra de más de 70 buses. No hubo licencia y no hubo negocio. Unos años más tarde, cuando finalmente, y luego de amenazas de huelga de hambre por parte de don Carlos, el Gobierno expidió la licencia para fabricar, vender y exportar los buses, ya los posibles contratos se habían esfumado, y por tanto no había el dinero necesario para iniciar su producción en serie. "Esto me ha costado hasta lágrimas", dice Vargas.

Sin embargo, y a pesar de haberlas derramado en ocasiones, no desfallece en sus aspiraciones: trabaja actualmente en el diseño de un nuevo modelo, el bus Galileo Galilei, que será más aerodinámico, con servicios sanitarios y cojinería reclinable. "Me impulsa la terquedad y la esperanza", dice. Y por ello, el eslogan de la empresa tiene una variación: "Creamos porque, a pesar de todo, aún creemos en Colombia".

### Buses de dos pisos "made in Colombia"

El tren motriz, el motor, la caja, los ejes y los componentes de la dirección hidráulica de los buses son importados. El resto de las partes, más del 80% del total del vehículo, es de producción nacional, lo cual incluye los chasis para cada uno de ellos.

Sus costos oscilan entre 130 millones de pesos, que vale el aerobús, y 160 millones del tractobús, también llamado "El cóndor de los Andes", frente a 200 a 250 millones que cuestan los buses similares europeos y norteamericanos. Además, estos tres buses tienen la ventaja de que han sido

diseñados específicamente para las condiciones de las carreteras de nuestro país: por ejemplo, tienen una altura de 2.10 metros, adecuada para las medidas estándar de los puentes colombianos. Los buses ingleses, por su parte, son más altos y no sería posible su libre circulación en nuestro territorio.

El aerobús tiene más bajo el centro de gravedad que los buses corrientes, lo cual significa que es más estable y su capacidad de maniobrabilidad es más amplia; del mismo modo, el motor diesel marca Cummins, la suspensión neumática con ocho amortiguadores de doble acción y sus ocho cámaras de aire que lo reparten por la fuerza centrífuga, permiten la estabilidad permanente del vehículo. Con capacidad para 64 pasajeros, está dotado con cocina, baño, bar, televisión a color, betamax, equipo de sonido, aire acondicionado, minicircuito cerrado de televisión y tobogán de evacuación automático.

El omnibus realiza un viraje de 180 grados en dos tiempos. Ocupa un espacio de 12.3 metros lineales de vía y tiene cupo para 120 pasajeros, el equivalente al de tres buses ejecutivos, que ocupan 39 metros; seis busetas, que ocupan 54 metros, o doce micros, que ocupan 94 metros lineales.

El tractobús consiste en un bus de dos pisos que se monta sobre el remolque de una tractomula. Da la vuelta en "U" en un solo tiempo y su capacidad para transportar pasajeros equivale a la de cuatro buses ejecutivos. Tiene otra gran ventaja y es que si se daña un cabezote, el bus no quedará parqueado, en tanto el chasis puede ser operado con otro cabezote y cumplir sus funciones a cabalidad.

Luego de ser probado en las carreteras colombianas, el tractobús demostró un alto grado de maniobrabilidad, estabilidad y comportamiento en los virajes, acorde con los estándares de diseño universales. Se trata, como en los dos casos anteriores, de un produc-

Con el uso masivo de los buses de dos pisos se agilizaría el tránsito, aumentando la velocidad y la capacidad de pasajeros transportados, y se reduciría la contaminación.

to exclusivo del desarrollo tecnológico de Carrocerías El Sol. Con el tractobús, don Carlos se propone participar en el libro de los Guinness Records.

Basado en un estudio sobre la Troncal de la Caracas, Vargas informó que se requieren 550 buses para movilizar 44 mil pasajeros en las horas pico, con una velocidad promedio de 28 kilómetros por hora. Dichos buses se podrían reemplazar por 138 tractobuses, que se desplazarían a 40 kilómetros por hora y su capacidad ascendería a 48.600 pasajeros movilizados por hora.

Del mismo modo, el nivel de contaminación se reduciría, no sólo porque se trata de un vehículo en lugar de 4 ejecutivos, 8 busetas o 16 micros, sino porque el combustible diesel de su motor, de acuerdo con ciertos estudios científicos, es menos contaminante que la gasolina y menos dañoso para la salud, a pesar de que su olor sea más desagradable. El tractobús, además, tiene en su interior, al lado de la escalera que conecta los dos pisos, un jardín de cinco metros cuadrados.

La seguridad ha sido motivo de preocupación y ocupa un lugar

prioritario en el diseño de los buses. En sus recorridos, que van desde rutas urbanas hasta la vuelta a Colombia, acompañando a los ciclistas nacionales, ninguno de los buses ha tenido accidentes.

Actualmente, y pese a no estar afiliadas, la empresa Sidauto S.A. le ha permitido a Carrocerías El Sol ocuparse de dos rutas que van por la Avenida Caracas en Bogotá. "Las carrocerías El Sol son de excelente calidad, muy bien construidas y aptas para el servicio urbano e intermunicipal", dijo el empresario Julio César Cortés Lozano, dueño de la empresa transportadora mencionada. Agregó además que los buses han tenido una gran aceptación por parte del público bogotano y sugirió la necesidad de contar con 100 ó 500 buses de dos pisos en las rutas de la capital para terminar con el problema de congestión en el tránsito.

Carrocerías El Sol fue la primera industria en producir buses de dos pisos en todo el continente americano. Sin embargo, hoy en día Brasil es el único país de la región que cuenta con este tipo de transporte masivo, gracias al apoyo oportuno del Gobierno. Con chasis importados de Suecia, y la información de la industria colombiana, inició la producción de buses en gran escala, los que tiene hoy en día rodando por calles y carreteras brasileñas.

### La historia de la compañía es la propia historia de su dueño

Carrocerías El Sol inició sus actividades diseñando y fabricando carrocerías de estacas, y desde el comienzo el toque personal de su gerente, Carlos Vargas, ha impuesto su sello en todos los productos que crea. En julio de 1962, durante la Exposición Industrial y de Maquinaria realizada en Villavicencio, ganó el premio al mejor expositor de industria nacional con una carrocería especial para transporte de ganado, con divisiones internas y rampas para facilitar el acceso de



los animales, innovaciones que llamaron la atención de los transportadores colombianos.

Desde entonces la participación en ferias y exposiciones nacionales e internacionales ha sido rutina diaria del gerente Vargas, porque, según dice él mismo, "las ferias son una verdadera universidad en pocos días".

La "fiebre" de don Carlos por meterle la mano a cuanto vehículo se le atravesara en el camino, comenzó en Zetaquirá, Boyacá, hace casi cuarenta años, cuando producía carrocerías de estacas, de busetas y equipo para transporte de carga en general. En aquel entonces, recuerda don Carlos, "había poca competencia y la importación era muy limitada".

Después de cuatro años se trasladó a Miraflores, también en Boyacá, y de allí resolvió buscar horizontes en Bogotá, donde, a principios de los sesenta, montó Carrocerías El Sol en el Centro Industrial de Cazucá, al suroccidente de la ciudad. Aún hoy funcionan en el mismo sitio sus instalaciones, aunque bastante más grandes que en aquella época.

Si inició su actividad diseñando carrocerías de estacas, hoy día es esta línea de productos la que le permite "jugar" con los proyectos de los buses de dos pisos: son sus consentidos.

Vargas ha participado en rallies aéreos y terrestres, y ha obtenido varios primeros lugares. Es piloto privado de avionetas y corredor de autos —Volkswagen, Dodge Demon y fórmula 3— desde la época dorada del antiguo Autódromo Internacional de los Mejía en Bogotá.

Deportista, ingeniero empírico y soñador, don Carlos tiene otra solución para el transporte masivo de la capital: diseñó un "económico y moderno monorriel, tomando como ejemplo los metros de Miami, Disneyworld y de algunas ciudades de Suiza y Australia". Vecina a su oficina en Cazucá, y separada por un inmenso vidrio, construyó una sala donde ha ubicado las maque-

## Carrocerías El Sol

**fue la primera industria  
en producir buses  
de dos pisos  
en todo el continente  
americano.**

tas de sus proyectos. Allí está la del monorriel, la de sus buses y su caja fuerte con los secretos de todas sus invenciones.

En 1991 recibió el Premio Internacional a la Calidad en Miami, otorgado por el Office Trade Center de los Estados Unidos, así como la mención al Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial, de manos del entonces ministro de Desarrollo, Ernesto Samper Pizano. En esa ocasión, el ministro le comunicó la aprobación de la licencia de fabricación de buses de dos pisos. "Ha sido la mejor noticia de mi vida", afirma Vargas.

### Las innovaciones tecnológicas

Además de la reducción en el peso de los remolques, Vargas menciona algunas de sus innovaciones tecnológicas en el campo del transporte: los remolques están contruidos con vigas longitudinales en acero especial para evitar el excesivo curvado.

Las carrocerías cuentan con un novedoso diseño de argollas desmontables y winches manuales para amarrar cargas especiales de difícil manejo y gran volumen.

Los discos antifricción para tornamesa eliminan el desgaste de la misma y de la quinta rueda. Los discos antifricción no requieren mantenimiento ni lubricación.

Carrocerías El Sol fue el primero en equipar los remolques con amortiguadores neumáticos sobre los muelles, con el fin de que la carga y el remolque viajen en colchón de aire. Esta condición también elimina la rotura de muelles e impactos fuertes sobre la suspensión en general.

La empresa fue pionera en la fabricación de "niñeras", o sea los remolques que transportan los vehículos cero kilómetros a nivel nacional.

En sus 34 años de vida, Carrocerías El Sol, a través de la creatividad de su gerente, quien participa activamente en la Asociación Colombiana de Inventores, ha obtenido 36 patentes de inventos correspondientes a productos que favorecen las nuevas tecnologías del transporte. Además, ha producido más de 25 mil productos, entre los que se encuentran remolques de una hasta 60 toneladas, plataformas, camas bajas, equipos para petroleras, carrocerías de estacas, carros talleres, furgones secos y refrigerados, entre otros desarrollos de transporte especializado.

Existen muchos logros que llenan de satisfacción la creatividad de Vargas. Además de los ya mencionados, recuerda con orgullo que ganó el concurso —entre 25 firmas licitantes— para diseñar y fabricar la cápsula de El Tiempo, aquella caja de Pandora que el periódico llenó con lo más representativo de 1983, con motivo de su edición 25.000, y sepultó en sus jardines. "La hicimos con acero inoxidable, sellada y se le inyectó nitrógeno", dice Vargas. Una vez más, consiguió un primer puesto. Sin embargo, sus metas van más allá. Insiste en solucionar el problema del tránsito en las ciudades colombianas. Pero, como dijo un empresario vinculado con el negocio automotor, "el transporte urbano en Bogotá se maneja con base en política y no en soluciones".

.....

# Novedades editoriales

## ANCIANOS Y ANCIANATOS

**Gloria Helena Ochoa**  
**Beatriz Helena Gutiérrez**  
**Antonio Ordóñez Plaja**

Instituto Nacional de Salud -  
Ministerio de Salud  
Fundación de Asistencia Colombiana  
Banco de la República

La gran mayoría de los ancianos que son atendidos en ancianatos proviene de sectores sociales de bajos recursos y cuyo núcleo familiar se ha disgregado o no existe (viudos, solteros, separados). Tales instituciones apenas atienden al 1% de las personas mayores de sesenta años.

La presente publicación resume un estudio esencialmente descriptivo, adelantado con base en una metodología muy rigurosa, tanto en lo referente a la etapa de las encuestas propiamente dichas, como también en el ordenamiento y análisis posteriores de la copiosa información recaudada en 1799 ancianos atendidos en 144 ancianatos de diferentes regiones del país. Los datos obtenidos mediante entrevistas directas, valiéndose al efecto los investigadores de un cuestionario escrupulosamente diseñado, abarca el 20% de

la población objeto del estudio, hecho que le confiere al trabajo una alta confiabilidad desde el punto de vista estadístico y por consiguiente también en su contenido informativo.

Las conclusiones del vasto estudio de 1200 páginas son dramáticas; de ellas se deduce que nos encontramos ante un problema social acumulativo de singular gravedad, puesto que cada día crece el número de ancianos necesitados de los servicios que brindan las instituciones especializadas o nominalmente especializadas, aunque lo ideal sería que ningún anciano necesitara acudir a ellas. La mayor parte de los también llamados hogares para la tercera edad que hoy existen han sido creados por iniciativa privada, en especial por parroquias y comunidades religiosas, y con el criterio moral, más que científico, de la caridad cristiana.

En estas circunstancias mal se puede garantizar una buena prestación de servicios y la satisfacción de necesidades de los ancianos; no existe una organización planificada que dé estabilidad institucional; sin la cual no será posible afrontar el problema social que para cualquier país implica el abandono de la población anciana.

Del anterior estado de marginalidad se desprende el hecho doloroso de que la mayoría de los encuestados tengan como principal expectativa la de morir.

## GESTION EN SALUD

**Julio Enrique Ospina Lugo**  
**Nelsa Beatriz Rey Pardo**

Asociación Colombiana  
de Facultades de Medicina

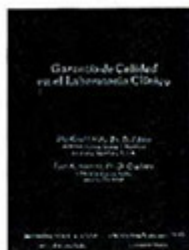
El presente texto se encamina al fortalecimiento del factor humano y a la búsqueda de soluciones a problemas prioritarios que atañen a las instituciones en salud. Desarrolla temas de suma trascendencia como el liderazgo en salud, la resistencia al cambio, la motivación del personal, la gerencia estratégica y diversos tópicos orientados a fortalecer las habilidades

gerenciales de los directivos de las facultades y organismos de salud.

El propósito fundamental es contribuir en la formación del personal del sector, para fortalecer su visión de gestión general en la prestación de servicios de óptima calidad, con el fin de que se convierta en líder del cambio y del mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades.

La creatividad del diseño del texto se presta para que cada lector construya sus propias alternativas de solución y tome las decisiones pertinentes con el fin de dar respuesta a los múltiples problemas que constituyen el quehacer diario de las instituciones de salud.

## GARANTIA DE CALIDAD EN EL LABORATORIO CLINICO



**Hipólito V. Niño, Ph.D. Editor**  
Administración de Drogas  
y Alimentos  
Rockville, Maryland, U.S.A.

**Luis Alejandro Barrera,  
Ph.D. Coeditor**  
Universidad de los Andes  
Bogotá, Colombia

Food and Drug  
Administration, U.S.A.  
Oficina Sanitaria  
Panamericana, PAHO -  
Universidad de los Andes  
una empresa docente

El libro está destinado a las personas que trabajan en las diferentes disciplinas del laboratorio clínico en Iberoamérica.

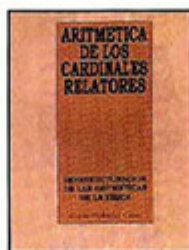
Existen numerosos libros de garantía de calidad, la mayoría escritos para química clínica, una parte muy importante pero no la única del laboratorio. Además, los conceptos de control y garantía de calidad, en su mayor parte, han sido discutidos en los últimos años en el contexto de grandes instituciones, usando equipos automatizados y cargas de trabajo muy grandes, lo cual limita su utilidad en algunos países o instituciones.

El libro presenta aspectos actualizados determinantes de la buena calidad y eficiencia, y presta mayor atención a los laboratorios no automatizados o semiautomatizados que constituyen la generalidad en los países iberoamericanos.

Los autores son científicos del laboratorio clínico de reconocida trayectoria, y poseen experiencia y buen conocimiento sobre el trabajo de laboratorio en diferentes países. La diversidad de orígenes de los autores ha enriquecido el libro, dándole una visión más amplia y aplicable a la audiencia a la cual está dirigido.

Ha sido posible gracias a la ayuda financiera de la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA), a la Oficina Sanitaria Panamericana (PAHO) y a la contribución voluntaria de los autores. Será distribuido por sociedades profesionales de los distintos países.

## ARITMETICA DE LOS CARDINALES RELATORES



**Carlo Federici Casa**

Este libro parece contener sólo una profusión de símbolos y trazos capaces de amedrentar a los menos osados. Pero, a medida que el observador cuidadoso va tomando distancia, ve cómo se van perfilando las grandes líneas de un

edificio de armoniosas proporciones e imponente belleza: el sistema de todos los sistemas, enteros, racionales, reales y complejos, construido hábilmente pieza por pieza con los solos ladrillos humildes de los números de contar.

No se trata de la rutinaria construcción que se repite rigidamente en los textos universitarios de matemáticas. Es una edificación original y novedosa, de una precisión apenas comparable con su elegancia.

Encuadrado en medio del edificio, el lector va viendo aparecer el conjunto de resultados más original de esta obra: los desarrollos matemáticos que hacen desaparecer a los monstruos más temidos de la aritmética, los "fraccionarios" o "quebrados", que se muestran ahora como juguetones y útiles animalitos domésticos.

Así, todos podemos aprender a disfrutar de esta inusitada obra maestra del impresionismo matemático.

Carlos Eduardo Vasco.

## ANUARIO METEOROLOGICO

Federación Nacional  
de Cafeteros de Colombia  
Centro Nacional  
de Investigaciones de Café

Los registros climáticos en la presente edición de este Anuario Meteorológico corresponden a las observaciones meteorológicas obtenidas durante el año de 1992 en la red de estaciones que posee la Federación Nacional de Cafeteros a lo largo y ancho de la zona cafetera colombiana.

Apple lanza su más poderoso computador de bajo costo todo-en-uno:

# Macintosh LC 575

Apple Computer, Inc. agrega el Macintosh LC 575 a su línea de productos LC todo-en-uno. El LC 575 facilita la integración de una solución para multimedia y comunicaciones a una amplia gama de ambientes en la educación, el hogar y los negocios.

Con un microprocesador Motorola 68040 corriendo a 33 MHz, el Macintosh LC 575 ofrece un desempeño comparable al del Macintosh Quadra 800. También tiene un drive CD-ROM interno de doble velocidad con bandeja, un monitor Sony Trinitron incorporado y parlantes en estéreo.

## Ricas características integradas para medios

Como todos los computadores Macintosh, el LC 575 es fácil de instalar, aprender a usar, utilizar y expandir. Viene con muchas características incorporadas, como soporte mejorado al color, CD-ROM de doble velocidad, redes, una ranura de expansión, una interface SCSI, micrófono y sonido en estéreo. Estas sofisticadas características brindan a los usuarios un ambiente rico para el manejo de medios, el cual les ayudará a redefinir la manera como aprenden y trabajan.

El Macintosh LC 575 proporciona la simplicidad conecte-y-listo y la conveniencia del diseño todo-en-

uno, con un poderoso microprocesador 68040. Tiene un monitor integrado Trinitron de 14 pulgadas de alta calidad, que ofrece una resolución en pantalla de 640 x 480 pixels, con más de 32.000 colores (16 bits). Además de sus parlantes y micrófono incorporados, el Macintosh LC 575 incluye un drive CD-ROM interno de doble velocidad y con bandeja, el AppleCD 300i Plus. Este drive también soporta los PhotoCDs Kodak de múltiples sesiones y proporciona salida de 16 bits para los CDs de sonido.

El LC 575 viene estándar con un mínimo de 4 MB de RAM y un disco duro de hasta 320 MB. El computador puede soportar hasta 36 MB de RAM, lo que permite a los usuarios trabajar con poderosas aplicaciones en multimedia y usar diversas aplicaciones simultáneamente. También viene estándar con un drive para discos floppy de 1.4 MB, el Apple SuperDrive, el cual lee, escribe y formatea discos flexibles en formatos Macintosh, MS-DOS, OS/2 y Windows.

## Flexibilidad en comunicaciones y expansión

El Macintosh LC 575 viene con una nueva ranura flexi-

ble y mejorada para comunicaciones. Esta puede ser fácilmente configurada por el usuario para aceptar cualquiera de las tarjetas Ethernet (par trenzado, coaxial delgado o AAUI, de Apple) o una tarjeta fax/modem 14400 de alta velocidad basada en el PowerBook Express Modem. Esta pequeña tarjeta (tiene el tamaño de un peine de bolsillo), de bajo costo, ofrece a los usuarios lo último en redes de alta velocidad y capacidades para telecomunicaciones. Pueden retirarse con facilidad y hacen posible que el Macintosh LC 575 se ajuste a cualquier ambiente de cómputo, porque la otra



ranura del computador, la directa al procesador del Macintosh LC (LC-PDS), permanece abierta para soportar otras necesidades futuras del usuario.

La LC-PDS permite a los usuarios aprovechar inmediatamente todas las tarjetas de expansión disponibles para la línea Macintosh LC, como la NTSC para salida de video, otras para captura de video y las tarjetas de emulación del Apple IIe.

El LC 575 también está equipado con todas las características tradicionales del Macintosh: redes AppleTalk incorporadas y puertos

seriales SCSI de alta velocidad, los cuales permiten a los usuarios conectar una variedad de periféricos como escáners, cámaras y modems. Además, el computador incluye un puerto Apple Desktop Bus (ADB), el cual soporta un teclado y otros dispositivos de entrada.

El Macintosh LC 575 viene preconfigurado con el sistema operativo 7.1, de Apple. El sistema 7.1 incluye capacidades para multitarea y para compartir archivos, así como CloseView, Easy Access y soluciones de software con "sonido visible" para usuarios con impedimentos físicos.

### Consecuente con el programa Energy Star de la Agencia para Protección del Ambiente

Como el Macintosh LC 520, el LC 575 continúa respaldando el compromiso de Apple con el programa Energy Star de la Agencia para Protección del Ambiente. El LC 575 automáticamente reduce el consumo de energía a menos de 30 vatios cuando no está utilizándose el computador, lo cual puede reducir en más del 50% la electricidad usada por el sistema. Por medio de un panel de control en pantalla, los usuarios definen el periodo que el computador deberá permanecer sin ser utilizado antes que se active la reducción de energía.

El Macintosh LC 575 ya está disponible en Colombia por medio de los distribuidores autorizados en todo el país. ●

## El sistema Silverlink

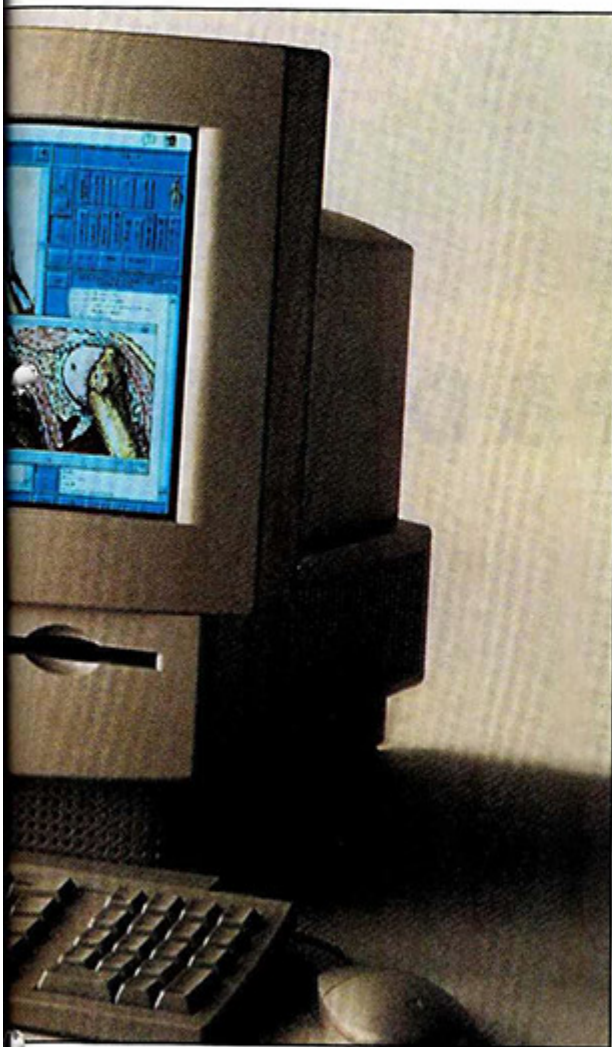
Motorola ofrece a los usuarios del CT2, el sistema Silverlink. Compuesto por un computador MNCC (Motorola Network Control Center), que actúa como centro de control de redes de trabajo, y un software de facturación y administración de negocios BMBS (Business Management and Billing System), constituye una excelente herramienta para las comunicaciones personales.

El centro de control de redes de Motorola (MNCC) realiza procesos continuos en forma ininterrumpida, gracias a una capacidad de tolerancia de fallas que le permite seguir funcionando aun en casos en que se presenten errores transitorios del sistema, como fallas en un procesador, una memoria o un lector de discos.

El sistema de facturación y administración de negocios (BMBS) es un paquete integrado de programas de facturación, inventarios y contabilidad que, usado con el MNCC, permite transferir automáticamente los registros a las estaciones de base, en un tiempo predeterminado.

Ambos, el MNCC y el BMBS, tienen la capacidad de reportar fallas a distancia, vía puertos de diagnóstico, lo cual facilita y agiliza las reparaciones que se requieran.

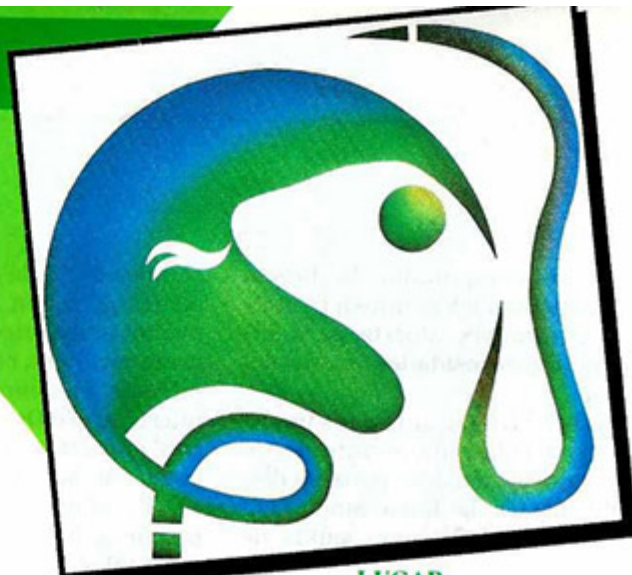
El sistema Silverlink permite al administrador del sistema comenzar con un mínimo de hardware y software a precios razonables. A medida que crece el número de estaciones de base y de suscriptores, se pueden expandir el MNCC y el BMBS en forma fácil y a bajo costo. ●



CURSO

# ZOOCRÍA DE REPTILES PROMISORIOS

25, 26, 27 y 28 de Julio /94



## OBJETIVOS

- Actualizar a los participantes sobre los avances científicos y tecnológicos relacionados con la zootecnia de reptiles, lo que permitirá elevar la calidad de los zootecnicos colombianos.
- Crear una Red de Cooperación Nacional que fortalezca las actividades que se desarrollan en esta área del conocimiento.

## CONFERENCISTAS

### • INTERNACIONALES

Wayne F. King U.S.A.  
Andrew Odum U.S.A.  
Jaimes Perran Ross U.S.A.  
Roberto Ramos CUBA  
John Thorbjarnarson U.S.A.  
John (Jay) Wilson U.S.A.

### • NACIONALES

Jorge I. Hernández Inderena  
Esteban Laborde Inderena  
Alejandro Latorre Curtiembre  
COLEG  
Mario Orlando López Inderena

Myriam Lugo U. Nacional  
V/cencio.  
Aleyda Martínez Monterrey  
Forestal  
J. Manuel Rengifo Ins. Nal. de  
Salud  
Miguel Rodríguez Azoocol  
Clara Lucía Sierra Monterrey  
Forestal  
Giovanny Ulloa Monterrey  
Forestal  
Antonio Villa L. Min. del  
Med. Amb.

## LUGAR

HOTEL CARIBE  
Cartagena, Colombia

### Informes e inscripciones:

ASOCIACION  
COLOMBIANA PARA EL  
AVANCE DE LA CIENCIA  
Cra. 50 No. 27-70  
Tels.: 221 33 13 - 221 73 48  
A. A. 92581 • Fax: 221 69 50  
Bitnet ACAC@ANDESCOL  
Santafé de Bogotá.



# MERCK SHARP & DOHME

“Propendemos  
por el progreso científico,  
la Salud y el bienestar  
de la Comunidad.”

# X CONVENCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL

5-7 de Octubre 94 • Manizales

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

 ASOCIACIÓN  
COLOMBIANA PARA EL  
AVANCE DE LA CIENCIA

Con el propósito de profundizar sobre temas trascendentales para el país, ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA, A.C.A.C. ha escogido cuatro grandes temas para su X CONVENCIÓN NACIONAL:

- Agricultura y Medio ambiente
- Energía y Medio ambiente
- Biodiversidad
- Instituciones de Investigación Ambiental

## OCTUBRE 5 AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE

"LA NUEVA POLÍTICA AGROPECUARIA Y EL MEDIO AMBIENTE"

"EL DESARROLLO RURAL EN EL SIGLO XXI"

"FUTURO DE LA AGRICULTURA EN COLOMBIA"

"APERTURA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE"

"INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y MEDIO AMBIENTE"

"CAFÉ Y MEDIO AMBIENTE"

"CAÑA DE AZÚCAR, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE"

"PALMA AFRICANA, DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE"

"AGRICULTURA ORGÁNICA"

## OCTUBRE 6 BIODIVERSIDAD Y BIOTECNOLOGÍA ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

"LA BIODIVERSIDAD COLOMBIANA"

"EL VALOR DE LA BIODIVERSIDAD"

"LA PROPIEDAD DE LA BIODIVERSIDAD"

"BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL"

"BIOTECNOLOGÍA FORESTAL Y VEGETAL"

"BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL DE PETRÓLEOS"

"ENERGÍAS ALTERNATIVAS"

"GEOTERMIA"

"AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA"

"PROGRAMA DE GAS NATURAL"

## OCTUBRE 7 HACIA UNA NUEVA CULTURA

"LA NUEVA POLÍTICA INDUSTRIAL Y EL MEDIO AMBIENTE"

"LA INDUSTRIA Y EL MEDIO AMBIENTE"

"EL DESARROLLO SOSTENIBLE EMPRESARIAL"

"LA PETROQUÍMICA Y EL MEDIO AMBIENTE"

"PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL"

"LA MUJER, LA CIENCIA Y EL AMBIENTE EN COLOMBIA"

"EL DESARROLLO ES SOSTENIBLE?"

"CIENCIA INDÍGENA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE"

"EL SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL"

"LOS NUEVOS INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL"

"LA INVESTIGACIÓN AMBIENTAL"

"PRESENTACIÓN DE LOS MEJORES TRABAJOS SELECCIONADOS"

# Sólo para clientes Granahorrar. CUPO-EXPRESS\*

**Crédito fácil y efectivo!**

**Otra de las grandes ventajas para quienes tienen su nómina domiciliada en Granahorrar**

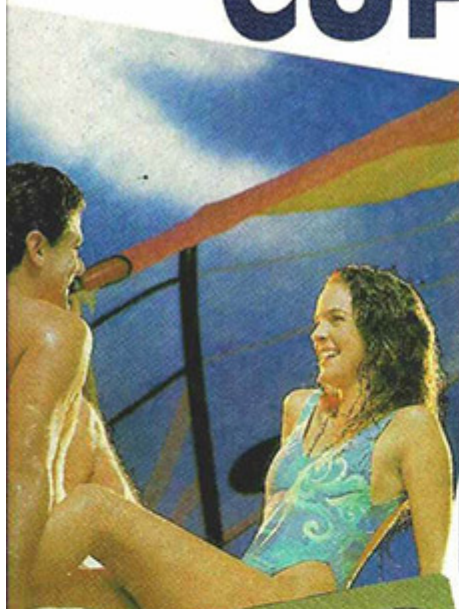
Disfrute de plata contante y sonante con CUPO-EXPRESS\*, su crédito efectivo a través de su tarjeta Granahorrar Llave Upac.

CUPO-EXPRESS\* de Granahorrar, es el cupo permanente de crédito con el cual usted dispone de dinero en efectivo, en todos los cajeros automáticos de la Red Llave Upac y en las oficinas Granahorrar de todo el país.

Usted también puede tener su nómina en Granahorrar.

**Llámenos 9800-15711**

\* Los créditos están sujetos a aprobación y sus condiciones pueden variar en cualquier momento. Crédito de consumo de libre destinación, excepto para la adquisición de vehículo.



**Granahorrar**  
CORPORACION GRANCOLOMBIANA DE AHORRO Y VIVIENDA  
Venga, hagamos negocios.

CONTACTO / P&R