

Innovación y Ciencia

VOLUMEN VI, N° 3, 1997

Regreso a Marte

Los pequeños atletas del pantano

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$6.200.00



Transporte inteligente

Pronto Vivirás
Una Experiencia con La Ciencia
y La Tecnología...



Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología

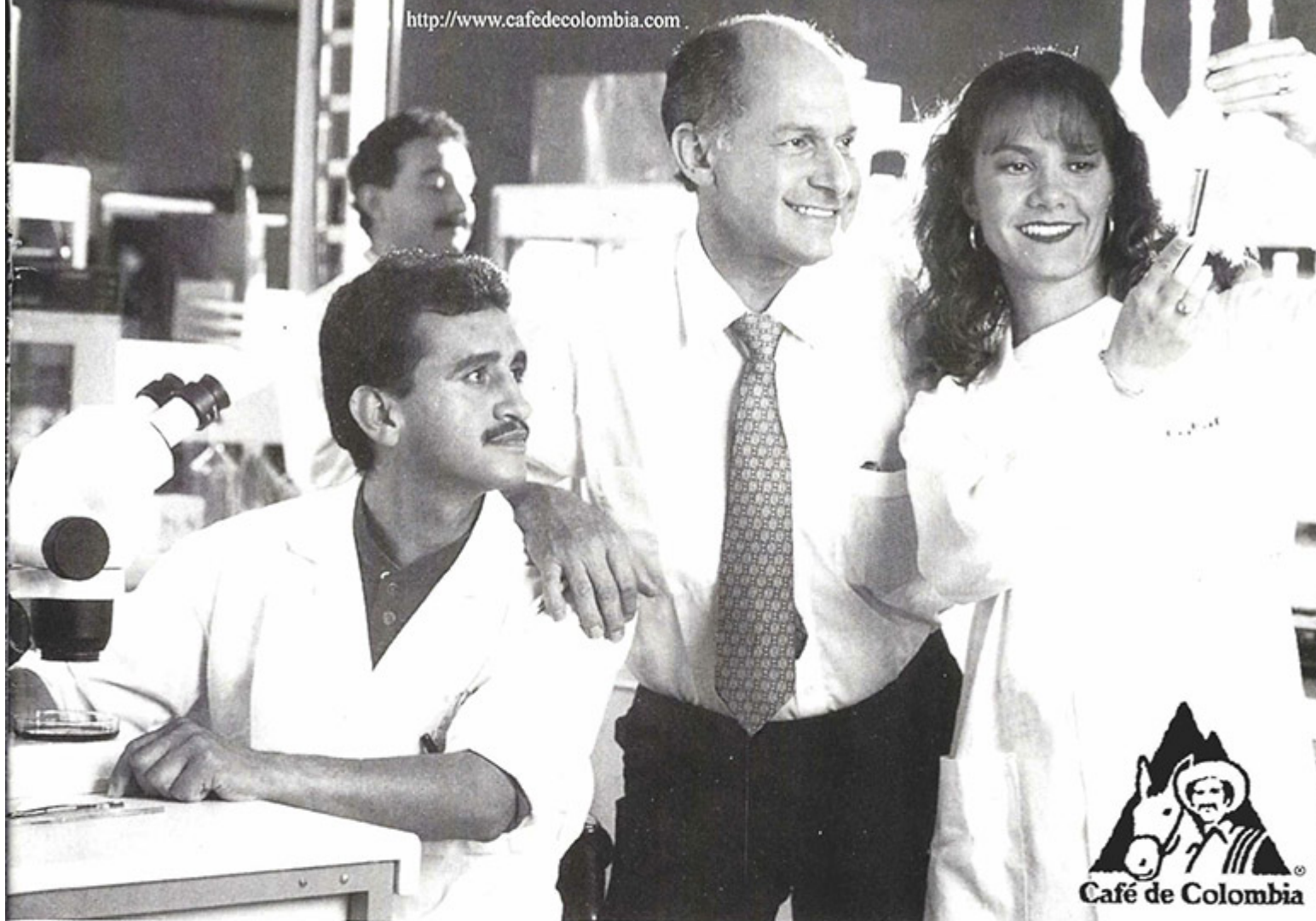
 ASOCIACION COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.C.A.C.

Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología MALOKA
Cra. 68D Calle 43 A Ciudad Salitre, Telefax: (571) 4270227 Tels: 4272468 - 4272469 - 4272470
Santafé de Bogotá - Colombia



EL CAFE ES BUENO PARA TODOS

<http://www.cafedecolombia.com>



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

TORO

EL CAFE



Despierta tu energía

Pasos Para Preparar En Casa Un Café Frío



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



Centros de Preparación de Café
E - MAIL: cpctazor@colomsat.net.co
Bogotá: Tels: 346 1809 / 249 3612



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

Presidente
Eduardo Posada

Directora ejecutiva
Nobora Elizabeth Hoyos T.

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

Coordinadora editorial
Rosario Martínez

Comité editorial
Nobora Elizabeth Hoyos, Alberto Ospina, Eduardo Posada,
Manuel Cardozo, Rosario Martínez.

Asesoría editorial
Mauricio Pérez Gil

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

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

Corresponsales
Juan Carlos Salcedo, Alba Avila, Andrés M. Pérez-Acosta

Publicidad
Clara López, Lilián Torres

Secretaría
Yenny Yuliett Arias

Corrección de estilo
Germán González

Diseño gráfico y Producción
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

Fotografía
Photo Images Ltda., The Image Bank, Super Stock

Preprensa electrónica
Elograf Ltda

Impresión
Printer Colombiana S. A.

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

DERECHOS RESERVADOS.

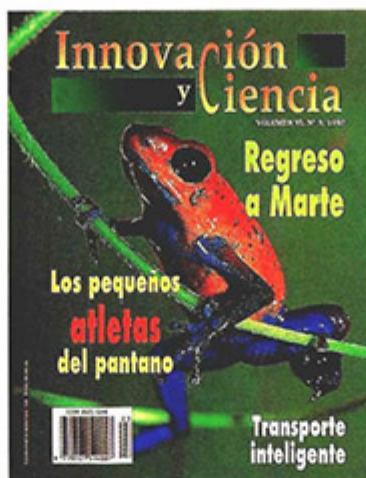
Prohibida su reproducción parcial o total
sin autorización expresa del Consejo Editorial.
La publicación no es responsable legal del contenido
de la publicidad de la revista.

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

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581.
Fax: 2216950. Tels: 2213313 - 2217348 - 2216769.
e-mail: acac1@colciencias.gov.co
Santafé de Bogotá - Colombia.

Precio de venta al público \$6.200.
Suscripción (5 números al año): \$29.000.

CONTENIDO



Los pequeños atletas del
pantano: fisiología del
ejercicio desde el punto
de vista de las ranas.

NOTA DEL EDITOR

En búsqueda del universo.

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

Adicción: mucho más que un vicio.

10

Los pequeños atletas del pantano: fisiología del ejercicio
desde el punto de vista de las ranas.

14

¿Qué es la sonoluminiscencia?

18

Ensayo sobre analfabetismo científico.

20

VISTAZOS

Nueva tecnología para el procesamiento de señales de TV a través de los cables telefónicos.

La habilidad cognitiva se mantiene constante toda la vida.

Un nuevo eslabón: Homo antecessor.

Telomerasa: "marcador" del cáncer.

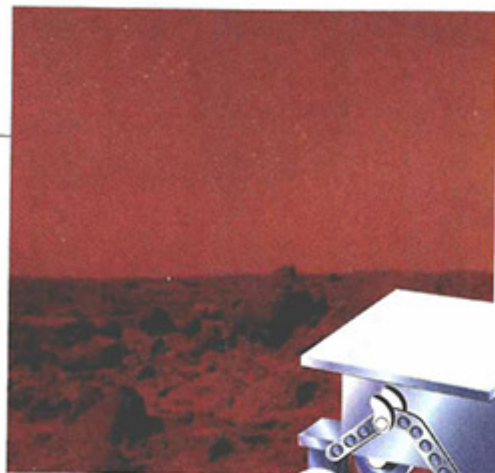
¿Pueden las moscas caseras contribuir a la incidencia de úlceras?

Dudas sobre el autoexamen del seno.

Inyección de tinta, no sólo para páginas impresas.

Planetas en otras estrellas retan a los astrónomos.

24

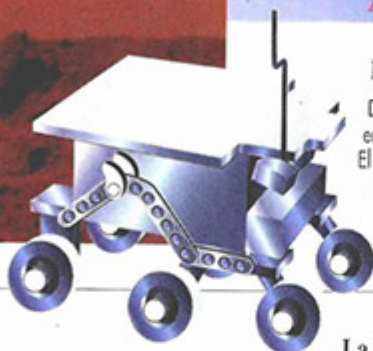


ARTICULOS

Regreso a Marte. El Pathfinder explora a Marte.

Debido a su parecido con la Tierra, el estudio de Marte es supremamente importante para entender mejor nuestro planeta. El autor describe los proyectos que existen actualmente para la exploración del 'planeta rojo' y explica los resultados obtenidos por la sonda espacial del Pathfinder en su reciente descenso sobre la superficie marciana.

28



La dinámica molecular.

La dinámica molecular surge en los años sesenta de la mano con los primeros computadores y paulatinamente se posiciona como herramienta fundamental de trabajo para físicos, químicos, bioquímicos e ingenieros.

En el presente artículo el autor cuenta qué es la dinámica molecular haciendo particular énfasis en los progresos de la última década.

36

Biotecnología para el desarrollo en Colombia.

La biotecnología es una herramienta estratégica para la utilización sostenible de recursos biológicos renovables. Su aplicación en Colombia, segundo país más rico en biodiversidad del planeta, es por consiguiente una oportunidad para su desarrollo. Sin embargo, para aprovechar esta oportunidad es necesario contar de manera permanente, además de las capacidades científicas y técnicas, con capacidades políticas, institucionales y financieras. La construcción de estas capacidades constituye un reto para hoy; mañana podría ser muy tarde.

44

Sistemas de Transporte Inteligente: avances y perspectivas

Los autores describen los Sistemas de Transporte Inteligente (STI): sistemas de información integrados a la infraestructura vial y de transporte de un país cuyo objetivo es reducir los problemas de congestión, accidentalidad, contaminación y costos de operación.

54

Evolución vs. creación. A propósito de El relojero ciego de Richard Dawkins

En *El relojero ciego*, Richard Dawkins defiende con rigor científico la revolución que para la concepción del mundo significó la teoría de la evolución. La hazaña intelectual de Darwin fue dar una alternativa a la imagen creacionista del mundo y, en general, a la idea de que la inteligencia divina o humana está en la cúspide de las causas que lo explican todo. La inteligencia no está en el origen de las cosas, sino que, lo mismo que la vida, es producto de un proceso de evolución de la materia del universo.

62



NOVEDADES EDITORIALES

71

NOTA DEL EDITOR

En búsqueda del universo

Desde la más remota antigüedad, el cielo nocturno ha sido para el hombre uno de los más fascinantes misterios. De su observación paciente y obsesiva surgieron en todas las civilizaciones mitos, leyendas, religiones y supersticiones. Han sido los maravillosos cielos nocturnos escenarios poblados de dioses, de guerreros, de insondables misterios y, a menudo, depositarios del destino de los mortales. Todas las civilizaciones, de Caldea hasta Perú, pasando por Stonehenge o por Angkor rigieron sus cosechas, sus guerras y hasta sus amores por la insondable danza de astros, cometas y meteoritos, y por los más cercanos y, por ende, más predecibles movimientos de la Luna y el Sol.

Cuántas magníficas obras del ingenio humano no nacieron de la silenciosa labor de esos astrónomos del pasado, habitantes del Nilo Azul, de las agrestes cimas de los Andes, de las húmedas selvas de Yucatán o de las heladas cumbres del Himalaya. Desde el extraordinario calendario de los mayas, hasta los asombrosos modelos mecánicos que buscaban explicar el movimiento de los planetas, innumerables fueron las obras del ingenio y de la paciencia de esos olvidados precursores.

El deseo insaciable de comprender el universo y de encontrar un sentido a su existencia, condujeron al hombre a aceptar primero, que la Tierra era redonda, luego, que el Sol constituía el centro del sistema solar y, más adelante, que nuestra estrella y nuestra galaxia no eran sino pequeñas muestras de la inmensa variedad del universo.

Los grandes avances conceptuales debidos a la astronomía trascendieron a la vida del hombre y de la sociedad, introduciendo fundamentales cambios. Pero la actividad humana que más directamente se relaciona con ella es la ciencia, de la cual constituye el punto de partida y, por qué no pensarlo, llegará a ser la culminación.

Es indudable que los trabajos de Newton y Galileo, tan fundamentales para la construcción de la ciencia moderna, tuvieron su más brillante confirmación en la predicción de los movimientos de los cuerpos celestes. Del mismo modo, el deseo de observar más detalladamente el cielo, condujo a Galileo a inventar el telescopio y posteriormente impulsó grandes avances en la óptica.

A partir de ahí, el papel de la astronomía en el avance de la ciencia ha sido cada vez más importante, ya sea dando origen a fundamentales descubrimientos, o sirviendo de confirmación a las más audaces predicciones como la espectroscopía y la estructura atómica, las reacciones termonucleares, o la relatividad.

En la actualidad, los grandes avances de la física de altas energías, realizados en los gigantescos aceleradores de partículas, están cada vez más cerca de poder describir los primeros instantes del universo y de explicar la manera como nacieron estrellas y galaxias. Muchos de los grandes problemas que hoy quedan por resolver para comprender claramente la estructura y evolución del cosmos, tales como la "materia oscura", o el hecho de que ciertas estrellas parezcan ser más antiguas que el universo mismo, serán la base de avances fundamentales de la física. La astronomía y la astrofísica seguirán siendo entonces uno de los principales motores del avance científico de la humanidad, si bien sus herramientas difieren enormemente de las que utilizaban los primeros astrónomos y sus interrogantes se orientan más hacia la comprensión de la estructura de las estrellas y del espacio mismo, antes que hacia la observación de sus movimientos.

Teniendo en cuenta lo anterior, es evidente que cualquier país que desee alcanzar un nivel científico razonable debe dar un espacio particular a la astronomía, dotándola de las más modernas herramientas y abriendo igualmente el campo a la astronáutica, joven hija de la astronomía, que a la larga está llamada a servir de base a la que será la más fantástica aventura de la especie humana: la conquista del espacio.

Colombia debería entonces emprender, como lo han hecho ya otros países de la región y ojalá en colaboración con nuestros vecinos, un ambicioso programa de apoyo a la astronomía y a la astrofísica, iniciando al mismo tiempo actividades en el campo de la tecnología espacial, tanto en el uso de satélites de telecomunicaciones como en el de sensores remotos.

NOHORA ELIZABETH HOYOS
Directora Ejecutiva

EDUARDO POSADA
Presidente

(Gaia, o Gea,
según los Griegos,
era la Tierra.
Gaia también
es una teoría
científica
que dice que
la Tierra tiene
la capacidad
de renovarse
a sí misma).

MAZDA 323 GAIA.



mazda



323 GAIA. UN CARRO QUE AGUANTA TANTO PALO COMO EL PLANETA.

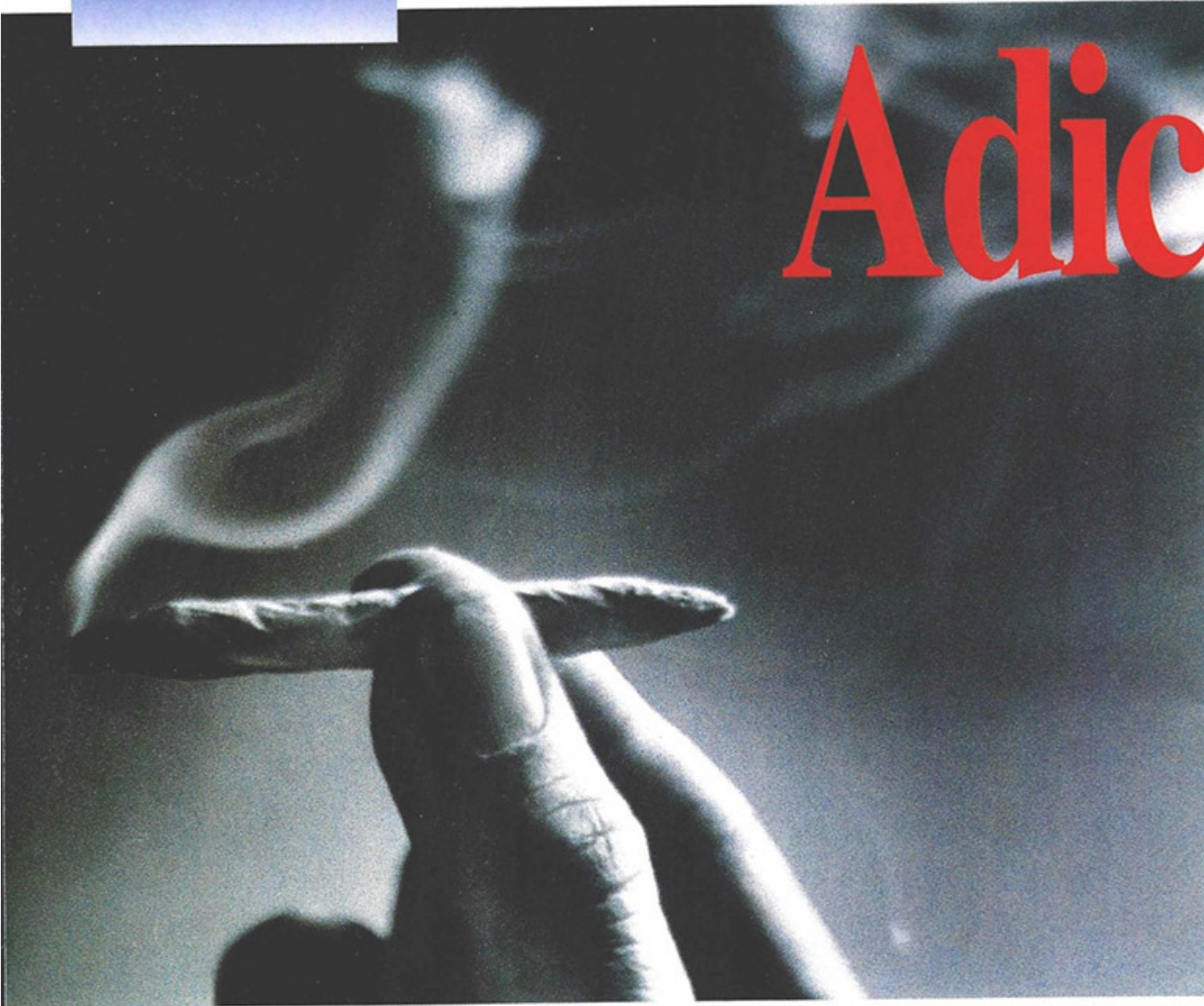
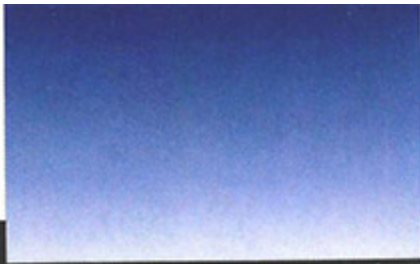
Se dice que la tierra inició su proceso de formación hace miles de millones de años. Desde entonces, ha venido transformándose y renovándose permanentemente en beneficio de las diferentes formas de vida. Eso es GAIA. La capacidad de la Madre Tierra y, en particular, de la atmósfera, para recuperarse y mantener la vida. A pesar de que el hombre está usando y abusando de ella desde su aparición. En homenaje a la Tierra, Mazda lanza el 323 GAIA, un automóvil que le permite vivir en armonía con usted mismo y con su medio ambiente. Disfrute sus nuevas características, su motor de inyección* de excelente desempeño y su inigualable diseño interior que lo convierte en el carro más comfortable de su categoría.



NUEVO MAZDA 323 **GAIA**. SU ALIADO ECOLÓGICO.



*No requiere el uso de gasolina extra.



Adic

En el mismo momento en que una droga, sea legal o ilegal, ingresa al cuerpo humano miles de millones de moléculas entran al torrente sanguíneo y, a través de éste, al cerebro. Una vez allí, estas moléculas desencadenan una serie de eventos químicos y eléctricos, que se comportan como una especie de reacción neurológica en cadena que se

dispersa alrededor de todo el cerebro y distorsiona la realidad interior de la mente.

Dada la complejidad de estos eventos, no es de extrañar que los científicos se hayan confundido con el sentido de los mecanismos neurológicos de la adicción. ¿Por qué algunas sustancias tienen el poder de hacernos sentir sensaciones tan placenteras (por lo menos al principio)? ¿por qué algunas

personas caen tan fácilmente en el consumo de alcohol, cocaína, nicotina y otras sustancias adictivas, mientras que otras tienen la capacidad de tomarlas o dejarlas?

mucho

ción

La respuesta debe ser mucho más simple de lo que cualquiera haya imaginado, e incluso los investigadores están convencidos de ello. Lo que tienen en común todas las drogas que alteran el estado de ánimo es la habilidad para incrementar los niveles de dopamina, una sustancia común que se encuentra normalmente en algunas zonas del cerebro. De hecho, existen tantas evidencias que relacionan la dopamina con el abuso de drogas, que se ha superado la diferencia entre las sustancias adictivas y aquellas que sólo crean hábitos, hipótesis popularizada por las compañías tabacaleras.

Durante el año pasado, algunos grupos de investigación identificaron que la nicotina se dirige hacia las áreas ricas en dopamina del cerebro, como ocurre también en el caso de la cocaína. Un grupo de investigadores liderado por la doctora Nora Volkow (psiquiatra del Brookhaven National Laboratory en Nueva York) publicó la evidencia más contundente hasta el momento, que propone a la dopamina como responsable de la exaltación desencadenada por el consumo de cocaína.

La dopamina y la serotonina son moléculas que modulan la transmisión de los impulsos ner-

viosos de una neurona a otra en el cerebro, por lo cual han sido llamadas neurotransmisores. La serotonina está asociada con sentimientos de tristeza y bienestar, la dopamina con el placer y la exaltación del espíritu. Los niveles de dopamina pueden elevarse por un abrazo, un beso, una palabra de aliento o una buena mano de póker, como lo hacen sensaciones placenteras que se obtienen con las drogas.

La dopamina no es solamente una sustancia química que transmite las señales de placer, se piensa que puede ser la molécula clave en el desarrollo de la adicción. No obstante, existen muchos otros neurotransmisores involucrados en el proceso, pues, las drogas estimulan o inhiben la actividad de muchas moléculas cerebrales que a su vez interactúan con otras.

La hipótesis de la dopamina aporta un sustrato de trabajo para entender cómo un código genético (como la tendencia a producir menos dopamina) puede interactuar con la influencia ambiental para desencadenar serios trastornos del comportamiento.

El costo social de las adicciones es enorme: el tabaquismo contribuye de forma importante a los registros de mortalidad por causa

de enfermedades cardíacas y cáncer, principalmente; el alcohol es causa de violencia doméstica y de muerte por accidentes de tránsito; y el uso de sustancias psicoactivas inyectadas ha extendido ampliamente la infección por VIH. Se calcula que la adicción al cigarrillo, las drogas y el alcohol es responsable, directa o indirectamente, de la tercera parte de todos los ingresos a los hospitales y una cuarta parte de todas las muertes. En los Estados Unidos, el costo médico y social del abuso de drogas se ha estimado en más de 240 mil millones de dólares al año.

En nuestra cultura el consumo de drogas es ampliamente considerado como una deficiencia moral, una perversión, o un vicio. Sin embargo, este estereotipo está comenzando a cambiar en la medida en que se han identificado algunas bases biológicas en el desarrollo de las adicciones. Aun cuando existen estas causas, se ha demostrado que la sola abstinencia, en caso de ser prolongada, no sólo detiene el daño físico y psicológico causado por el consumo sino que, en gran medida, es capaz de revertir sus efectos.

No es accidental que las personas se sientan atraídas por las drogas puesto que la mayoría de

Consumo de Sustancias Psicoactivas en Colombia - 1996

	Consumo alguna vez en la vida		Consumo en el último año	
	(%)	número	(%)	número
Cigarrillo			21,1	5'397.115
Alcohol			59,8	15'443.960
Marihuana	5,4	1'384.933	1,1	
Cocaína	1,6	400.473	0,4	
Basuco	1,5	385.231	0,3	

más que un vicio

las sustancias que son consumidas, sean depresoras como la heroína, o estimulantes como la cocaína, simulan la estructura de los neurotransmisores. Estas moléculas (los neurotransmisores) son sustancias químicas que transmiten los impulsos nerviosos de una neurona a otra, alrededor de todo el cerebro, por lo que están presentes en cada pensamiento y emoción, en la memoria y en el aprendizaje. Seis de los casi 50 neurotransmisores descubiertos hasta la fecha, incluyendo la dopamina, juegan un papel importante en la adicción.

La dopamina sólo se produce en pequeños grupos de neuronas en algunas regiones del cerebro, sin embargo, influye ampliamente en todo el sistema nervioso, especialmente en el sistema límbico y, concretamente, en el núcleo acumbens, estructura catalogada como centro del placer. Se ha demostrado que cada experiencia agradable o placentera (como escuchar música, abrazar a otra persona o saborear un chocolate) desencadena un incremento abrupto en la concentración de dopamina dentro del núcleo acumbens.

Este neurotransmisor tiene funciones diversas cuando actúa sobre otras áreas del cerebro; se ha observado que pequeñas concentraciones de dopamina en las áreas que controlan el movimiento pueden desencadenar los temblores de la enfermedad de Parkinson, mientras que en otras zonas puede causar alucinaciones y comportamientos bizarros típicos de la esquizofrenia.

Algunos estudios en animales han encontrado cambios en el comportamiento (excitación motora y agresividad) de ratas dependientes de cocaína y anfetaminas, después de inyectarlas con una droga que bloquea la acción de la dopamina. Las anfetaminas estimulan las células productoras de dopamina aumentando la liberación del químico; la cocaína mantiene elevados los niveles de dopamina por inhibición de la actividad de una molécula que introduce la dopamina hacia el interior de las células productoras; la nicotina, la heroína y el alcohol

desencadenan una compleja cascada química que finalmente aumenta los niveles de dopamina. Adicionalmente, se ha establecido que un compuesto, aún desconocido, presente en el humo del cigarrillo podría prolongar la actividad de la dopamina al bloquear la actividad de la enzima MAO B, cuya función es degradar el neurotransmisor.

Según los investigadores, los sistemas dopaminérgicos debieron aparecer muy temprano en la evolución natural, porque refuerzan comportamientos esenciales para la supervivencia. Desafortunadamente, algunas de las actividades que los seres humanos estamos neuroquímicamente programados para identificar como agradables, como el ingerir alimentos ricos en azúcares y grasas, se han convertido en la sociedad moderna en desencadenantes de los principales problemas de salud (enfermedad cardiovascular y diabetes) como consecuencia de su exceso.

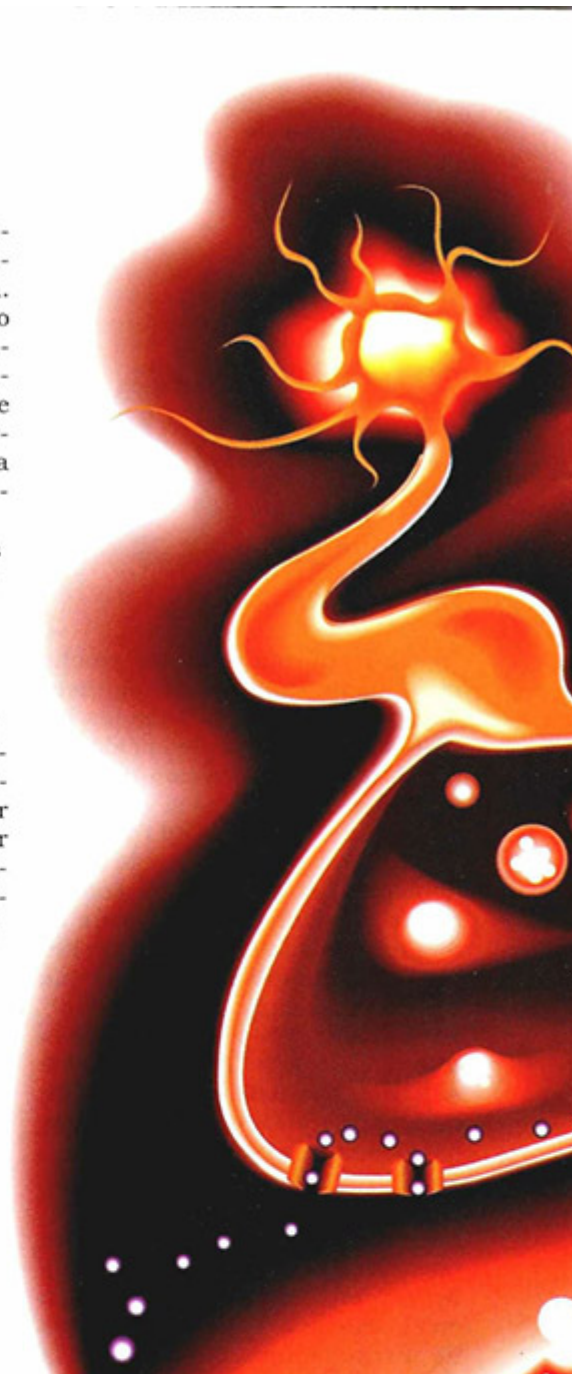
El adicto en realidad no desea la heroína, la cocaína, el alcohol o la nicotina, lo que realmente busca es el incremento en los niveles de dopamina que estas drogas producen. La dopamina, sin embargo, es mucho más que una molécula de "bienestar", también ejerce un papel importante en el aprendizaje y la memoria.

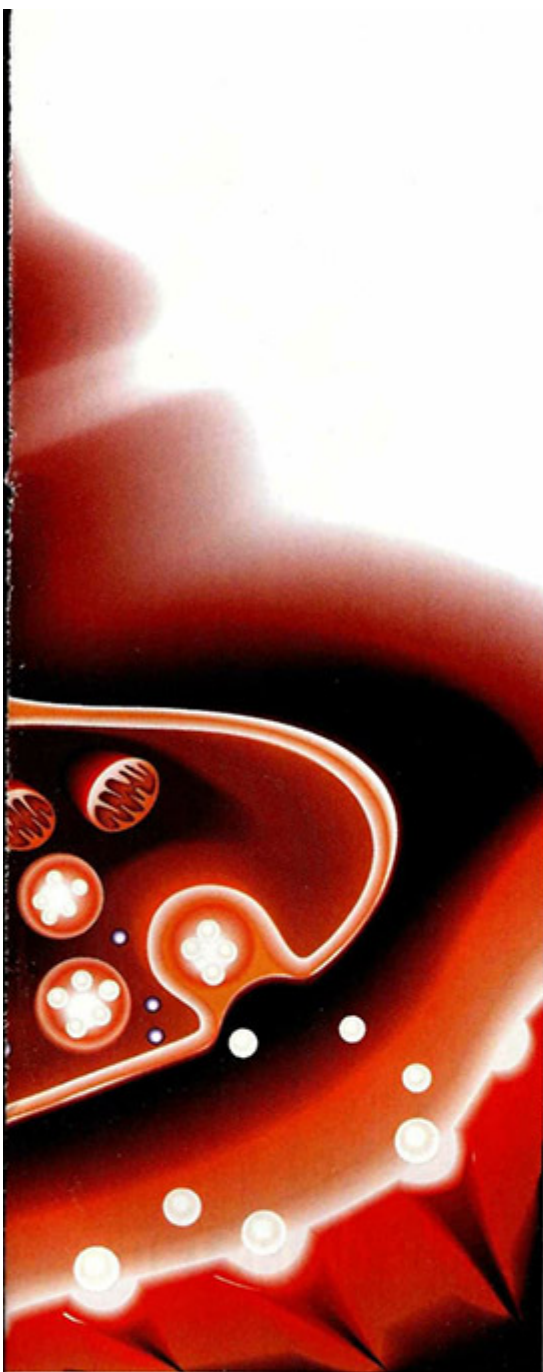
Cada vez que un neurotransmisor, como la dopamina, fluye a través de una sinapsis, se graban en el cerebro los circuitos que desencadenan los pensamientos y motivan las acciones. De hecho, la neuroquímica que subyace a la adicción es tan poderosa que las personas, objetos y lugares asociados con el consumo de drogas también quedan impresos en el cerebro.

Los estudios de Tomografía por Emisión de Positrones realizados por el equipo de la doctora Volkow han revelado que, en los adictos a la cocaína, la absorción neuronal de un químico similar a la droga está profundamente disminuida, al compararla con la de sujetos

normales; esto ha sido explicado por el bloqueo de los receptores de dopamina que produce la cocaína. En ausencia de drogas, las células nerviosas experimentan un déficit de dopamina; por ello, los adictos que inicialmente comenzaron a consumir drogas para sentirse mejor, acaban consumiéndolas para no sentirse tan mal.

Las tomografías de los adictos en recuperación revelan múltiples cambios, entre los cuales se destaca un marcado incremento en la habilidad de las neuronas para procesar la glucosa; este incremento es mucho más notorio en la corteza





prefrontal, un área del cerebro rica en dopamina, que controla los comportamientos impulsivos e irracionales. De hecho, se ha observado que muchos adictos desarrollan algunos síntomas similares a los presentes en pacientes que han sufrido lesiones prefrontales, en los que se pierde el control emocional que regula los comportamientos que el paciente conoce como inaceptables.

Por muchos años se ha sospechado la presencia de algunos genes que jugarían un papel determinante en definir quién será adicto a las drogas y quién no. Hoy en día, algunos genes dopaminérgicos han podido

ligarse al alcoholismo y el abuso de drogas; las variaciones heredadas en estos grupos de genes modifican la eficiencia de las células nerviosas para procesar la dopamina.

Los genes dopaminérgicos, conocidos como D2 y D4, podrían también jugar algún papel en el desarrollo de la adicción, por obvias razones. Las diferencias genéticas que reducen la sensibilidad de estos receptores, o disminuyen su número, podrían disminuir las sensaciones placenteras. Algunos investigadores piensan que la adicción probablemente involucre una compleja interacción entre las influencias ambientales y la presencia de múltiples genes, algunos de los cuales influirían sobre la actividad de la dopamina.

Con estos múltiples descubrimientos relacionados con la base bioquímica de la enfermedad, se han planteado diversas alternativas terapéuticas; sin embargo, esto no quiere decir que un medicamento podrá resolver el problema de la adicción, pues la evidencia ha demostrado que incluso las alteraciones en las líneas bioquímicas pueden corregirse con el aprendizaje. Es por ello que las terapias de mayor beneficio en el control de las adicciones son los programas de 12 pasos, basados en el programa de Alcohólicos Anónimos, las terapias cognitivo-conductuales y el refuerzo motivacional.

Irónicamente, la principal barrera que se tiene para implementar estas alternativas terapéuticas es la percepción social de que las personas adictas padecen de una deficiencia moral, y por lo tanto los esfuerzos de tratamiento serían inútiles. La evidencia ha demostrado que los porcentajes de fallos en el tratamiento de las adicciones no son diferentes de los encontrados en otras enfermedades crónicas como la diabetes y la hipertensión arterial, en las cuales el paciente falla en el cumplimiento de sus programas de dieta, ejercicio y medicación. Lo que se debe buscar en el tratamiento de las adicciones no es curar la enfermedad, pues no es realmente posible, sino más bien

controlar su progresión y aliviar su sintomatología, en especial el consumo compulsivo.

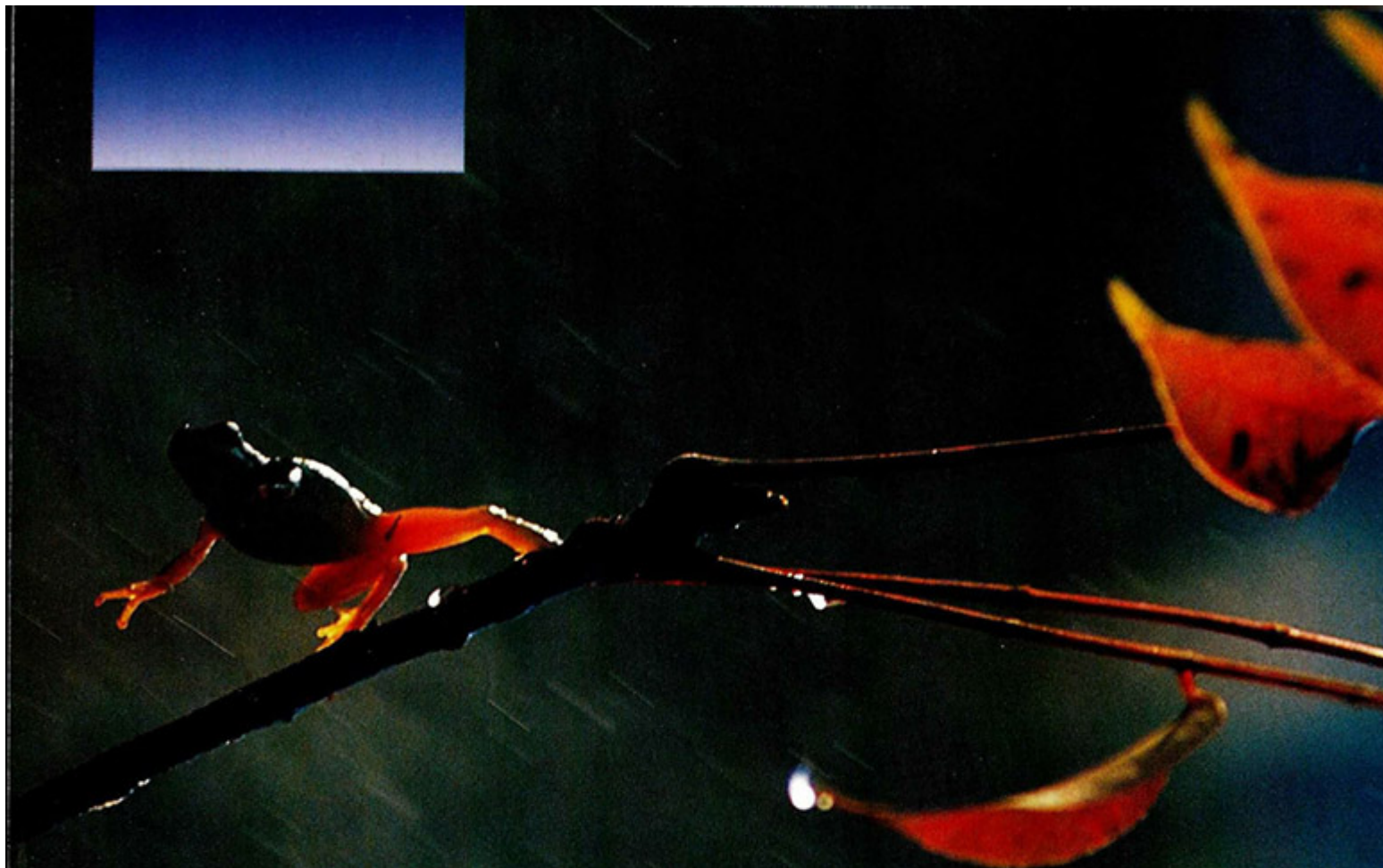
En Colombia existen en la actualidad diferentes alternativas para el control de las adicciones, de efectividad comprobada por la experiencia de adictos con largos periodos de abstinencia; lo importante para que cualquiera de las opciones tenga éxito es que exista una voluntad real por parte del paciente de controlar su enfermedad. Se ha observado que el gran porcentaje de fallas que tienen las terapias para la adicción se deben más a la falta de convicción que al tipo de tratamiento, pues casi siempre la terapia se inicia por referencia de un tercero.

Manuel Cardozo MD.

Jefe de Publicaciones,
Asociación Colombiana para el Avance
de la Ciencia, A.C.A.C.
Santafé de Bogotá, Colombia

Lecturas recomendadas

1. Nash J.M. *Addicted*. Time, May 5, pg 68-76, 1997.
2. Bower B. *Alcoholics Anonymous*. Science News, Vol. 151, pg 62-63, 1997.
3. Fackelmann K. *Marijuana on trial*. Science News, Vol. 151, pg 178-179, 1997.
4. Wickelgren I. *Marijuana: Harder than thought?*. Science, Vol 276, pg 1967-1968, 1997.
5. Roselli M., Rico S., Sandoval V., Sierra Y., Uribe A. *Efectos cognoscitivos del uso del basuco y la cocaína*. Suma Psicológica, Vol. 1, No 1, pg 88-103, 1994.
6. Andreasen N. *Linking mind and brain in the study of mental illnesses: A project for a scientific psychopathology*. Science, Vol 275, pg 1586-1592, 1997.
7. *II Estudio de Consumo de Sustancias Psicoactivas en Colombia*. Centro de Estudios de la Fundación Santa Fe de Bogotá. Coloquio, Año 5, No. 3, pg.30-47, 1997.
8. *Estudio Nacional de Salud Mental y Consumo de Sustancias Psicoactivas*. Ministerio de Salud. 1994.



Los pequeños atletas del pantano:

fisiología del ejercicio desde el punto de vista de las ranas

Algunos de los mejores atletas de Colombia nunca llegarán a la fama, pues son menudos, en su mayoría nocturnos, y realizan sus impresionantes hazañas físicas bajo el abrigo de la vegetación. Estos atletas, capaces de opacar a los mejores deportistas humanos, tienen dos especialidades. La primera es la maratón de canto, una modalidad deportiva que no hace parte de los Juegos Olímpicos pero que implica un costo energético formidable. La segunda modalidad, más conocida entre los

seres humanos, es el salto, largo y alto. Estos deportistas fantásticos son las ranas, los pequeños atletas del pantano.

¿Cuáles son las características del atleta presentes en las ranas? Dos de ellas son destacables. Primero, la habilidad para mantener un esfuerzo físico intenso y prolongado que caracteriza a los maratonistas. Segundo, la capacidad para generar grandes cantidades de fuerza durante cortos arranques, especialidad de los pesistas. Comparemos, entonces, las capacidades atléticas de ranas y humanos.

Atletas, energía y resistencia

La habilidad para desempeñar una actividad física intensa durante tiempos prolongados depende de la capacidad para captar y transportar oxígeno del aire, conducirlo a través de la sangre hasta los vasos capilares, y de ahí a las células y mitocondrias. Las mitocondrias son los organelos celulares que se encargan de oxidar substratos energéticos provenientes del alimento, tales como carbohidratos, grasas, o proteínas. Estos compuestos se transforman,



después de ingeridos, en moléculas que pueden ser almacenadas en los músculos, el hígado, o los tejidos grasos. La energía generada al oxidar (es decir fragmentar) estas reservas, conduce a la producción de moléculas con enlaces de alto contenido energético llamadas ATP. Las moléculas de ATP son la moneda energética de los seres vivos. De hecho, la resistencia aeróbica depende también de la capacidad para transportar y utilizar moléculas de ATP en las partes de la célula capaces de generar trabajo, por ejemplo las proteínas

contráctiles en el caso de la actividad muscular.

Resumiendo, la capacidad para sostener una actividad aeróbica intensa depende de la tasa a la que los substratos energéticos son utilizados, y por tanto de los diversos factores relacionados con la oxidación de los mismos en las mitocondrias. Esta tasa se conoce como tasa metabólica, y se mide generalmente a través de la cuantificación de la cantidad de oxígeno que una unidad de masa del animal consume por unidad de tiempo. Lógicamente, este parámetro es mucho más alto cuando los animales son activos que cuando están en reposo. Mas aún, la diferencia entre la tasa metabólica en reposo y la tasa metabólica en actividad, conocida como alcance metabólico, es un indicador de la habilidad de un organismo para mantener un esfuerzo físico vigoroso y prolongado. Existe, sin embargo, un límite máximo que depende de la condición del individuo.

Hombres y mujeres atletas, ranas atletas

La máxima tasa metabólica sostenida alcanzada por atletas humanos posiblemente sea la de los ciclistas profesionales que participan en las más exigentes carreras europeas. Estos deportistas, altamente motivados y sin limitaciones alimenticias, consiguen mantener tasas metabólicas diarias que están ligeramente por encima de cuatro veces los valores del metabolismo en reposo.¹ La tasa metabólica máxima podría duplicar este nivel en atletas de élite, pero aún esta capacidad sería muy inferior al desempeño aeróbico de ranas cantoras durante la estación reproductiva. Durante uno o dos meses, e incluso todo el año en algunas ranas tropicales, los machos cantan frenéticamente, emitiendo en ocasiones hasta una vocalización por segundo durante la mayor parte de la noche. Tal inversión se justifica puesto que el sonido producido atrae las hem-

bras que quieren reproducirse. Los machos que cantan más intensamente se aparean más. Sin embargo, la conversión de energía bioquímica en energía sonora es poco eficiente, y por tanto la producción de sonido requiere de una gran inversión energética.² Algunas especies cantan tan intensamente que su tasa metabólica aumenta hasta 20 veces por encima del nivel de reposo, un factor que haría sonrojar a la mayor parte de los animales tradicionalmente conocidos como atletas.

La increíble capacidad aeróbica de las ranas se debe al diseño particular de los músculos pectorales de los machos (las hembras no vocalizan). Estos músculos son irrigados por abundantes vasos capilares y tienen coloración rojiza ya que están saturados con mitocondrias. También tienen abundantes depósitos de grasas y carbohidratos que sirven de substrato energético para los procesos de oxidación. Mas aún, las enzimas (catalizadores que aumentan la velocidad de las reacciones bioquímicas) relacionadas con rutas metabólicas aeróbicas son extremadamente activas. Por ejemplo, en ciertas ranas las enzimas que juegan un papel clave en la oxidación de carbohidratos y ácidos grasos pueden catalizar reacciones bioquímicas cinco veces más rápidamente en los músculos pectorales (usados en la vocalización) que en los de la pierna.³ En resumen, la estructura y fisiología de los músculos del tronco permite a las ranas procesar y utilizar grandes cantidades de energía durante tiempos prolongados, y reúnen por consiguiente todos los aspectos esperados en un atleta altamente entrenado para maximizar la capacidad aeróbica.

El atleta desde el punto de vista de la potencia muscular

La potencia muscular está asociada a eventos deportivos que implican esfuerzos cortos y rápidos, tales como el levantamiento de pesas, el lanzamiento de bala y el salto.

Imaginemos por un momento a un levantador de pesas. En contraste con los músculos rojos y altamente aeróbicos mencionados anteriormente, los músculos tipo "pesista" tienen principalmente fibras blancas de tipo anaeróbico. Estas fibras son muy potentes en comparación con las fibras rojas (de contracción lenta), y utilizan como principal fuente de energía la glucosa, azúcar que genera ATP a través de un proceso bioquímico llamado glucólisis, que no requiere oxígeno. Aunque un niño nace con aproximadamente igual número de fibras blancas (potentes, anaeróbicas, rápidas) y rojas (resistentes, aeróbicas, lentas), un programa de entrenamiento serio podría aumentar la proporción de fibras blancas hasta alcanzar un 75 por ciento del total.

Con el entrenamiento del pesista, los músculos tienden a hipertrofiarse y aumentar el número de fibras anaeróbicas, y se tornan por lo tanto capaces de contraerse rápida y fuertemente. Estos músculos pueden producir grandes cantidades de trabajo mecánico en poco tiempo, y se caracterizan por su velocidad para transferir energía, es decir por su potencia. La potencia muscular depende principalmente del tamaño y número total de fibras musculares, y de la proporción entre fibras blancas y rojas. También depende de las características biomecánicas de los sarcómeros (las unidades funcionales del músculo desde el punto de vista de la contracción), la velocidad de contracción de los mismos, y las propiedades de la interfaz nervio-músculo que determina el número de fibras activadas durante la contracción.

Ranas y potencia muscular: diseñadas para saltar

La máxima distancia que una rana consigue saltar es una función directa de la máxima potencia que puede ser producida por los músculos de las piernas. Algunas veces ésta se determina por medio de ex-

perimentos en los que fibras musculares aisladas son estimuladas eléctricamente, y se registra la cantidad de fuerza producida junto con la distancia y la velocidad de contracción. Los valores obtenidos con estas técnicas son usualmente superiores a los encontrados en animales vivos, ya que en estos no todas las fibras se contraen, y las que lo hacen no necesariamente se contraen en su totalidad. No obstante, desde el punto de vista biomecánico y fisiológico, el diseño estructural de los músculos locomotores de las ranas se acerca al ideal teórico de maximización de potencia y, en consecuencia, de distancia alcanzada en un salto. Veamos cuál es la razón.

En las ranas, los músculos de las piernas están compuestos casi exclusivamente por fibras blancas de tipo anaeróbico y de gran potencia, la gran mayoría de las cuales son activadas durante el salto. Como si fuera poco, la especialización del músculo se percibe en aspectos sutiles de la fisiología. Por ejemplo, los sarcómeros tienen una longitud y velocidad de contracción que, de acuerdo con modelos matemáticos, maximizan la generación de potencia.⁴ Durante el salto, los músculos de la pierna de una rana típica producen una potencia media que puede acercarse a los 500 W/kg y una potencia máxima cercana a los 1,000 W/kg. Estos valores son supremamente grandes. Un pesista profesional de aproximadamente 110 kg, capaz de levantar en un segundo un peso de 250 kg a un metro de altura, produciría una potencia de aproximadamente 2,500 W. Sin embargo, al considerar la masa del músculo utilizada en esta hazaña, encontraríamos una potencia media cercana a los 65 W/kg, es decir mucho menos de lo que una sencilla rana hace con un menor esfuerzo aparente, y varias veces seguidas si es necesario.

El increíble desempeño locomotor de las ranas parece demasiado alto, incluso para el sofisticado diseño de sus músculos. Estas consideraciones han llevado a los

estudiosos de la biomecánica a llevar a cabo detalladas investigaciones utilizando cine de alta velocidad. De acuerdo con estos trabajos, sería posible que las ranas almacenaran energía elástica en tendones y ligamentos, y que esta energía, al liberarse, complementara la producida por los músculos al comienzo del salto.⁵ El trabajo científico con estos pequeños atletas nos ha enseñado mucho sobre la fisiología del ejercicio. La investigación debe continuar, y así seguramente nos brindarán en el futuro aún más sorpresas

Carlos Arturo Navas Iannini
Departamento de Fisiología - IB,
Universidad de São Paulo,
São Paulo, BRASIL
email: navas@usp.br

Literatura citada

1. Hammond, K. A. and J. Diamond. Maximal sustained energy budgets in humans and animals. *Nature* 386: 457-462, 1997.
2. Prestwich, K. N. The energetics of acoustic signaling in anurans and insects. *Amer. Zool.* 34: 625-643, 1994.
3. Marsh, R. L. and T. L. Taigen. Properties enhancing aerobic capacity of calling muscles in gray tree frogs, *Hyla versicolor*. *Am. J. Physiol.* 252: R786-R793, 1987.
4. Lutz, G. J. and L. C. Rome. Muscle function during jumping in frogs: Mechanical properties of muscle, implications for system design. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 40: 0363-6143, 1996.
5. Marsh, R. L. and H. B. John-Alder. Jumping performance of hylid frogs measured with high-speed cine film. *J. Exp. Biol.* 188: 0022-0949, 1994.

Fundación Corona



La FUNDACIÓN CORONA contribuye al progreso del país mejorando la calidad de la gestión de los procesos sociales y facilitando el acceso de la población menos favorecida a los beneficios que genera el desarrollo.

Con este propósito trabaja en las siguientes áreas :

- **Desarrollo Empresarial:** Crea y fortalece instituciones y programas de apoyo a la micro y pequeña empresa.
- **Educación:** Contribuye a mejorar la calidad de la educación básica y la pertinencia de la formación para el trabajo.
- **Salud:** Mejora la Gestión Hospitalaria y el acceso de la población menos favorecida a los servicios de salud.
- **Gestión Local y Comunitaria:** Fortalece la capacidad de gestión tanto de las comunidades organizadas como de los gobiernos locales.

FUNDACIÓN CORONA
Calle 100 No. 8A-55 - Torre C - Piso 9
Teléfono: 610 5555 - Fax: 610 7620 - Bogotá
fc005000@inter.net.co

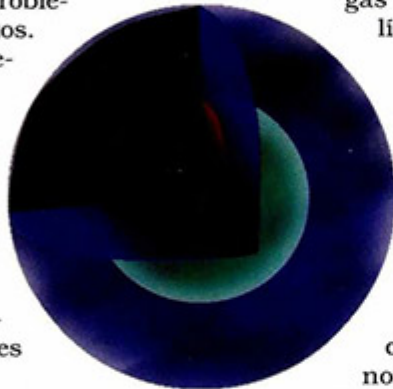


¿Qué es la sonoluminiscencia?

Es sencillo comprender y aceptar que algunos campos de la física, tales como la cosmología y el estudio de partículas elementales, con sus extraordinarias altas y bajas escalas de energías y dimensiones, se encuentran llenos de misterios y problemas aún no resueltos. Pero, en realidad, resulta muy sorprendente encontrar que un sistema tan simple como un frasco con agua expuesto a ultrasonido pueda constituir un enigma de tan difícil resolución e interpretación como los antes citados.

La llamada sonoluminiscencia es un fenómeno en el cual una pequeña burbuja de gas que *levita acústicamente* en un líquido, es comprimida y expandida periódicamente por la presión que produce un campo de ultrasonido. La pequeña burbuja de gas, bajo estas condiciones, emite luz visible en cada uno de los ciclos de la onda de sonido. Estas emisiones de luz son extremadamente cortas en duración, del orden de los 50 picosegundos; su análisis espectral sugiere que la temperatura del gas del cual emergen debe ser del orden de los 7.000°C, temperatura muy superior a la de la superficie del sol; y para sumar todavía más misterio y asombro a este fenómeno, los destellos brillan dramáticamente a medida que la temperatura del

agua se acerca al punto de congelación. En términos más técnicos, se puede definir la sonoluminiscencia como un fenómeno físico que consiste en la conversión de energía acústica en energía óptica, a partir del crecimiento y el colapso de una burbuja llena de gas en el seno de un líquido.

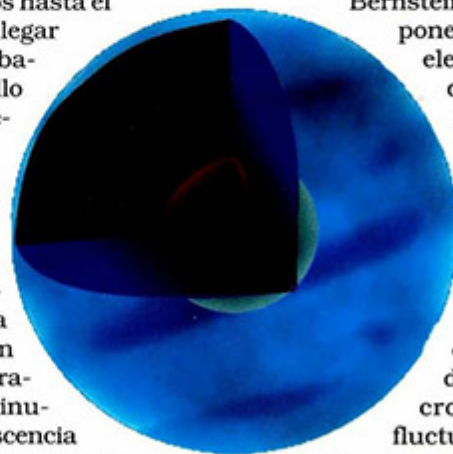


El propósito de esta nota de actualización es ofrecer una visión panorámica de algunos avances recientes en este fascinante campo del conocimiento, así como plantear algunos de los modelos propuestos por los investigadores que trabajan en el tema. Finalmente, se destacan las futuras líneas de investigación que según los hallazgos hechos hasta el momento pueden llegar a ser los más probables de un desarrollo más o menos inmediato.

En algunos experimentos recientes, se ha logrado generar una sola burbuja de aire luminiscente levitada acústicamente con propiedades espectrales y temporales inusuales (sonoluminiscencia de burbuja simple - single bubble sonoluminiscence - SBSL),

que no pueden ser encuadradas en el contexto de los modelos de luminiscencia existentes.¹

Desde el punto de vista de los investigadores que trabajan en el tema, la explicación más plausible del origen de la emisión de luz es la propuesta originalmente por Jarman en los años 60. Esta propone que el rápido movimiento de la interfaz de la burbuja genera una onda de choque implosiva en su interior durante las instancias finales del colapso, la cual genera energía lumínica. Este modelo de onda de choque implosiva ha sido examinado por numerosos investigadores², prediciendo temperaturas de varios millones de grados y presiones de millones de bars. Aun así, en la actualidad disponemos de una diversa gama de hipótesis acerca de la causa de la generación de luz por parte de la burbuja. Prosperetti³, por ejemplo, sugiere microchorros de líquido impactando sobre la pared de la burbuja;



Bernstein y Zakin⁴, proponen la emisión de electrones confinados en un pequeño volumen vacío dentro del fluido durante la etapa final del colapso de la burbuja; y Eberlein⁵, dice que el efecto de sonoluminiscencia es la primera demostración microscópica de las fluctuaciones del fondo del espacio vacío (quantum vacuum radiation).

Lepoint⁶, explica la sonoluminiscencia como una descarga eléctrica: varios chorros crecen a partir de las inestabilidades en las paredes de la burbuja; como todos ellos interactúan entre sí, podrían generar electricidad estática por procesos similares a aquellos que tienen lugar en un trueno atmosférico.

Los experimentalistas han logrado por su parte algunos resultados sorprendentes, como es el caso de Young⁷ que expuso la burbuja sonoluminiscente a un alto campo magnético, encontrando que de esta forma se incrementa la intensidad de la luz emitida, lo cual indica que una teoría completa de la sonoluminiscencia debe tener en cuenta la presencia de dichos campos magnéticos. Hiller⁸ reportó que si se introducen pequeñas cantidades de gases nobles en el líquido, la luz emitida cambia sustancialmente sus propiedades.

En este estado de cosas, la idea central es proceder con las pruebas experimentales y confrontarlas con los resultados que arrojan las diferentes teorías para, de esta forma, desecharlas, completarlas o modificarlas. Esto probablemente abrirá una nueva perspectiva acerca de la física, que constituya un puente entre los casos límites de la física del mundo microscópico, la mecánica cuántica, y las leyes que rigen los fenómenos macroscópicos.

Este proceso de "selección natural" posiblemente arroje resultados en un breve lapso de tiempo, ya que en algunas reuniones científicas,

tal como la celebrada por la Acoustical Societies of America and Japan en Honolulu, en diciembre de 1996, se plantea la posibilidad de que los científicos que propongan las diferentes teorías, formulen además experimentos que pongan a prueba sus teorías.

A pesar de todo, la mayoría de los esfuerzos teóricos se centran en el modelo propuesto por Jarman, en el cual la luz se emite desde una sola burbuja, atrapada por horas o días, cuando su capacidad de flotación balancea la presión en sentido contrario del campo de ultrasonido. La burbuja se expande hasta unos 50 o 100 micrones de diámetro durante la parte de presión baja de la onda de ultrasonido y entonces colapsa hasta alcanzar un diámetro del orden de una fracción de micrón. La luz es emitida en la fase de contracción de la burbuja, desde una región espacial que puede ser de un orden de magnitud menor. Los destellos de luz se producen con una regularidad temporal, correspondiente a una vez por cada ciclo sónico y tienen una duración de menos de 50 picosegundos.

Moss² mostró que la onda de choque es producida en el gas contenido dentro de la burbuja que se colapsa, y aplica un programa de computador que utiliza conceptos de hidrodinámica para analizar este colapso, a la vez que ha podido reproducir al menos algunas de las características del fenómeno de sonoluminiscencia. Los cálculos resultan ser particularmente arduos y complicados, ya que se deben balancear el calentamiento y la compresión generados por el

choque con el efecto de electrones provenientes del gas, que colisionan violentamente transportando hacia el exterior la energía proveniente del centro. Las simulaciones computacionales indican que la temperatura en el centro de la bur-

buja se eleva hasta unos 100.000°K, mientras que un halo levemente más frío conduce hacia el exterior de la burbuja el destello sonoluminiscente.

Estos cálculos predicen un espectro para el destello que, en términos generales, se ajusta al determinado experimentalmente. Pero hay otros resultados que concuerdan con los datos experimentales más significativos: por ejemplo, se puede predecir la duración e intensidad de los pulsos emitidos, y a partir de dicho código numérico se puede explicar por qué la intensidad de la luz emitida disminuye con la temperatura del líquido: a medida que aumenta la concentración de vapor de agua en las burbujas, la velocidad de las ondas de sonido dentro de la burbuja también aumenta, haciendo más difícil que las paredes colapsantes alcancen las velocidades cercanas a las supersónicas, necesarias para crear un choque.

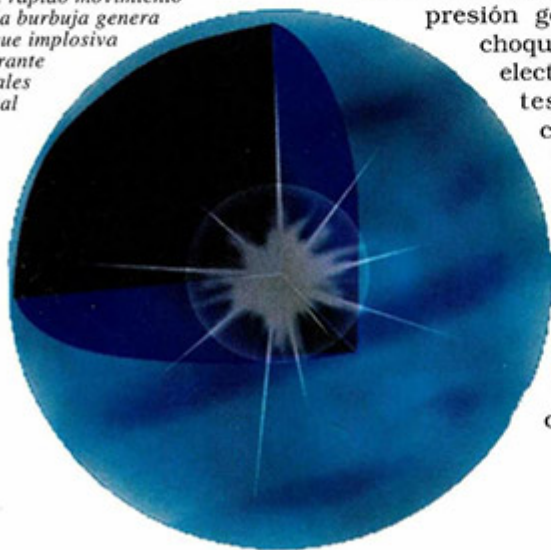
Sin embargo, la sensibilidad de la emisión de luz frente a la presencia de gases nobles parece ser algo más difícil de explicar empleando el modelo de ondas de choque. Aun así, recientemente se realizó un experimento en el cual se colocó un hidrófono muy sensible cerca de la burbuja y se pudo escuchar la onda de choque luego de rebotar desde la implosión y salir a través de la pared de la burbuja.

Eduardo A. Castro
Departamento de Química,
Facultad de Ciencias Exactas,
Universidad Nacional de La Plata,
Argentina.

Referencias

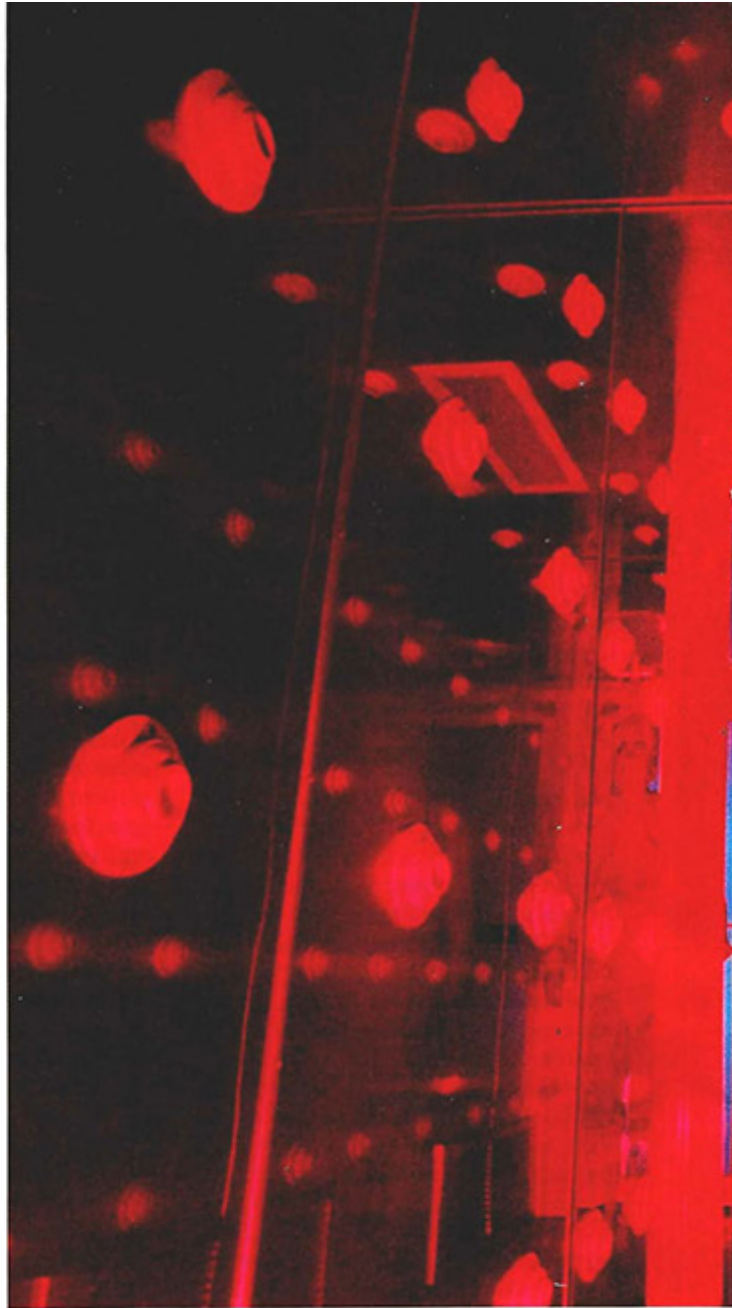
1. *APS News*, 4 (10), November 1995.
2. Moss W. C., Clarke D. B., Young D. A. *Science*, 276, 1398, 1997.
3. Prosperetti A. *ibid.*, p. 2003.
4. Bernstein L. S. and Zakin M. R. *J. Phys. Chem.* 99, 14619, 1995.
5. Eberlein C. *Phys. Rev. A* 53, 2772, 1996.
6. Lepoint T., De Pauw D., Lepoint-Mullie F., Goldman M., Goldman A. *J. Acoust. Soc. Am.* 101, 2012, 1997.
7. Young J. B., Kang W., Schmiedel T. J. *Acoust. Soc. Am.* 100, 2718, 1996.
8. Hiller R., Weninger K., Putterman S. J., Barber B. P. *ibid.*, 266, 248 (1994).

Figura:
Se propone que el rápido movimiento de la interfaz de la burbuja genera una onda de choque implosiva en su interior, durante las instancias finales del colapso, la cual genera energía lumínica.





Ensayo sobre analfabetismo científico



Durante los últimos 400 años, y con un ritmo cada vez mayor, la ciencia ha transformado la vida humana, el comportamiento de las personas y las oportunidades de llevar una vida satisfactoria. El valor de la alfabetización científica, o sea la comprensión de la ciencia por parte de los no científicos, fue impulsada en gran medida por la apreciación estética de la belleza, por el orden y por la curiosidad cada día más acentuados que despiertan las revelaciones que la ciencia ha hecho acerca de un número creciente de procesos del mundo

natural. Hoy en día, existe aún la motivación para muchos científicos que tratan de llegar a la población no científica a través de libros populares, artículos y cursos de ciencia para los estudiantes de artes liberales. No obstante, un impulso mucho más elemental para incrementar la alfabetización científica anima ahora a la comunidad científica. Este nuevo afán se desprende de dos factores, que podrían enunciarse como: (1) la necesidad de la comprensión, aprecio, y por ende, del apoyo público para la investigación científica, y (2) el reconocimiento de que el compromiso de una nación demo-

crática frente a la participación igualitaria e informada en las decisiones de políticas públicas, se ve seriamente amenazada si los ciudadanos no cuentan con instrucción científica.

Estos dos aspectos del analfabetismo científico presentan una fuerte superposición. Es razonable reconocer que muchos científicos y gran número de entusiastas de la ciencia y la tecnología consideran que aquello que es bueno para estas áreas del conocimiento, es bueno también para una nación. De ahí que un público ilustrado, informado e interesado en temas científicos, como es de esperarse, se



muestre dispuesto a ofrecer el respaldo necesario para el desarrollo científico.

Uniendo y entrelazando las dos dimensiones del problema de la alfabetización científica se encuentran otros temas: la alfabetización científica es cada día un requisito indispensable para el bienestar económico y personal de los ciudadanos no científicos. Los empleadores desean vincular trabajadores familiarizados con las matemáticas, que se sientan cómodos con los computadores, y que muestren aptitudes de pensamiento avanzadas. También, la vida moderna y la influencia de los medios de comuni-

cación, pone a todos los ciudadanos frente a una serie de decisiones importantes: ¿Debería fumar? ¿Debo hacer ejercicios? ¿Puedo comer tomate genéticamente manipulado? ¿Se justifica el costo de las vitaminas? ¿Cómo debo decidir sobre los consejos médicos? ¿Cuál es la amenaza del SIDA? ¿Debería protestar contra los proyectos de investigación del hospital local que trae ADN al vecindario? ¿Debo confiar en la astrología?

Esta última pregunta conduce a una inmensa variedad de decisiones personales relacionadas con la superstición y la charlatanería, que cubren desde la parapsicología

hasta los adivinadores de la fortuna, a quienes creen en los OVNIS, a los místicos, a los seguidores de cultos, y que atraen desde creacionistas hasta fundamentalistas radicales a las religiones de la "nueva era", con sus componentes de milagros, conversaciones con los muertos, etc. Todo esto no es nuevo, es sólo la representación actual de antiguos adivinos itinerantes o del vendedor de aceite de serpiente, que instalaban sus mesas en la plaza del pueblo y que han sido reemplazados por el cubrimiento de periódicos y revistas, por el Internet, y por el respetable despliegue de la televisión: mientras más absurdo y espectacular, más amplio será el cubrimiento. Todo esto impone una pesada carga sobre los hombros de los ciudadanos de esta era de la comunicación. El punto aquí es el papel que puede jugar la ciencia en la protección del ciudadano frente, al menos, a las más disparatadas irracionalidades.

Hemos dejado de lado intencionalmente la definición de la alfabetización científica, para dejar expuestos todos estos problemas, y podemos afirmar que su peso es en realidad excesivo.

No obstante, los aspectos personales del alfabetismo científico se ven ciertamente igualados por los temas políticos que cuentan con componentes científicos y técnicos. Kenneth Prewitt escribe:

"La discusión actual sobre alfabetización científica saca a la luz un tema antiguo para la práctica y la teoría democráticas. Debido a que el ciudadano común vive demasiado distante de los círculos políticos, económicos y culturales que orientan a la sociedad, ha sido por siempre un reto teórico y práctico asegurar que los derechos participativos que la democracia le ha conferido a los ciudadanos sean ejercitados a cabalidad. Cuando los centros rectores de la sociedad escapan a la comprensión del ciudadano común, los asuntos públicos dejan de serlo y escapan por lo tanto a un importante control".

Tomemos, por ejemplo, algunos temas de los titulares del momento, que tienen gran impacto en el futuro de las naciones:

- ¿Cuál es la amenaza de un cambio climático global? ¿Gravamos, por ejemplo, las emisiones del CO2?
- ¿Deberíamos prohibir el consumo del tabaco?
- ¿Es segura la energía nuclear? ¿Cuál será la fuente energé-

El agotamiento de las mentes que no están preparadas para enfrentar las nuevas tecnologías, es un aspecto que considero de la mayor trascendencia en nuestros días.

tica del futuro?

• ¿Hemos hecho lo suficiente para remediar los agujeros en la capa de ozono?

• ¿Cómo podemos alcanzar el equilibrio entre las preocupaciones por el medio ambiente y el desarrollo económico? Por ejemplo, ¿el agua pura es recomendable, pero los drenajes de residuos industriales hacen de este un tema económico?

• Lo mismo con respecto al aire limpio: ¿Imponemos el uso de automóviles eléctricos, y si será esto útil? Me encanta mi auto con tracción en las cuatro ruedas, pero...

• ¿Qué tan grave es para el futuro la explosión demográfica? ¿Puede mantenerse una población de 10 mil millones de personas?

• ¿Son seguros nuestros suministros de alimentos y nuestros medicamentos?

• ¿Qué debe hacerse para prevenir los accidentes aéreos, los derrames de petróleo, los accidentes industriales, etc.?

• ¿Cómo ayudamos a los jueces y jurados cuando se presentan ante la justicia temas científicos complejos (ADN, implantes de silicona en los senos, Bendectin, etc.)?

• ¿Cuáles son las consecuencias para la sociedad de la deforestación de las selvas húmedas, de la conversión de las praderas norteamericanas en campos para el cultivo de maíz, de los desechos que se arrojan al océano, del almacenamiento de residuos radioactivos bajo tierra, entre otras tantas acciones?

• ¿Cómo llegamos a un acuerdo con la tecnología que surge? ¿Cómo podemos beneficiarnos de nuestras enormes capacidades sin cambiar lo que nos identifica como individuos, con toda nuestra diversidad?

El agotamiento de las mentes que no están preparadas para enfrentar las nuevas tecnologías, es un aspecto que considero de la mayor trascendencia en nuestros días, y debería recibir especial atención por parte de la comunidad científica. Es claro que parte de la solución se encuentra en una educación temprana. Consideremos la facilidad con la que nuestros niños manejan el computador y el Internet. Sin embargo, nos queda un largo camino antes de que todos los niños tengan un acceso permanente a los computadores. No queremos ni imaginar lo que tardarán sus padres.

Hemos establecido así una serena transición a la creencia, que debo confesar ingenua, de que la educación continua, desde la cuna hasta la tumba, de prekindergarten a los

cien años, es un elemento crucial para la solución de todos los problemas que aquejan a la sociedad. Declaramos el convencimiento de que la misión de la educación, respaldada y promovida por la educación informal, es producir personas que sean capaces de enfrentar dinámicamente un mundo que se transforma. En ese sentido, no debemos desdeñar el poder de la educación científica informal que desarrollan los centros científicos, los museos y los programas televisivos de entretenimiento científico, entre muchas otras opciones.

• • • • •

León Lederman
Premio Nobel de Física
Director Emeritus, FERMILAB
Mail Stop 105
Batavia, Illinois, 60510-0500



¡Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

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

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



Universidad Nacional de Colombia

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Hora
0:00	U. N. Satélite					Jazz... La Media Noche	Eros y Boleros	2:00
3:00	Euterpe					U. N. Satélite		3:00
6:00	U.N. Noticias Vía Satélite					Desde Holanda	Música de las Religiones	7:00
7:15	U.N. Análisis					Selecciones de U.N.Radio	Perspectivas	8:00
8:15	Torre de Babel							Tesis de Grado
8:45	Revista de Colcultura					Perfiles	Análisis Político	10:00
9:00	Protagonistas de la Música					Economía y Sociedad	Debates Económicos	10:30
						Selecciones	Reseña	11:00
1:00	Jazz... La Hora					Crónica Urbana	Memoria Reciente	12:00
						Imaginaros del Rock	εΡΟΥΕ	12:30
2:00	Música Antigua					Brasil Musical	Selecciones	1:00
3:00	Música de Cámara					Música Latinoamericana	Música Colombiana	2:00
4:00	Siglo XX				Sonido Virtual	Rock 98 1/2	Historia del Flamenco	4:00
					Blues		La Hora del Blues	5:00
6:00	Cinco Décadas de Rock	La Hora de la Resistencia	Psicosis	Imaginaros del Rock	Rockoco			
7:00	La U en F.M.		Selecciones de U.N. RADIO			Soul To Soul	Conferencia de la Semana	6:00
7:30	U.N. Satélite						Interacción	7:00
8:00	Invitado Musical							
9:00	Hipótesis	Número y Razón	Radio de Acción	Tierra de por Medio	Caribeando	De Rumba	En el Corazón del Patio	7:30
9:30	U.N. P.M. Noticiero Vía Satélite							
10:00	Los Discos de León				Industria Digital		Teatro en Música	8:00
11:00	U.N. Satélite				Tanguedia	Selecciones de U.N. RADIO	11:00	
12:00	EMISIÓN EN DIRECTO							12:00

TELECOMUNICACIONES

Nueva tecnología para el procesamiento de señales de TV a través de los cables telefónicos

Las compañías de telecomunicaciones han investigado durante varios años la forma de transmitir videos de dos vías y de excelente calidad, sin necesidad de invertir en costosas instalaciones. Actualmente existen varios proyectos para transmitir televisión interactiva a través de los cables de cobre que llegan a los hogares y oficinas, pero la calidad de la transmisión deja mucho que desear. La compañía Objective Communications de

Chantilly, Virginia, ha desarrollado una nueva tecnología de procesamiento denominada VidModem, la cual puede transmitir simultáneamente a un computador personal señales de dos vías, de información, video y transmisión de voz, a través de los cables telefónicos de cobre. Esta tecnología —que saldrá al mercado a finales de 1997— está enfocada principalmente a las oficinas y puede transmitirse a través de la operadora.

La técnica VidModem transmite a través de líneas de frecuencia FM y no de AM, como es el caso de la transmisión de televisión. Las líneas de FM son menos susceptibles a interferencias y distorsiones que las de AM, pero a su vez necesitan una banda de 24 megahertz. El cableado de cobre transmite únicamente 20 megahertz. El sistema Vid Modem comprime la señal de FM usando un sistema de modulación similar al que se utiliza para las transmisiones en AM.

PSICOLOGÍA

La habilidad cognitiva se mantiene constante toda la vida

Una de las grandes discusiones dentro de las ciencias de la vida y del comportamiento ha sido la de naturaleza versus crianza ("nature vs. nurture", en inglés) en la determinación de los rasgos biológicos y psicológicos del hombre. La investigación sobre

los aportes de la herencia frente a los del ambiente tuvo a Sir Francis Galton como pionero, a finales del siglo pasado.

Con los estudios longitudinales de gemelos, Galton inauguró la genética conductual, disciplina que comenzó siendo determinista y posteriormente se vio

forzada por el ambientalismo a caer en el probabilismo genético. No obstante, estudios recientes de la habilidad cognitiva en gemelos han presentado resultados sorprendentes.

Un equipo de investigadores norteamericanos, británicos y suecos analizaron las habilidades cognitivas de una gran muestra de gemelos suecos octogenarios (240 pares), de quienes se habían obtenido medidas de inteligencia durante su etapa adolescente. El estudio, dirigido por el psicólogo Gerald E.

Un nuevo eslabón: *Homo antecessor*

Entre 1994 y 1996, fueron encontrados varios restos de homínidos de la última etapa del pleistoceno en la sierra de Atapuerca (España). Lo novedoso del hallazgo es que no pertenecen a la línea de transición entre *Homo erectus* y el hombre moderno sino, al parecer, a una nueva especie homínida, ancestro común de los hombres de Neanderthal y el *Homo sapiens sapiens*.

La nueva especie fue bautizada como *Homo antecessor* por los científicos españoles J.M. Bermúdez de Castro, J.L. Arsuaga, E. Carbonell, A. Rosas, I. Martínez y M. Mosquera, quienes publicaron su descubrimiento el 30 de mayo pasado en la revista *Science*, incluyendo una descripción detallada de los rasgos encontrados en 80 piezas óseas y dentales, pertenecientes por lo menos a seis individuos.

Particularmente, el artículo publicado es una descripción del grupo de

fósiles denominado TD6, cuya morfología no se ajusta completamente a la del *Homo sapiens* o a la del *Homo heidelbergensis* (Neanderthal), sino que contiene características de una y otra especie, lo que llevó al grupo de paleoantropólogos y arqueólogos hispanos a sugerir que se trata de un antecesor común.

La nueva teoría paleoantropológica complejiza aún más el panorama del origen de la especie a la que pertenecemos. Agrega un grupo de especies *Homo* a las actualmente conocidas: Australopitecinos (*H. habilis*, *H. ergaster*), *Homo erectus*, Neandertalenses (*H. heidelbergensis*) y las más recientes *H. sapiens*, cuyas relaciones entre sí aún no son muy claras.

Si bien el descubrimiento es notable, aún será necesario apoyar la especie "naciente" con nuevas evidencias paleoantropológicas que

confirмен no sólo su existencia sino también su relación con las demás *Homo*.



McClearn de la Universidad Estatal de Pennsylvania, arrojó un aporte constante de la herencia, distribuido así: 62% de habilidad cognitiva general (coeficiente intelectual), 55% de habilidad verbal, 32% de habilidad espacial, 52% de memoria y 62% de velocidad de procesamiento mental.

Estos resultados contradicen la creencia de que la influencia o aporte genético a la inteligencia disminuye con el paso de los años, a medida que se va acumulando experiencia. Aunque se observó

que el ambiente podía facilitar o dificultar el desarrollo de la habilidad cognitiva general, también se pudo apreciar que el aporte genético se hacía notar más en la etapa adulta que en la niñez, independientemente de la experiencia.

Paralelamente a estos estudios del comportamiento de los gemelos en pruebas de inteligencia, se vienen desarrollando aceleradamente investigaciones sobre los *loci* o porciones del genoma humano responsables de la capacidad intelectual del individuo. Los resultados

obtenidos han dado luces también acerca de la predisposición genética a la esquizofrenia y podrían, en el futuro, contribuir no sólo a su predicción sino también a su control, según informó Irving Gottesman de la Universidad de Virginia, en una nota publicada en la revista *Science* del 6 de junio pasado.

Telomerasa: "marcador" del cáncer

La enzima telomerasa se ha asociado con el cáncer cervical y con el de la vejiga, y es precisamente su presencia en los tejidos la que permitirá la detección temprana de esta enfermedad.

En la última década, los científicos han estudiado la función de los telómeros, estructuras localizadas en los extremos de los cromosomas y cuya función es estabilizar y ayudar a mantener la forma de los cromosomas. La telomerasa aparece normalmente durante el embarazo debido a la activa multiplicación

celular, pero no se observa en adultos sanos. Como el cáncer se caracteriza por la multiplicación celular descontrolada, científicos alemanes y japoneses han descubierto una conexión muy estrecha entre los cánceres cervical y de la vejiga y la enzima telomerasa.

Estos investigadores han podido aislar la enzima de muestras de orina, lo cual proporciona un excelente mecanismo de detección. Actualmente se investiga la presencia de la telomerasa como "marcador" en el cáncer de próstata, seno, recto y pulmón.



¿Pueden las moscas caseras contribuir a la incidencia de úlceras?

Anteriormente, las úlceras se trataban con un antiácido y con una dieta blanda. Hoy en día, el tratamiento se basa en antibióticos pues se han relacionado las úlceras con la bacteria *Helicobacter pylori*, microorganismo que tiene la particularidad de resistir los ácidos del estómago. El *Helicobacter pylori* es causante de entre el 10 y el 80 por ciento de las úlceras gástricas y puede inclusive estar asociada con el cáncer del estómago.

El Journal of Clinical Microbiology presenta un reporte del trabajo de un grupo de científicos liderado por el doctor Peter Grubelá, que expuso moscas a

la bacteria e hizo pruebas cada seis horas. Los investigadores encontraron que el *Helicobacter pylori* puede vivir hasta 12 horas en la superficie de las moscas, y hasta 30 horas en el intestino y excrementos de éstas. La hipótesis de los investigadores es que las moscas se infectan a través de los excrementos humanos y transmiten la bacteria al pararse sobre la comida.

La investigación de Grubel no demuestra específicamente que las moscas transmitan la bacteria. Sin embargo, el científico recomienda el lavado de manos frecuente y aconseja no dejar los alimentos destapados.

Dudas sobre el autoexamen del seno

Generalmente, se sugiere a las mujeres practicar con regularidad el autoexamen de seno como método de detección del cáncer de la glándula en etapas tempranas, en las cuales es curable. Sin embargo, existe la duda sobre qué tan efectiva pueda ser esta revisión rutinaria para detectar los tumores malignos.

Un estudio reciente, liderado por el doctor David B. Thomas, del Fred Hutchinson Cancer Research Center de Seattle, que incluyó 267.040 mujeres trabajadoras de fábricas textiles en Shanghai, parece sugerir que no existe ninguna diferencia en la detección entre las mujeres que realizan rutinariamente el autoexamen de seno y quienes no lo practican. Después de algunos años de seguimiento, los investigadores encontraron una tasa igual de detección de tumores malignos en el grupo de control que en el de las mujeres que practicaban el autoexamen, no obstante, las mujeres de este último grupo encontraron una mayor proporción de tumores benignos.

Los hallazgos sugieren que el autoexamen del seno no reduce la mortalidad por cáncer de seno. Sin embargo, los investigadores continuarán su estudio durante otros cinco años para corroborar o refutar esta conclusión. Este descubrimiento no basta para descartar totalmente la práctica del autoexamen del seno; sin embargo, el hecho de encontrar resultados normales no garantiza la ausencia de patología, por lo que se recomienda practicar una mamografía a las mujeres mayores de 50 años.

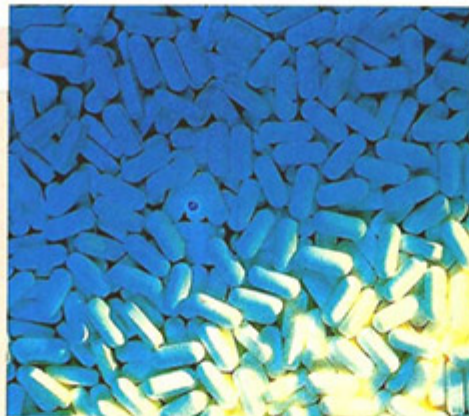
TECNOLOGÍA

Inyección de tinta, no sólo para páginas impresas

La publicación de escritorio está pasando gradualmente al siguiente nivel: la manufactura de escritorio. Usando la tecnología de las impresoras de inyección de tinta, un grupo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology diseñó una forma de hacer pastillas "imprimiéndolas" en tres dimensiones. De esta manera, los científicos podrán diseñar y producir pastillas tal como los ingenieros crean las partes de las maquinarias.

La impresora tridimensional construye las píldoras mediante la superposición de capas de polvo y un líquido mezclador, en vez de colocar gotas de tinta en el papel. En la impresión de inyección de tinta, las gotas emergen de una boquilla delgada y son cargadas eléctricamente; los electrodos controlan la ubicación de las gotas de tinta en localizaciones muy precisas, dando como resultado impresiones de muy alta resolución. De forma similar, la impresión tridimensional ubica los ingredientes de las píldoras para crear las microestructuras dentro de la tableta finalizada; pequeñas cámaras dentro de la pastilla, por ejemplo, pueden ser llenadas con uno o varios medicamentos en diferentes concentraciones.

Las píldoras manufacturadas de esta manera pueden ofrecer dosis muy pe-



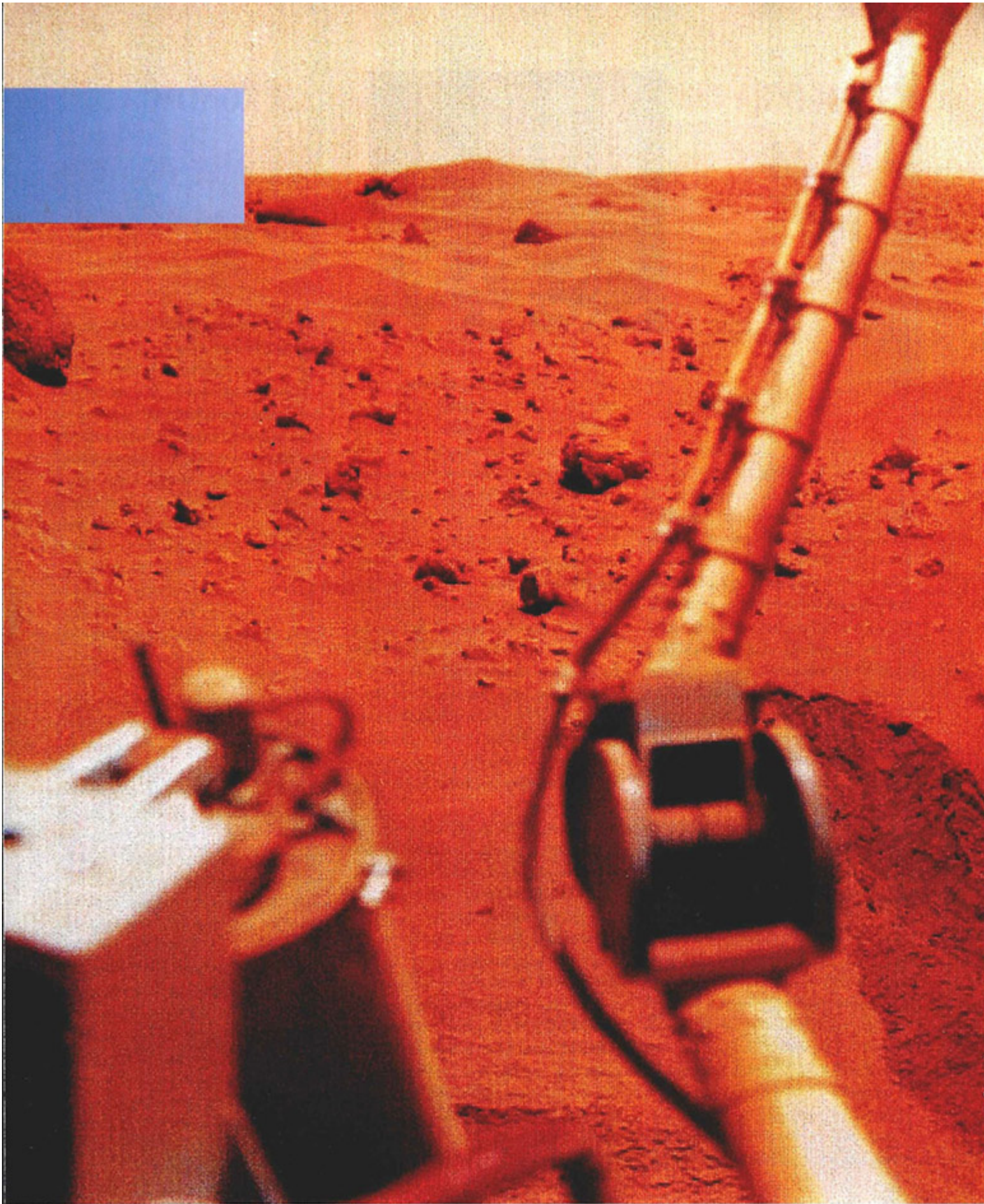
queñas de drogas muy potentes, con lo cual se logra un control mucho más eficaz de la dosificación que con los procedimientos convencionales. Además, este tipo de tabletas ofrece nuevas formas de liberación de los medicamentos después de la ingestión de la tableta. Por ejemplo, una tableta impresa de antihistamínico producida por Therics de Princeton, Nueva Jersey, contiene dos mezcladores diferentes que se disuelven a distintas velocidades, permitiendo que el compuesto activo se libere en dos tiempos diferentes y evitando la toma de una segunda tableta. Hasta el momento, se han realizado pruebas con este tipo de tabletas en el laboratorio con buenos resultados y se planea comenzar la experimentación en animales este mismo año.

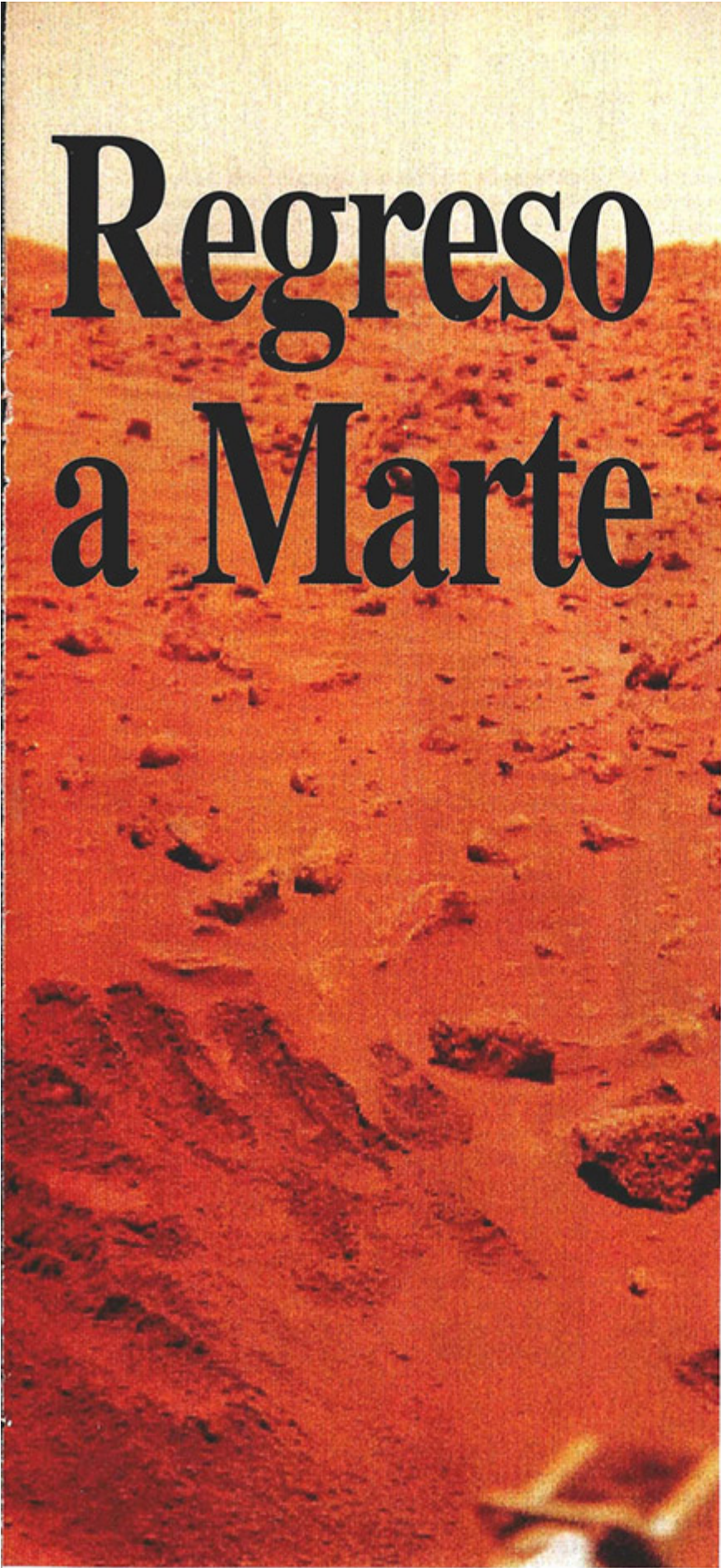
El proceso utiliza el mismo tipo de tecnología desarrollado para hacer componentes prototipos de maquinarias en polímeros, cerámica y metal. Con este proceso se pueden imprimir muestras tridimensionales de las piezas en pocos días, o incluso minutos, según la complejidad de la estructura, en lugar de usar procesos largos y costosos con técnicas de moldeado. La técnica tridimensional es ideal para la manufactura de prototipos y pequeños lotes de componentes, además puede utilizarse para elaborar los moldes necesarios para producciones masivas.

ASTRONOMÍA

Planetas en otras estrellas retan a los astrónomos

El reciente descubrimiento de planetas en estrellas cercanas está trastornando las teorías de formación y evolución de sistemas solares. Fue una sorpresa que la primera vez que se detectó un planeta extra-solar, de una forma concluyente y definitiva, haya sido no en una estrella normal como nuestro Sol, sino en un pulsar, que se supone es un cadáver estelar de historia violenta y cuyas características extremas de densidad y campos magnéticos los hace un sitio para contener cualquier cosa menos un planeta. El descubrimiento de planetas en estrellas similares al Sol ha constituido otro golpe de aviso. Algunos de los planetas hasta ahora descubiertos están orbitando la estrella materna a una distancia muy corta. El problema es que los cálculos indican que son planetas varias veces más masivos que Júpiter —y que por lo tanto son planetas gaseosos— con lo que, para su existencia, es condición haberse formado a una gran distancia de su sol. Ello ha hecho que los astrónomos comiencen a idear todo tipo de conjeturas que expliquen el acercamiento gradual de estos planetas a su estrella. También es posible que lo que se aprecia como planetas no sean tales. Los métodos actuales de detección de planetas son indirectos y descansan en suposiciones que no son enteramente convincentes. Sea como sea, existe actualmente una revolución en el campo de la formación de sistemas solares, pues las ideas que eran consideradas hasta hace cinco años como válidas ahora son objetadas y reevaluadas.





Regreso a Marte

El Pathfinder explora a Marte

Sergio Torres Arzayúz
Observatorio Astronómico,
Universidad Nacional de Colombia.
Centro Internacional de Física,
Santafé de Bogotá, Colombia.
email: storres@earthlink.net

Introducción

La posibilidad de una civilización desarrollada de marcianos, con tecnología suficiente para la construcción de un sistema de canales de irrigación que permitieran el sustento de una agricultura, parece que sólo existió en la imaginación de Percival Lowell. Este estadounidense, que en 1908 trazó todo un diseño donde aparecen los detalles sobre cómo los marcia-

nos nos habían superado en la técnica de controlar el cauce de las aguas, seguramente fue influenciado por las observaciones de estructuras alargadas sobre la superficie de Marte realizadas por el astrónomo italiano Schiaparelli en 1877. Efectivamente, la superficie de Marte presenta formaciones alargadas y patrones parecidos a arroyos secos por donde posiblemente fluyó agua cuando el planeta era joven. Que en Marte no hay vida, ni mucho menos ingenieros civiles, quedó firmemente establecido con los viajes a Marte realizados por las naves espaciales

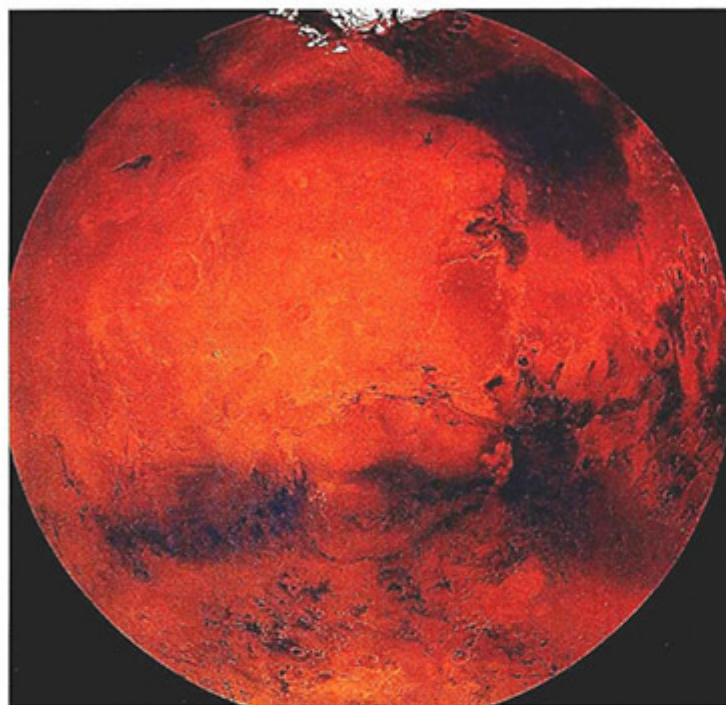


Figura 1.

Vikingo en los años setenta. La posibilidad de que haya existido alguna forma de vida en Marte, sin embargo, ganó peso con la observación de microestructuras de origen biológico fosilizadas en un meteorito de origen marciano.

El planeta rojo

Marte es una planeta muy parecido a la Tierra. El periodo de rotación sobre su eje (24.623 horas), la excentricidad (0.0934) e inclinación (1.85°) de su órbita, su radio (3.397 km) y el periodo de traslación en torno al Sol (686.98 días), son comparables a los de la Tierra. La densidad promedio es una fracción de 0.713 veces la de la Tierra, indicando la presencia de un núcleo pequeño en su centro. La distancia entre Marte y la Tierra puede ser entre 90 y 357

millones de kilómetros dependiendo de la fecha exacta, es decir, que las comunicaciones con Marte tienen un retraso de 5.5 a 20 minutos. Por su distancia al Sol (227.9 millones de kilómetros, semieje mayor) la atmósfera y el clima en la superficie de Marte son muy distintos a las nuestras. La diferencia de temperaturas entre el día y la noche marcianas es de 95 grados Celsius y en el invierno la temperatura alcanza 125 grados Celsius bajo cero. En la Tierra, la atmósfera es una gran masa que puede absorber y emitir calor (e.g. efecto invernadero), generando inercia a los cambios de temperatura. En Marte, la atmósfera, compuesta primordialmente de CO₂ o hielo seco (95.3%), nitrógeno (2.7%), argón (1.6%), es muy tenue y no puede proteger al planeta de cambios extremos en temperatura. La composición química de la atmósfera también determina el color del cielo visto desde el planeta. En la Tierra, por ejemplo, el cielo es azul porque las moléculas en la atmósfera dispersan con mayor eficiencia las ondas con longitud pequeña, como el color azul y el violeta (dispersión de Rayleigh). Los otros colores de la luz solar atraviesan la atmósfera con muy poca dispersión. En Marte no sólo hay CO₂ en la atmósfera, sino también partículas de polvo suspendidas en la atmósfera, las cuales hacen que el color del cielo visto desde Marte se vea naranja.

Por su semejanza con la Tierra, el estudio de Marte es importante para entender mejor nuestro planeta, especialmente su origen y formación. Es esencial recoger datos sobre la historia y constitución de Marte para resolver la inmensa cantidad de preguntas que aún quedan por resolver sobre el origen del sistema solar y el origen de la vida. Motivados por estas preguntas fundamentales, las agencias espaciales han elaborado un ambicioso plan en el cual se tiene previsto una flotilla de naves espaciales que visitará el planeta rojo una vez al año en promedio hasta el año 2005, cuando se lanzará al espacio un robot que traerá muestras del planeta a la Tierra. Uno de estos proyectos, el 'Mars Pathfinder', liderado por Matthew Golombek, de la NASA, ya está enviando una lluvia de datos e imágenes suficiente para mantener ocupados a los científicos planetarios por muchos años. Otro proyecto actual es el Topógrafo Global de Marte, un orbitador que entró en órbita de Marte el 12 de septiembre.

Formación del sistema solar

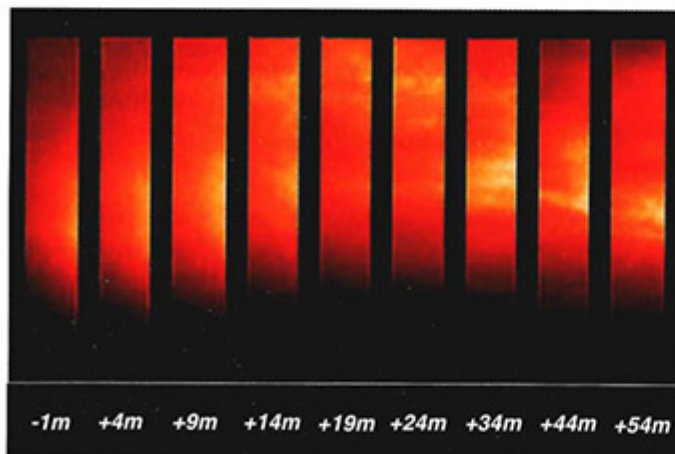
Con las observaciones realizadas hasta el momento y los hechos conocidos sobre el sistema solar, la teoría más favorecida indica que el Sol y los planetas se formaron a partir de una nube de gas primordial (hidrógeno y algo de

Por su semejanza con la Tierra, el estudio de Marte es importante para entender mejor nuestro planeta, especialmente su origen y formación.

helio) hace 4.500 millones de años¹. Tanto el Sol como los planetas gigantes (Júpiter, Saturno, etc) se originaron a partir de ese gas primordial por la acción de la gravedad, que tiende a acumular grandes cantidades de masa en centros bien definidos. Uno de estos centros resultó ser el Sol, otro Júpiter, por ejemplo, con la diferencia de que la cantidad de masa que pudo acumular el Sol fue lo suficientemente grande para alcanzar la densidad y temperatura que comienzan el proceso de fusión nuclear. Los planetas sólidos, como la Tierra y Marte, se formaron por la acumulación de planetesimales, que a su vez se formaron por agregación de partículas. Más adelante, la radioactividad en el interior de los planetas recién formados hizo que estos se cal-

lentarán, y así comenzó la actividad volcánica. Durante los 4.000 millones o más años de su historia, los planetas han recibido lluvias de meteoritos que al hacer impacto dejan cráteres característicos. En la superficie de la Tierra, la acción erosiva de la atmósfera se encarga de borrar las huellas de los impactos. En la Luna y en Marte, por el contrario, los cráteres permanecen marcados en la superficie y un estudio sistemático de sus formas y tamaño permite obtener información sobre la historia del planeta que los alberga.

Figura 2. Foto NASA. El espectro de la luz reflejada es usado aquí para hallar las propiedades de los materiales en la superficie de Marte. Las regiones planas del suelo ('drift') indicadas con el número 1 son las más brillantes. Las otras regiones exploradas son el suelo oscuro en la zona Lamb. El brillo reflejado se da relativo a la zona más brillante (1).




¿Vida en Marte?

Hace 3.500 millones de años las condiciones tanto en Marte como en la Tierra eran muy diferentes. La evidencia indica que Marte era un planeta más caliente y tenía abundante cantidad de agua líquida, lo cual es favorable para albergar alguna forma de vida. Por lo menos en la Tierra sabemos con certeza que hace 3.500 millones de años ya existía vida en formaciones de algas parecidas a las actuales. Un grupo de científicos liderados por David McKay, de la NASA, han observado residuos de actividad orgánica en un meteorito proveniente de Marte². El ALH84001 es un trozo de roca marciana de 1.9 kilogramos, que se desprendió de Marte hace 16 millones de años por la acción de un violento impacto y aterrizó en el hielo de la Antártida hace 13.000 años. McKay encontró una abundancia relativa de compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos, acompañados de glóbulos de carbonatos, que pueden ser la huella dejada por organismos que vivieron en el meteorito en épocas pasadas. De confirmarse este importante hallazgo, ganaría fuerza la hipótesis que sugiere que la vida en la Tierra llegó desde afuera a bordo de un meteorito, por ejemplo, y aumentaría la probabilidad del surgimiento de vida en muchos otros planetas.


Se sospecha que los valles secos que en algún momento fueron el fondo de un lago son sitios ricos en fósiles,³ si es que alguna vez existió vida en Marte. Inclusive, es probable encontrar agua líquida debajo de varias capas de hielo, como se ha visto por ejemplo en el fondo de valles secos en la Antártida. La vida microscópica en esta agua se ha preservado por muchos años. Este tipo de exploración es el objetivo de misiones espaciales futuras; por ahora, la NASA está trabajando en la preparación de estos proyectos y el Pathfinder es un ejercicio donde se prueban las tecnologías nuevas que van a ser usadas en futuras visitas planetarias.

La sonda espacial Pathfinder

El pasado 4 de julio, a las 10:07 de la tarde (hora local en California), la sonda Pathfinder llegó a la superficie marciana en la zona de Ares Vallis, después de viajar por seis meses en la órbita precisamente calculada por los científicos del Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA, en Pasadena (California). Es el primer contacto con Marte después de 21 años, transcurridos desde las visitas de las naves espaciales Viking 1 y 2. El Pathfinder está compuesto



por la estación de control Carl Sagan y por un pequeño vehículo todoterreno comandado desde la Tierra. Al vehículo todoterreno se le dio el nombre de Sojourner en honor a Sojourner Truth, una mujer afroamericana que luchó por los derechos civiles de su gente y de la mujer.



El Pathfinder entró a la órbita marciana a una velocidad de 26.000 km/h, y desaceleró usando una combinación de frenos, paracaídas y retrocohetes. Descendió a través de la tenue atmósfera marciana, golpeó el suelo a una velocidad de 72 km/h con la ayuda de bolsas infladas y rebotó 16 veces hasta detenerse. Inmediatamente después el Pathfinder desplegó sus equipos, se dio la orden al Sojourner de comenzar la exploración y en pocas horas los científicos en la tierra estaban admirando las primeras imágenes de este espectáculo planetario sin precedentes.⁴



El esfuerzo requerido para colocar un instrumento en la superficie marciana es colosal. Los cálculos de las órbitas planetarias, las complicaciones técnicas para lanzar un cohete de 712 kilogramos, la transmisión de comandos a la nave espacial a más de

200 millones de kilómetros de distancia, la respuesta de los computadores e instrumentos a bordo del robot, y cientos o miles de detalles más hacen de estos proyectos grandes retos y grandes logros para toda la humanidad. Basta con un error en un solo byte de los varios millones presentes en un programa de computador, o que un pequeño tornillo no quede bien ajustado, para arruinar completamente la misión. Es maravilloso ver las imágenes de Marte y los resultados científicos después de tantos detalles susceptibles de fallar. Este tipo de proyectos es de alto riesgo y no siempre las cosas resultan como se han planeado. La misión espacial rusa 'Mars 96', por ejemplo, se perdió al momento de ser lanzada al espacio el 17 de noviembre de 1996, y la nave 'Mars Observer' perdió contacto con la Tierra momentos antes de llegar a Marte, en agosto de 1993.

Instrumentos a bordo del Pathfinder

El Pathfinder cuenta con tres instrumentos para investigar la superficie del planeta: la estereocámara IMP con filtros espectrales (Imager for the Mars Pathfinder), el espectrómetro APXS de partículas alfa, protones y rayos X (Alpha Proton X-ray spectrometer), y el paquete de instrumentación ASI/MET para estudiar la meteorología y la estructura atmosférica (Atmospheric Structure Instrument/Meteorology Package). Los datos generados por estos instrumentos permitirán hacer un estudio detallado de las condiciones planetarias, la química de la superficie, la petrología de los suelos y rocas, las propiedades magnéticas y mecánicas del suelo y el polvo, y una variedad de investigaciones sobre la atmósfera y la dinámica de la órbita de Marte.

El instrumento IMP consta de una cámara CCD con dos canales y un sistema de filtros que se pueden cambiar mecánicamente. La cámara está montada en un mástil de 1 m de altura en la estación Sagan. Como parte de este módulo, también se ha incluido un experimento de propiedades magnéticas, consistente en imanes permanentes instalados en la base. Se planea monitorear la cantidad de material

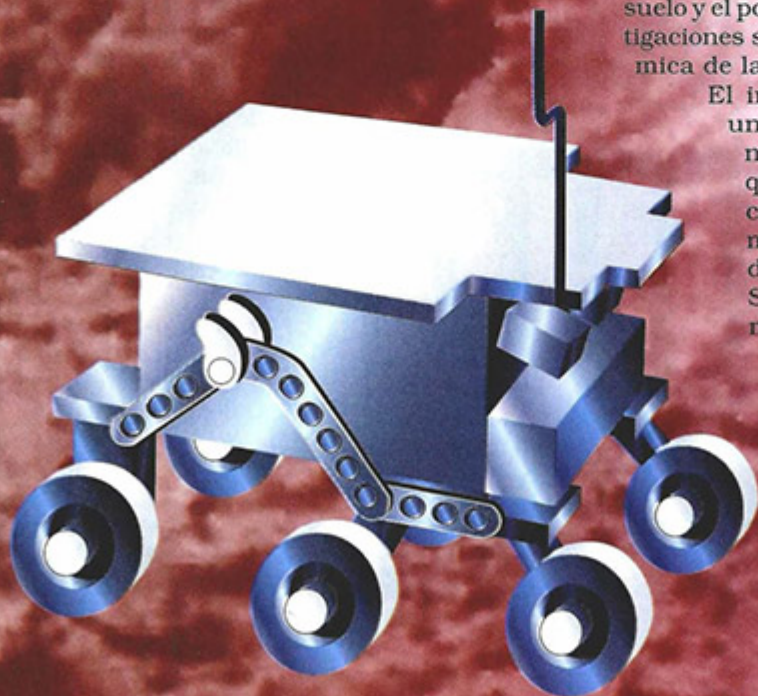


Figura 3.

Los minerales

encontrados en la
superficie de Marte
tienen mucho en
común con los de
la Tierra.

ferromagnético acumulado en estos imanes a lo largo de la misión.

La composición química de los minerales en la superficie se obtiene bombardeándolos con una fuente alfa radiactiva y observando las partículas alfa dispersadas y los protones y rayos X producidos durante la irradiación. El proceso analítico se basa en tres tipos de reacciones: dispersión elástica de partículas alfa por núcleos, reacciones nucleares alfa-protón en elementos livianos, y excitaciones atómicas producidas por las partículas alfa con la subsiguiente emisión de rayos X. El espectro de energías de los productos de estas reacciones depende de la constitución química del material bajo estudio y, por lo tanto, su medición puede ser usada para inferir la abundancia relativa de elementos. Esta es la tarea del instrumento APX, instalado en una cabeza robótica en la parte externa de la base del Sojourner, lo cual le permite acomodarse de frente a la muestra.

El equipo ASI/MET adquiere información atmosférica durante el descenso de la sonda y durante el resto de la misión. La instrumentación consiste de sensores de presión, viento y temperatura. La dirección y velocidad del viento se obtienen mediante la medición de la temperatura de unos dispositivos compuestos por seis alambres calientes distribuidos uniformemente en la parte más alta del mástil.

Resultados científicos del Pathfinder

Los minerales encontrados en la superficie de Marte tienen mucho en común con los de la Tierra. Los espectros de la luz reflejada (**figura 2**) tomados por el IMP revelan la existencia de minerales con hierro encontrados en rocas ígneas de color rojo opaco, mientras que las zonas con polvo (rojo brillante) muestran regiones afectadas por la erosión. El doblez en la forma del espectro está relacionado con la abundancia y el tamaño de partículas de hierro en granos de la corteza. Se encuentran dos grandes clases de minerales con hierro: aquellos que se hallan en rocas ígneas, como el piroxano, que presentan un espectro plano y reflejan una pequeña fracción de luz. En el segundo grupo se encuentran los materiales férricos que se presentan como productos de la erosión y del desgaste de las rocas a la intemperie. Estos materiales tienden a reflejar las longitudes de onda larga y a absorber las longitudes de onda corta, de donde se desprende su color rojo brillante.

Los científicos del JPL usaron las imágenes recogidas por las cámaras IMP para hacer un inventario de las rocas y los suelos que presentan algún interés para el análisis. En este proceso se identificaron unas cuantas rocas como candidatas para ser exploradas por los espectrómetros del APXS, y se les dio nombres algo banales como Yogi, Barnacle Bill, Cradle, etc.

Dos de estas rocas (Yogi y Barnacle Bill) ya han sido estudiadas en detalle. Yogi contiene un recubrimiento expuesto a la intemperie y otras más pequeñas, como Barnacle Bill y Cradle, son muestras típicas de rocas poco afectadas por la intemperie. Durante el camino hacia Yogi, el Sojourner escurrió el terreno a su paso dejando huellas de varios centímetros de profundidad. En una de sus vueltas la ruedas del vehículo dejaron al descubierto un material blanco cuyo espectro es similar al de otras rocas y se encuentra abundantemente en el sitio de exploración.

El análisis de abundancias químicas relativas (Mg/Si y Al/Si) realizado por el APXS revela que la composición de las rocas en Marte es más parecida a la de las rocas en la Tierra de lo que se esperaba. Yogi tiene una composición representativa de: O (44.6%), Si (23.8%), Fe (10.7%), Al (6.0%), Ca (4.2%), Mg (3.8), Na (1.9%), S (1.7%), K (0.9%), P (0.9%), Cl (0.6%), Ti (0.5%) y Mn (0.4%). Las fracciones son porcentajes de peso.

Siguiendo la metodología de clasificación de rocas volcánicas con base en su contenido de alcalinos (Na_2O and K_2O) y sílice (SiO_2), no se puede ignorar completamente la posibilidad de que Yogi y Barnacle Bill sean resultado de un impacto. Si por el contrario éstas son de origen volcánico, entonces Yogi es un basalto y Barnacle Bill es una andesita. El nombre andesita se deriva de los Andes, donde este tipo de lava es común. Los basaltos son las rocas más comunes en nuestro sistema solar, recubriendo la mayor parte de Mercurio, Venus, la Luna, la Tierra y Marte.

El APXS también se usó para analizar muestras del suelo marciano. Resultados preliminares indican una homogeneidad en la composición química del suelo, muy probablemente promovida por la actividad de los vientos durante millones de años. Se llegó a este resultado combinando los datos con los del Vikingo que hizo mediciones a 1.000 km de distancia

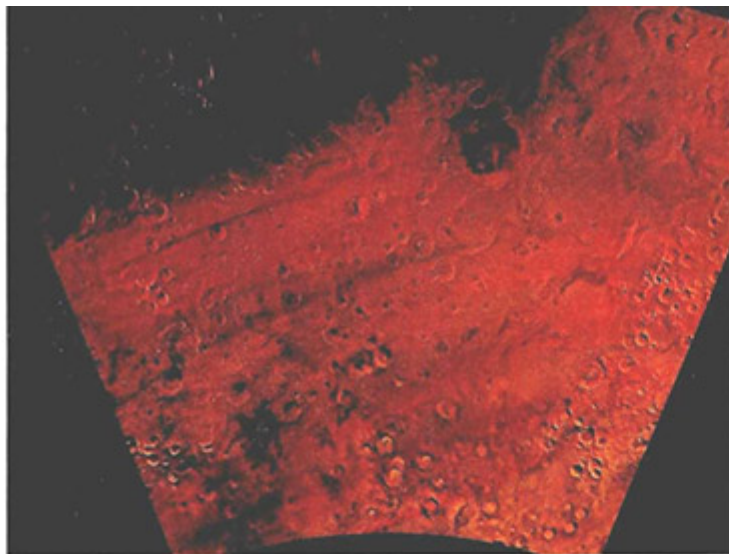


Figura 4.

del sitio donde está el Pathfinder. El polvo marciano es de menos de 50 micras de diámetro, más fino que partículas de talcos. Las tormentas de polvo son fuertes y de antemano se sabía que estas condiciones se podrían presentar. El Hubble hizo una observación de Arés Vallis antes de la llegada del Pathfinder y pudo captar tormentas. Observaciones realizadas durante el período comprendido entre mayo 18 y julio 11 muestran que la cantidad de polvo se triplicó.

Este es apenas el comienzo, una nueva era de exploración planetaria se inaugura. La importancia de estos eventos planetarios no solamente se encuentra en la riqueza científica y el

avance de nuestro conocimiento sobre el cosmos; también está en el interés que despierta en la gente y en los jóvenes. Carl Sagan, uno de los científicos que más ha contribuido a la exploración planetaria, también tenía muy clara la necesidad de divulgar el conocimiento científico y mostrar la tremenda satisfacción que se experimenta cuando entendemos racionalmente cómo son las cosas y por qué ocurren. Si las imágenes de Marte obtenidas por el Pathfinder, o las señales del espacio profundo recogidas por el telescopio Hubble, logran motivar a unos cuantos jóvenes, estas misiones seguramente se pueden calificar como exitosas. Sobre todo en nuestras sociedades, donde abundan las supersticiones, los fanatismos y el comportamiento irracional.

Referencias

1. Michael Zeilik, Stephen A. Gregory y Elske v. P. Smith. *Introductory Astronomy & Astrophysics*, Saunders College Publishing, New York, 1973.
2. David S. McKay, et al. *Search for Past life on Mars possible Relic Biogenic Activity in Martian. Meteorite ALH84001*, *Science*, 275, 924.
3. Christopher P. McKay, *Looking for Life in Mars*, *Astronomy*, Agosto 1997, pp. 38-43.
4. *El estado y resultados de la misión se mantiene al día en la página Web del proyecto.*
<http://mpfwww.jpl.nasa.gov>



Mensajes

.....
para Innovación y Ciencia

Apreciados lectores:

Agradecemos sus comentarios y sugerencias sobre la revista *Innovación y Ciencia*, en general y también sobre sus artículos y secciones en particular. Su aporte ayudará a mejorar la publicación de divulgación científica y tecnológica más importante de Colombia.

Por favor envíenos sus mensajes a cualquiera de las siguientes direcciones:

e-mail: acacl@colciencias.gov.co
Carrera 50 No. 27-70, módulo 3
Apartado Aéreo 92581
Santafé de Bogotá, D. C., Colombia.

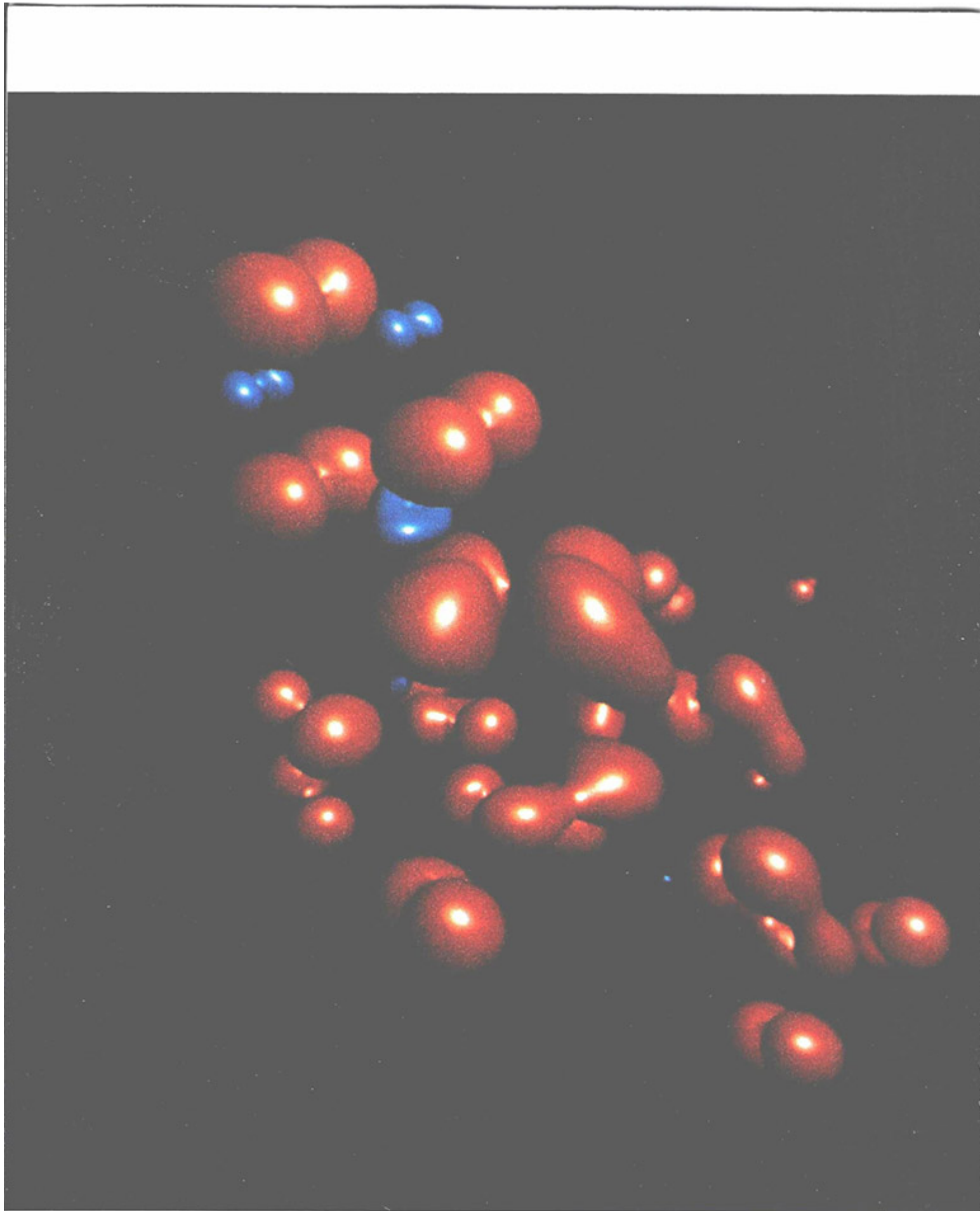
CONVOCATORIA PARA FINANCIACION DE INVESTIGACIONES SOBRE ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES 1997

PROYECTOS SELECCIONADOS

- **DIVERSIDAD DE FRAGMENTOS BOSCOSOS ASOCIADOS CON PROYECTOS ENERGÉTICOS EN TRES ZONAS DE VIDA DE ANTIOQUIA**, ALVARO COGOLLO & ESTEBAN ALVAREZ, Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe & Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), Medellín
- **CALIDAD BIOLÓGICA DEL RIO NEUSA (CUNDINAMARCA)**, BASADA EN EL ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, MARIA EUGENIA RINCÓN, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá
- **POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO PISCÍCOLA EN EL EMBALSE HIDROELÉCTRICO DE TOMINÉ**, JOSÉ DEL CARMEN ESPITIA & NOHRA LÓPEZ, Corporación Agua Vida Aire, A.V.A., Bogotá
- **PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR DRENAJE ÁCIDO DE MINAS DE CARBÓN**, ALFONSO MALDONADO & ISMAEL HUMBERTO GARCIA, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
- **ESTRATEGIA PARA LA REDUCCIÓN DE PARTÍCULAS Y ÓXIDOS DE AZUFRE EMITIDOS AL MEDIO AMBIENTE USANDO CARBONES BENEFICIADOS**, JUAN MANUEL BARRAZA & MAGDALENA URHAN, Universidad del Valle, Cali
- **SELECCIÓN DE ALGUNAS CEPAS FUNGOSAS Y/O BACTERIANAS CON POTENCIAL DE GENERAR AGREGACIÓN (BIOESTRUCTURA) EN SUELOS TROPICALES DE TRES REGIONES COLOMBIANAS**, ANA MARIA PATIÑO, EDGAR AMÉZQUITA & MARINA SÁNCHEZ DE PRAGER, Universidad Nacional - sede Palmira, Cali/Palmira
- **ESTUDIO DE TRES ESPECIES DEL GÉNERO *Miconia* (FAMILIA: Melastomataceae) COMO POSIBLES AGENTES REVEGETALIZADORES DE SUELOS EROSIONADOS EN UNA ZONA DE EXPLOTACIÓN MINERA**, JUAN CARLOS CORREA & MEDARDO BOHÓRQUEZ, Fundación Ecoparque La Bandera, Cali
- **CONTEXTUALIZACIÓN ÉTICO - POLÍTICA PARA LA VALORACIÓN Y USO DE LA BIODIVERSIDAD**, FRANCISCO GONZÁLEZ, Universidad Javeriana, IDEADE, Bogotá
- **TERRITORIO, RECURSOS NATURALES Y ORGANIZACIÓN SOCIAL ENTRE LAS COMUNIDADES NEGRAS DE LA COSTA PACÍFICA CHOCOANA**, CARLOS HERNANDO TAPIA, Fundación Natura, Bogotá
- **PATIOS Y ZOTEAS: PRÁCTICAS DE MANEJO DE FLORA POR MUJERES NEGRAS EN LA COSTA PACÍFICA CHOCOANA**, JUANA CAMACHO, Instituto Colombiano de Antropología, Bogotá
- **AGRICULTURA SOSTENIBLE ENTRE LOS CAMPESINOS DEL VALLE DE TENZA (LA CAPILLA Y TENZA)**, BOYACÁ, CONSTANZA LA ROTTA, Particular, Bogotá
- **BIODIVERSIDAD Y ABUNDANCIA RELATIVA DE INSECTOS Y ÁCAROS ASOCIADOS A LAS CINCO ESPECIES NATIVAS MÁS UTILIZADAS COMO CERCAS VIVAS O BARRERAS EN CULTIVOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ**, REBECA LEE & JOSÉ RICARDO CURE, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Chía (Cundinamarca)
- **INTERACCIÓN CORDYCEPS (ASCOMYCOTINA: CLAVICIPETACEAE) / HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EN BOSQUES HÚMEDOS TROPICALES DE COLOMBIA**, GERMÁN AMAT, LUIS G. HENAO & TATIANA SANJUAN, Universidad Nacional, Bogotá
- **ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ROPHALOCERA (LEPIDOPTERA) Y MELOLONTHIDAE (COLEOPTERA) EN DOS REGIONES PROTEGIDAS DE LA CUENCA DEL RIO ANCHICAYÁ, VALLE, COLOMBIA**, LUIS MIGUEL CONSTANTINO & LUIS CARLOS PARDO, Fundación Herencia Verde, Cali
- **ESTUDIO CITOGÉNÉTICO DEL TINAJO, BORUGO, O GUAGUA DE MONTAÑA, Agouti taczanowskii Y DE LA LAPA O GUAGUA Agouti paca**, OLGA MARIA TORRES, JOSÉ JOAQUÍN CASTRO & SANDRA PATRICIA ENCISO, Universidad Nacional & Universidad Distrital, Bogotá
- **VARIACIÓN GENÉTICA EN EL DELFÍN DE RÍO *Inia geoffrensis* Y ESTUDIO DEL GRADO DE ENDOGAMIA EN SUS POBLACIONES**, FELIPE GARCÍA, HEIBER CÁRDENAS & EULALIA BANGUERA, Universidad del Valle, Cali
- **PATRONES DE USO DEL HÁBITAT Y ALGUNOS ASPECTOS ETNOLÓGICOS DEL DELFÍN *Inia geoffrensis humboldtiana* (Pilleri & Gühr, 1977) EN LOS RÍOS ORINOCO, META Y TRIBUTARIOS**, MARIA CLAUDIA DÍAZ-GRANADOS, Fundación Omacha, Bogotá
- **CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE UNA COMUNIDAD VEGETAL EN UN AMBIENTE FISIOGRAFICO DE LA LLANURA ALUVIAL DEL RÍO AMAZONAS - MUNICIPIO DE LETICIA**, PABLO A. PALACIOS, Universidad Nacional, IMANI, Leticia (Amazonas)



FONDO FEN COLOMBIA



La dinámica molecular

Leonardo De Maria

Becario BID-Colciencias,
Universidad de Trieste,
Departamento de Física Teórica,
Trieste-Italia
e-mail: demariaats.infn.it

En física, tarde o temprano, se termina frente a una ecuación diferencial. Esta es una ecuación en donde la incógnita es una función y en la que aparecen además sus derivadas.

En la mayoría de los casos, resolver una ecuación diferencial implica una cantidad considerable de trabajo. Se cuentan con los dedos de una mano las soluciones analíticas; es decir, las soluciones que se pueden expresar en términos de funciones conocidas como raíces cuadradas, senos, cosenos, tangentes, etc. Casi siempre lo que se hace antes de emprender la solución misma, es estudiar con detenimiento cuáles son las simetrías del problema en cuestión y a partir de ellas deducir cuáles deben ser las características de la solución.

La construcción de la solución para los problemas que carecen de solución analítica se hace con la ayuda de un computador. Es así como, por ejemplo, se resuelven las ecuaciones diferenciales en que se traduce la segunda ley de Newton para el movimiento de un satélite o de una sonda interplanetaria.

En dinámica molecular lo que nos interesa son grupos de átomos. Estos pueden ser molé-

culas, como por ejemplo una proteína, sólidos, como el diamante, líquidos, como por ejemplo el agua, o gases, como el aire. En particular, lo que se hace en la dinámica molecular es resolver, con la ayuda del computador, las ecuaciones diferenciales en que se traducen las leyes del movimiento de los núcleos y los electrones que componen los átomos, que a su vez conforman la molécula, el sólido, el líquido o el gas que nos interesa.

La dinámica molecular despierta hoy en día un gran interés. Desde el punto de vista del diseño de nuevos fármacos, es de fundamental importancia poder comprender cómo ensamblar los diversos átomos que forman la molécula de un determinado fármaco; en el diseño de nuevos catalizadores, es muy importante entender en detalle qué le ocurre a una determinada molécula cuando entra en contacto con la superficie de un material particular; de igual manera, el diseño de nuevos dispositivos semiconductores requiere conocer cuál va a ser la disposición exacta de los átomos que se localizan en la interfaz. Estos son sólo algunos de los ejemplos de fenómenos en los que las características del mismo son determinadas de mane-

ra drástica por la disposición y el movimiento de los átomos, más exactamente de los núcleos de los átomos y de los electrones que participan en ellos.

Hablemos pues de planetas, satélites y sondas, con el fin de ir preparando el terreno para hablar de núcleos atómicos y electrones.

“Fuerza es igual a masa por aceleración”

La tres leyes del movimiento de Newton establecen el marco para la explicación clásica del movimiento de los cuerpos. En particular, la segunda ley establece una relación entre la causa del movimiento, las fuerzas, y su consecuencia, el cambio de la velocidad del cuerpo, la aceleración. “Fuerza es igual a masa por aceleración” aprendimos todos alguna vez en el bachillerato, tal vez sin comprender plenamente el alcance de la famosa retahíla.

Es en el caso del movimiento planetario donde el poder de las leyes de Newton se puede observar más clara y cabalmente. Además de las tres leyes del movimiento, Newton descubrió también la Ley de la Gravitación Universal. En esta se establece que la fuerza con la que interactúan dos cuerpos dotados de masa es atractiva, directamente proporcional al producto de las dos masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los cuerpos.

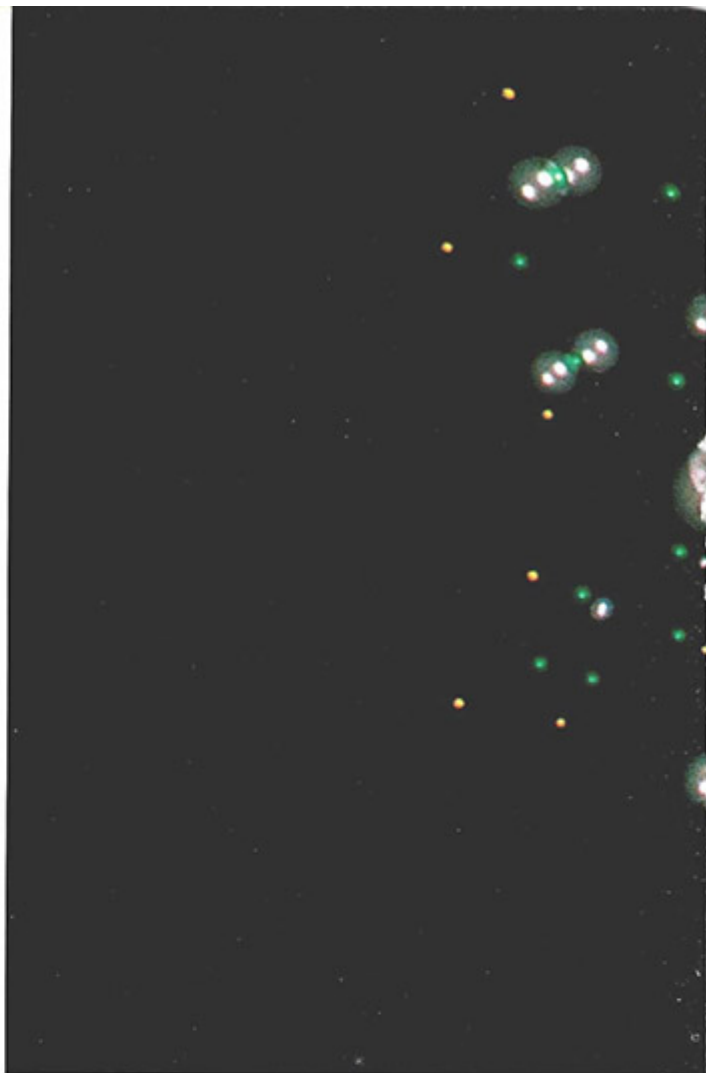
En el caso de nuestro sistema solar, la masa del Sol es notoriamente mayor que la de cualquiera de los planetas. Si queremos estudiar el movimiento de uno de los planetas, la Tierra por ejemplo, podemos como aproximación considerar únicamente el efecto del Sol sobre ella. Esto equivale a especificar en la ecuación “fuerza igual a masa por aceleración”, que la fuerza de atracción gravitacional entre el Sol y la Tierra es la única fuerza. En todo rigor deberíamos sumarle a ésta la fuerza de atracción gravitacional entre Mercurio y la Tierra, Venus y la Tierra,... así, hasta considerar el efecto de todos los demás planetas sobre la Tierra. Al ser el Sol mucho más masivo que cualquiera de los demás, y al ser la fuerza de atracción gravitacional directamente proporcional al producto de las masas de los dos cuerpos que interactúan, se puede, en primera instancia, considerar únicamente el efecto del Sol sobre la Tierra.

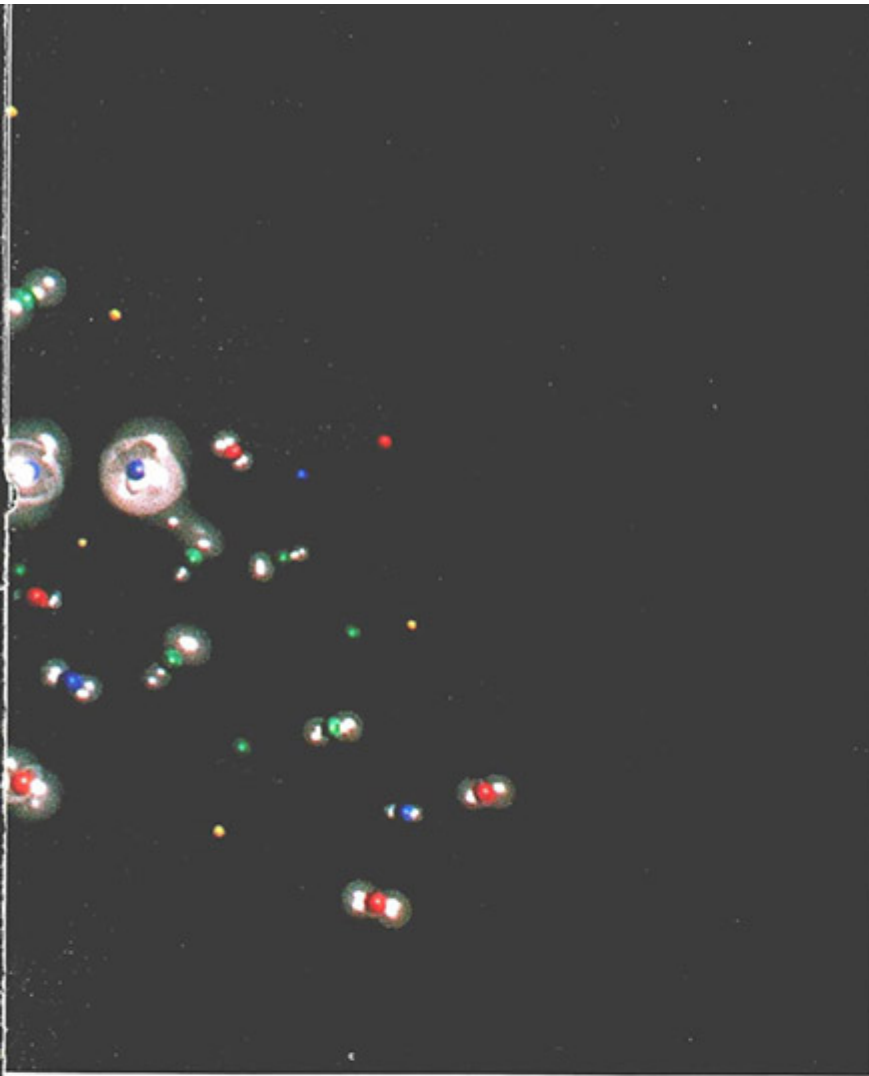
Escrita en lenguaje matemático “Fuerza es igual a masa por aceleración” es una ecuación diferencial de segundo orden. Dicha ecuación se llama ecuación de movimiento; en ella la función incógnita es la posición, en nuestro

ejemplo, de la Tierra relativa al Sol. Las derivadas son con respecto al tiempo. En particular, la aceleración es la segunda derivada de la posición con respecto al tiempo, algo así como los cambios de la posición del cuerpo a medida que se mueve.

Resolver la mencionada ecuación diferencial que resulta de escribir matemáticamente la segunda ley de Newton para el sistema modelo Sol-Tierra, significa saberlo todo sobre dicho movimiento. En otras palabras, saber a cada instante cuál va a ser la posición de la Tierra con respecto al Sol. La solución en este caso es analítica, es decir, es posible escribir una trayectoria de la Tierra alrededor del Sol, la cual corresponde a una elipse.

Si ahora quisiéramos incluir el efecto de uno de los demás planetas, uno solo, tendríamos, sin lugar a dudas, que escoger a Júpiter, el siguiente en importancia con relación a su masa. Al expresar ahora “Fuerza es igual a masa por aceleración” en lenguaje matemático, nos encontramos con un sistema de ecuaciones diferenciales que no tiene solución analítica. Para el caso del sistema Sol-Tierra-Júpiter, o en general el de cualquier sistema formado por





tres cuerpos que interactúen gravitacionalmente, dicha solución analítica no existe. Esto no significa sin embargo que la solución no exista. Como mencionamos al comienzo del artículo, ésta se puede obtener numéricamente.

Esto significa que a partir de una posición inicial de la Tierra podemos obtener de la ecuación de movimiento la posición para un instante de tiempo posterior y así sucesivamente. Al final del proceso tendremos una tabla con dos columnas: en una estará el tiempo y en la otra la posición.

La tediosa tarea de construir la tabla de posición contra tiempo para un sistema de más de dos cuerpos que interactúan gravitacionalmente se lleva a cabo hoy en día por medio de un computador. Es así como en la NASA se calcularon las trayectorias de las sondas Voyager y de las naves Apolo: solución numérica de las ecuaciones de movimiento newtonianas.

“La materia está compuesta de átomos”

Como mencionamos anteriormente, existe otro tipo de sistemas para los que es imprescindible el uso del computador a la hora de

encontrar las soluciones de las ecuaciones diferenciales que dan el movimiento a sus constituyentes. Estos son moléculas, sólidos, líquidos y gases.

“La materia está compuesta de átomos” es otra de las retahilas que alguna vez memorizamos en el bachillerato. Sólidos, líquidos, gases y seres vivos son en esencia aglomerados de átomos, conjuntos de átomos de mayor o menor complejidad.

Los átomos están constituidos por un núcleo pesado y con carga eléctrica positiva, alrededor del cual se mueven los electrones, partículas muy livianas con carga eléctrica negativa. Las masas de núcleos y electrones son tan pequeñas que este mundo microscópico no es reino de la gravitación, sino del electromagnetismo. La ley de Coulomb establece que la fuerza con la que interactúan dos cargas eléctricas es directamente proporcional al producto de las dos cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.

Electrones y núcleos, al poseer masa, interactúan también gravitacionalmente pero, en comparación con la magnitud de la fuerza de Coulomb, la fuerza gravitacional es despreciable. Además, las leyes que gobiernan el movimiento de núcleos y electrones no son las tres leyes de Newton que mencionamos anteriormente. Los fenómenos que nos ocupan ahora están más allá del rango de validez de la física clásica. Aquí debemos acudir a la física cuántica.

El equivalente, por así decirlo, de la segunda ley de Newton de la física clásica es en física cuántica la ecuación de Schödinger. En lenguaje matemático, esta es de nuevo una ecuación diferencial cuya función incógnita es ahora la función de onda: una función de la posición y del tiempo que está relacionada con la probabilidad de encontrar la partícula en un lugar determinado del espacio y en un instante determinado. Encontrar la solución analítica de la ecuación de Schrödinger para un sistema formado por muchos átomos es una tarea casi imposible. Como mencionamos en un comienzo, se cuentan con los dedos de una mano los sistemas que admiten una solución analítica. Es aquí entonces donde debemos recurrir al computador para construir la solución numérica.

Núcleos y electrones

Antes de emprender a ojos cerrados la solución numérica de la ecuación de Schödinger para un sistema de muchos átomos, por ejem-

plo una de las tantas proteínas que participan en los innumerables procesos que se desarrollan a cada instante en nuestro organismo, existe todavía una serie de consideraciones importantes que hacer.

En primer lugar, la naturaleza quiso que los núcleos de los átomos fueran mucho más pesados, casi dos mil veces, que los electrones. Podemos imaginar a los núcleos atómicos como elefantes y a los electrones como moscas en movimiento alrededor de ellos; los núcleos se mueven muy lentamente con respecto a los electrones, tan lentamente que para efectos prácticos se pueden considerar estáticos. En otras palabras, los electrones tendrían el tiempo suficiente para reaccionar al movimiento de los núcleos. Es como si el movimiento de los núcleos fuera "independiente" del movimiento de los electrones. Este hecho se traduce en algo conocido como la aproximación de Born-Oppenheimer, o aproximación adiabática que, en otras palabras, permite dividir la ecuación de Schrödinger para núcleos y electrones en dos ecuaciones de Schrödinger relacionadas entre sí, una para los núcleos y otra para los electrones.

La ecuación de Schrödinger que resulta para los electrones, luego de usar la aproximación adiabática, describe su movimiento alrededor de los núcleos, considerados fijos, en una determinada configuración. En ella se consideran la interacción de Coulomb de los electrones entre ellos mismos y la interacción de Coulomb entre los electrones y los núcleos.

En la ecuación de Schrödinger para los núcleos que resulta de la aproximación adiabática, se considera la interacción de Coulomb entre los núcleos más un término que viene de la solución de la ecuación para los electrones. Es este término, la energía total del sistema de los electrones, el que relaciona ambas ecuaciones.

La interacción de Coulomb entre los núcleos tiene necesariamente que verse afectada de alguna manera por los electrones que se localizan entre ellos. De esto se encarga la energía total de los electrones que aparece en la ecuación de Schrödinger para los núcleos. La interacción de Coulomb entre los núcleos se convierte en una "interacción efectiva" que, en muchos casos, resulta radicalmente distinta de la coulombiana.

Anteriormente declaramos que la física clásica, newtoniana, no sirve para estudiar los fenómenos que se originan cuando tenemos un sistema de muchos átomos. Esto es, sin embargo, sólo cierto a medias. En realidad, si bien partimos de la ecuación de Schrödinger (física

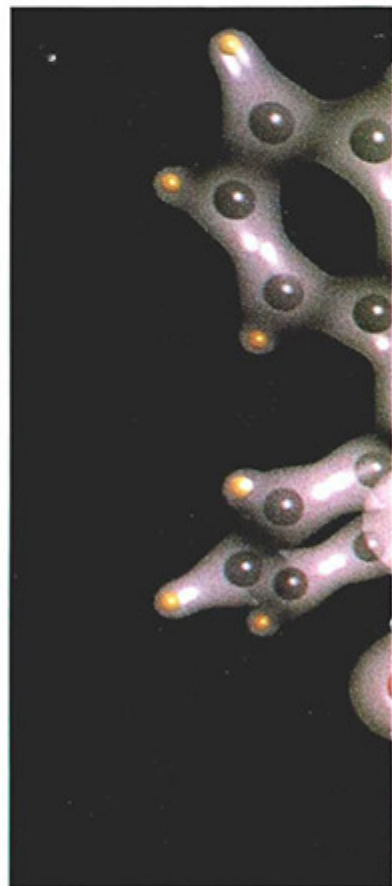
cuántica) para núcleo y electrones y llegamos a dos ecuaciones para núcleos y electrones "por separado", luego de usar la aproximación adiabática, la ecuación de Schrödinger para los núcleos se puede estudiar en casi todos los casos de interés por medio de la física clásica.

Existe un parámetro denominado longitud de onda de Broglie, que sirve para indicar qué tan cuántico es el carácter de una determinada partícula. Dicho parámetro es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la masa de la partícula en cuestión: entre más pequeña sea la longitud de onda de Broglie, menos cuántico será el carácter de la partícula, y por consiguiente más apropiado en un estudio clásico, newtoniano, de su movimiento, y viceversa. Pues bien, resulta que la longitud de onda de Broglie asociada a los núcleos es muy pequeña comparada con la de los electrones. De este modo, de los dos problemas cuánticos que resultan después de aplicar la aproximación adiabática, tan solo el problema electrónico debe ser considerado cuánticamente; el problema del movimiento de los núcleos puede ser considerado clásicamente usando la famosa retahila "Fuerza es igual a masa por aceleración".

La dinámica molecular

Con respecto a los núcleos atómicos, nos encontramos ahora en una situación análoga a la que consideramos en un principio cuando hablamos del sistema solar. Tenemos un sistema compuesto por muchas partículas que interactúan entre sí, y queremos resolver las ecuaciones diferenciales en que se expresa la segunda ley de Newton y que encierran toda la información concerniente al movimiento de cada una de las partículas del sistema.

Para el caso de los planetas, la fuerza en "Fuerza es igual a masa por aceleración" es la fuerza de atracción gravitacional descubierta por Newton. Para el caso de los núcleos, es la



fuerza de Coulomb modificada por un término proveniente de la solución de la ecuación de Schrödinger de los electrones.

La dinámica molecular es el estudio del movimiento de los núcleos atómicos de un sistema compuesto por mucho átomos, en el que resuelven numéricamente las ecuaciones de movimiento newtonianas con la ayuda del computador.

A diferencia de los sistemas en los que la fuerza de interacción es gravitacional, en el caso del sistema de los núcleos atómicos el problema fundamental es encontrar cuál es la fuerza de interacción. Como ya mencionamos, ésta tiene origen electromagnético: es la fuerza de Coulomb modificada por la presencia de los electrones.

Hasta hace poco tiempo se trataba de "adivinar", dependiendo de la física del sistema, la forma de la fuerza de interacción. Si el sistema en cuestión era metálico, un cristal de aluminio, por ejemplo; la forma de interacción era distinta de si era semiconductor, un cristal de diamante, por ejemplo.

Los electrones del sistema se habían escondido debajo del tapete; se admitía que debían modificar la interacción entre los núcleos, pero

para todo lo demás se los ignoraba. Lo anterior equivale a congelar la química del sistema; a eliminar la posibilidad de estudiar la formación o ruptura de enlaces químicos.

Con respecto a la solución numérica de la ecuación de Schrödinger de los electrones, mucho terreno se había recorrido en la física del estado sólido y en la química teórica. El grado de sofisticación era tal, que las cantidades obtenidas por intermedio de dichas soluciones eran directamente comparables con los resultados experimentales.

De capital importancia resultaría entonces una idea que unificara los avances en la solución numérica de la ecuación de Schrödinger de los electrones y el trabajo desarrollado en la dinámica molecular. Dicha idea eliminaría el grado de arbitrariedad en la escogencia de la forma de interacción efectiva entre los núcleos, a la vez que permitiría, incluyendo a los electrones explícitamente en las simulaciones de dinámica molecular, estudiar la formación o ruptura de enlaces químicos.

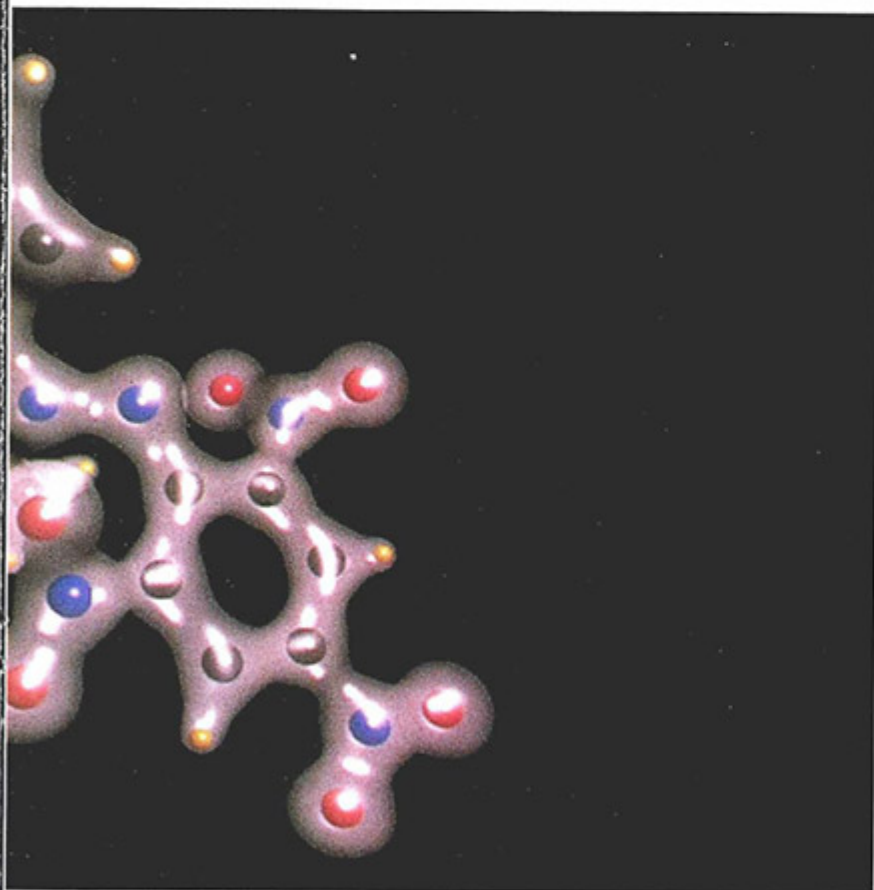
La gran unificación

En noviembre de 1985, aparece en una de las revistas más prestigiosas de física, *Physical Review Letters*, un artículo de dos profesores italianos titulado "Unified approach for molecular dynamics and density functional theory". Sus autores, Roberto Car y Michele Parrinello, eran en ese entonces profesores de la Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) de Trieste, Italia. En dicho artículo los autores sacan los electrones de debajo del tapete. A partir de este trabajo ya no será necesario tratar de adivinar la forma de la fuerza de interacción entre los núcleos en el momento de hacer una simulación de dinámica molecular.

En la dinámica molecular Car-Parrinello, la ecuación de Schrödinger para los electrones se resuelve en cada paso de la solución numérica de las ecuaciones newtonianas de movimiento para los núcleos. Se tiene así en cada momento el valor exacto de la energía total de los electrones que es necesario sumar a la fuerza de Coulomb entre los núcleos.

Lo novedoso del trabajo de Car y Parrinello es la forma como logran conectar la solución del problema cuántico electrónico con la solución del problema clásico de los núcleos.

Antes de su trabajo, no se había entendido cómo conectar ambas soluciones, de manera que al llevar a cabo una simulación de dinámica molecular con electrones no se superase la



capacidad de cómputo de los computadores del momento. Lo importante en la dinámica molecular Car-Parinello es que tal conexión se realiza de manera que las simulaciones que resultan son relativamente económicas desde el punto de vista del tiempo de cómputo requerido.

El panorama que se abre a raíz del trabajo de Car y Parinello es excitante. Hasta el momento se ha podido estudiar un buen número de problemas que antes era imposible con la dinámica molecular sin electrones. Por ejemplo, se logró observar en una simulación de dinámica molecular Car-Parinello la transición de fase del grafito al diamante bajo presión; se han estudiado además las reacciones químicas de moléculas de dióxido de carbono en superficies de rodio; se ha considerado además la dinámica de una molécula de rodopsina, uno de los receptores de nuestra retina, al ser golpeada por un fotón.

Existen sin embargo limitaciones importantes a lo que se puede estudiar con la dinámica molecular Car-Parinello. La "Density-Functional Theory" del título del artículo de Car y Parinello es el esquema más preciso que existe actualmente para resolver numéricamente la ecuación de Schrödinger para los electrones. La precisión sin embargo cuesta.

El número de átomos que se puede incluir en una simulación de dinámica molecular, al igual que el tiempo total de la misma, se ven seriamente afectados por el grado de precisión del esquema que se use para resolver numéricamente la ecuación de Schrödinger para los electrones. Para el caso de la "Density-Functional Theory", los sistemas que se pueden estudiar son pequeños, del orden de un centenar de átomos, y por tiempos breves, del orden de picosegundos.

El trabajo de Car y Parinello no está limitado sin embargo al uso de la "Density Functional Theory", se han desarrollado otras formas de hacer dinámica molecular con electrones, en las que el esquema que se usa para resolver numéricamente la ecuación de Schrödinger para los electrones es menos elaborado. En dichos esquemas es factible llevar a cabo simulaciones con decenas de miles de átomos, y por intervalos de tiempo del orden de nanosegundos.

Lo anterior, junto con el continuo incremento del poder de cálculo de los computadores modernos, pone a nuestro alcance una serie de problemas de gran interés, ya sea en el campo de la biología molecular, en el estudio de la dinámica de fragmentos de ADN, en el campo de la ciencia de los materiales, o en el diseño de nuevos materiales.

Perspectivas en Colombia

En Colombia existe un grupo de investigación, todavía en formación, que desea estudiar la dinámica molecular. El investigador principal de dicho grupo es el profesor Germán Cavelier, del departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes. El profesor Cavelier cuenta con un grupo interdisciplinario cuyo interés se centra en el transporte iónico a través de las proteínas presentes en nuestras neuronas. Dicho estudio se va a llevar a cabo haciendo uso de la dinámica molecular, para lo cual se utilizarán los computadores existentes en el recientemente creado Centro para Computación Avanzada MOX, de la Universidad de los Andes.

No es utópico pensar en la formación de nuevos grupos de investigación en el país que, como el del profesor Cavelier, utilicen la dinámica molecular como herramienta de trabajo en sus proyectos de investigación. Existen actualmente en el país grupos trabajando en física teórica de muy buen nivel, que con un moderado esfuerzo económico podrían adquirir los computadores necesarios para empezar a usar la dinámica molecular, y poder así ampliar enormemente el espectro de problemas a considerar.

La dinámica molecular es, en última instancia, una herramienta que permite hacer experimentos detallados. Un "laboratorio" en el que se lleven a cabo tales experimentos necesita una pequeña estación de trabajo y una muy buena biblioteca, elementos al alcance de los presupuestos de investigación disponibles en las diferentes universidades del país.



Bibliografía

1. Car, R. and Parrinello M., *Physical Review Letters*, Vol. 55, pag. 2471, 1985
2. Remler, D.K. and Madden P.A., *Molecular Physics*, Vol. 70, pag. 921, 1990
3. Oguchi T. and Sasaki T., *Progress of Theoretical Physics Supplement*, No. 103, pag. 93, 1991.
4. Payne, M. C. et al., *Reviews of Modern Physics*, Vol. 64, pag. 1045, 1992.
5. Pastore, G., Smargiassi, E. and Buda F., *Physical Review A*, Vol. 44, pag. 6334, 1991.
6. Allen, M.P. and Tildesley, D. J., *Computer simulation of liquids*, Oxford University Press, 1987.
7. Haile, J.M., *Molecular dynamics simulation*, Wiley, 1992..

Algunos sitios internet de interés:

1. <http://ccs.bu.edu/research/md/md.html>
2. <http://tantalum.mit.edu/courses/3.32/md.html>
3. <http://www.sissa.it/furio/mbnch.html>



Ayudamos a mantener todas las formas de vida.

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

Juntos hacemos tu vida mejor.



PHILIPS

*Un paso adelante en
Ciencia y Tecnología*

*Suscríbese al mejor
aliado de sus estudios e
investigaciones*

Innovación 
 **y Ciencia**

*Todo lo que usted quería
saber para estar
adelante*



Biotecnología para el desarrollo en Colombia

Jorge Cabra

Microbiólogo, PhD., en ciencias agronómicas.
Director científico, Corporación BIOTEC,
Universidad del Valle,
Cali, Valle, Colombia.

e-mail: jo.cabra @mafalda.univalle.edu.co

Myriam Sánchez

MSc. en ingeniería ambiental.
Directora, Corporación BIOTEC,
Universidad del valle,
Cali, Valle, Colombia.

e-mail: biotec@mafalda.univalle.edu.co



El desarrollo de las biotecnologías ha permitido su incorporación de manera creciente en los sectores productivos, generando con ello importantes impactos en aspectos sociales, legales y políticos. Frente a esta realidad, el presente artículo busca ilustrar y sensibilizar al lector sobre los principales adelantos de las biotecnologías en el mundo; su incidencia en sectores como la industria farmacéutica, la industria química, la agricultura, entre otros;

sobre la situación actual de la biotecnología en Colombia; y sobre las perspectivas que pueden vislumbrarse. Igualmente, se proponen algunas reflexiones y propuestas que permiten dimensionar la importancia actual y de los próximos años en el país de estas nuevas tecnologías: ¿Qué impacto tienen los resultados de la biotecnología del mundo en la economía de Colombia? ¿Se puede pensar en la biotecnología como una herramienta de desarrollo para el país? ¿Qué oportunidades y posibilidades tenemos para competir con el exterior? ¿Qué debemos hacer hoy y mañana, tanto a nivel científico, de gestión y enlace, como a nivel político? ¿Cómo se relacionan la biodiversidad y la biotecnología? Por último, y esperando haber suscitado el interés de los lectores, señalaremos algunas lecturas recomendadas para una mejor información sobre el tema.

Visión general de la biotecnología en el mundo

Las biotecnologías modernas constituyen actualmente una herramienta estratégica para la utilización rentable de los recursos biológicos renovables. Su impacto ha alcanzado varios sectores productivos, entre los que se incluyen la agricultura, la industria de alimentos, la industria farmacéutica, y la bioindustria. Las biotecnologías modernas han incidido en tales sectores aumentando la productividad y la competitividad con la generación de nuevos productos, por lo cual se han convertido en parte clave del crecimiento de la economía en la mayoría de los países industrializados y en algunos países en desarrollo.

Como se define en el recuadro anexo, los productos de la biotecnología pueden dividirse en dos tipos: tradicionales y modernos.

El mercado de los productos biotecnológicos tradicionales está liderado, industrial y comercialmente, por empresas transnacionales. Algunas empresas japonesas, por ejemplo, son líderes en aminoácidos y una empresa danesa lo es en enzimas. El número de productos tradicionales oscila entre 150 y 180, y casi todos ellos tienen un valor entre uno y 10 dólares por kilogramo¹. En América Latina, los países líderes en productos biotecnológicos tradicionales son Argentina, Brasil y México.

En 1976, con la creación de la empresa Genentech (E.E.U.U.), se dio origen a un mercado industrial de la biotecnología moderna. El primer producto comercial originado por las nuevas biotécnicas (recombinación genética) fue la insulina humana, en 1983.

El mercado de la biotecnología moderna está creciendo vertiginosamente. La tasa de

**En Colombia,
el avance de
la biotecnología
moderna en los
últimos cinco años
ha comenzado a generar
algunos productos,
particularmente
en el sector agrícola.**

alianzas de negocios en la industria farmacéutica creció, entre 1994 y 1995 el número pasó -de 66 a 171-, dejando un capital de negocios que sobrepasó en un 47% al obtenido en 1994 (más de 4.700 millones de dólares netos).²

En general, el alto valor agregado que se genera con la biotecnología moderna, particularmente a nivel farmacéutico, está determinado por su novedad y especificidad de uso en el consumo humano. Entre 1982 y 1994, más de 20 medicamentos y vacunas biotecnológicas han sido aprobados en Estados Uni-

dos (tabla 1). En consecuencia, aunque los gastos de inversión son elevados (superiores a 100 millones de dólares), el valor agregado alcanzado ha potenciado nuevos grupos dedicados a la biotecnología, los cuales estarán

aportando cerca de 200 nuevos productos para el inicio del próximo siglo.

De manera similar, el campo de la agricultura ha sido permeado por la manipulación genética moderna. Uno de los primeros casos de plantas transgénicas comerciales fue la del tomate con madurez retardada, en 1993. Con posterioridad a este avance tecnológico, se han generado nuevas plantas transgénicas con diferentes propiedades: tolerancia a herbicidas, resistencia a plagas y enfermedades, entre otras. El número de plantas transgénicas aprobadas para su comercialización actual llegó a 16 (tabla 2). Para los próximos años se pueden esperar cerca de 80 nuevas plantas transgénicas comerciales.

En el sector agroalimentario, el número de productos generados y comercializados por la biotecnología moderna supera la cifra de 30 nuevos tipos de materias primas y sustancias, entre aditivos e insumos, e igualmente ha generado nuevos procesos agroindustriales (tabla 3)

En América Latina existen algunas empresas biotecnológicas, en su mayoría de tipo tradicional. Estas son cerca de 70 en las áreas de bebidas, alimentos para consumo humano y

La biotecnología, manipulación de los procesos biológicos para el desarrollo y la producción⁵.

Desde los orígenes de la humanidad se comenzó a utilizar la biotecnología: la agricultura manipuló indirectamente el genoma de los vegetales lo cual, a su vez, influyó en la evolución de animales y microorganismos relacionados. Posteriormente, las prácticas tradicionales, como la producción del queso, la cerveza y el vino, aumentaron la acción de las biotecnologías en el destino de las actividades humanas.

Por definición, las biotecnologías son técnicas que buscan aumentar, acelerar, modificar y/o adaptar procesos biológicos con miras a obtener productos finales útiles para el hombre.

Actualmente, la biotecnología tradicional se divide en dos tipos: la de primera generación y la de se-

gunda generación. La biotecnología de primera generación es aquella utilizada para la producción de alimentos y bebidas. Esta cuenta con una amplia difusión en el sector productivo y con un mercado consolidado. La llamada biotecnología de segunda generación, incluye los productos biotecnológicos generados a partir de la tecnología de fermentación, como los antibióticos (penicilina de Fleming, 1929 por ejemplo), los ácidos orgánicos, los aminoácidos, las enzimas, etc. En general, los productos de la biotecnología de primera y segunda generación son la base de los sectores industrial químico, farmacéutico y de alimentos.

La nueva biotecnología, o biotecnología de tercera generación,

utiliza las bases del ADN recombinante y las de la manipulación de organismos complejos a nivel celular para la producción de proteínas heterólogas, biofármacos, sistemas de diagnóstico rápido de enfermedades, mejoramiento y aumento de la productividad de líneas celulares, etc. Fue desde los descubrimientos de Watson y Crick, en los años 50, cuando la manipulación de los procesos biológicos encontró la vía para recombinar material genético de diferentes organismos. En algunos casos, incluso, se han podido abolir los obstáculos mismos de las especies, para potenciar nuevos caminos biológicos que permitan la abundante obtención de productos sanos e inocuos para el hombre y el medio ambiente.

animal, micropropagación, productos químicos y productos farmacéuticos, entre otros.

Algunas áreas biotecnológicas de interés se están desarrollando en América Latina: biofertilizantes, biopesticidas, plantas transgénicas; sin embargo, sus desarrollos son incipientes.

Estado actual de la biotecnología en Colombia

En Colombia, el avance de la biotecnología moderna en los últimos cinco años ha comenzado a generar algunos productos, particularmente en el sector agrícola. Sin embargo, aunque existen aproximadamente 70 instituciones, entre estatales y privadas, que involucran biotecnologías en sus procesos de investigación y/o producción, menos de 20 están aplicando sus resultados a nivel comercial.

De 33 instituciones que aplican biotecnologías modernas para el sector agrícola, 26 utilizan las técnicas del cultivo de tejidos vegetales *in vitro*. De éstas, 14 aplican técnicas para el estudio de microorganismos, con el fin de buscar alternativas de control biológico de enfermedades y plagas (*Bacillus thuringensis* y *Bauveria bassiana*). Seis entidades, por ejemplo, tienen trabajos en mejoramiento genético de plantas. Entretanto, los trabajos a nivel de estudios de diversidad genética (fríjol, por ejemplo), producción de semilla sintética, creación de bancos de germoplasma mediante conservación *in vitro*, obtención de plantas transgénicas (papa, por ejemplo) y diagnóstico rápido de enfermedades (virus en pasifloras, por ejemplo) son escasos y, generalmente sin una relación directa con los sectores productivos.

En el sector pecuario, la aplicación comercial de la biotecnología se limita a la producción de vacunas (dos entidades privadas), y a la búsqueda de razas mejoradas mediante la implantación de embriones. Actualmente, se están realizando trabajos de investigación en la estandarización de equipos de diagnóstico de enfermedades (serológicas y moleculares), va-

PRODUCTO	AÑO DE APROBACIÓN
Insulina humana	1982
Hormona del crecimiento humano	1985, 1987, 1994
Vacuna hepatitis B	1986, 1989
Interferón alfa-2a	1986, 1988
Monoclonal CD3 (rechazo de transplante de riñón)	1986, 1993
Monoclonal para prevenir coágulo	1986, 1988
Interferón alfa-n3	1989
Interferón gamma-1b	1990
Activador del plasminógeno tisular	1990
Sargramostin (GM-CSF)	1991
Interferón alfa-2b	1992
Factor antihemofílico	1992, 1993
Interleukina-2	1992
Monoclonal para detección de cáncer de ovario y colorectal	1992
DNasa (fibrosis quística)	1993
Interferón beta-1b	1993
Glucocerebrosidasa	1994
Filgrastim (CSF)	1994

Tabla 1.

cunas sintéticas y aplicación selectiva de microorganismos relacionados con la nutrición animal mejorada (Universidad Nacional, Universidad del Valle, Corpoica).

De 18 entidades que aplican biotecnologías en el sector de la salud humana, 15 desarrollan proyectos de investigación, pero no están relacionadas con el sector productivo. Tres entidades están plenamente organizadas en circuitos de producción comercial (equipos serológicos y moleculares de diagnóstico rápido de enfermedades, reactivos y medios de prueba).

Entre los trabajos biotecnológicos de investigación que actualmente se desarrollan, se destaca la búsqueda de medicamentos recombinantes para enfermedades específicas de zonas tropicales (Laboratorio de Biología Molecular de la facultad de Salud, Univalle; CIDEIM, por ejemplo).

En el sector agroalimentario (agroindustrial y pecuario), se encuentran las industrias de alimentos lácteos (queso madurado, yogurt), bebidas fermentadas (vinos, cervezas), destilación de fermentaciones etanólicas para la elaboración de licores (aguardiente y ron, entre otros), producción de levaduras por fermentación (panificación), y producción de materias primas (ácido cítrico, solventes orgánicos). Este sector utiliza fundamentalmente métodos biotecnológicos tradicionales.

Si tenemos en cuenta las nuevas alternativas que permiten las biotecnologías modernas (mejoramiento de procesos, enzimas industria-

les de origen recombinante, y el mejoramiento de cepas microbianas), encontramos que más del 90% de la industria agroalimentaria colombiana se encuentra frente a un reto biotecnológico importante para poder sobrevivir, puesto que las nuevas presiones de la globalización de los mercados obligará en el corto plazo a un aumento de la productividad y de la competitividad de sus productos.

En el sector del medio ambiente, se han iniciado algunos trabajos con base biotecnológica. Los primeros avances se han dado a nivel del tratamiento de aguas residuales industriales (lodos activados, biofiltros), y en métodos de descontaminación (biorremediación en los derramamientos de petróleo mediante el uso de microorganismos nativos o transformados genéticamente, por ejemplo). Algunos trabajos de investigación científica se están realizando sobre biodigestores de alta calidad (tipo UASB). Sin embargo, el desarrollo nacional en este sector es todavía muy discreto.

Por otra parte, un tema que genera amplias expectativas en el país, es la conservación y uso de la biodiversidad, tanto por la riqueza que puede representar, como por los riesgos que puede comportar la aplicación de nuevas tecnologías, especialmente en la apropiación de los beneficios. Este tema está directamente relacionado con la biotecnología, pero son pocos los avances actuales.

**Colombia,
bien porque
tome o deje de
tomar acciones
frente a las
biotecnologías,
entrará
forzosamente
en una dura
competencia de
mercado.**

Los análisis globales de la aplicación de la biotecnología moderna en Colombia³, muestran que los avances en este campo técnico son incipientes y que en su mayoría cuentan con baja aplicación en el sector productivo, en comparación con las tendencias en otros países del mundo, incluidos algunos latinoamericanos (Argentina, Brasil, Cuba, México).

En la **tabla 4**, se observa que el 58% de las entidades que utilizan biotecnologías modernas en Colombia se relacionan con la agricultura. Por otra parte, se observa que mientras en Colombia sólo el 5% de las biotecnologías modernas se aplican a la industria, en el mundo el promedio es del 22%.

En los países industrializados, el uso de la biotecnología ha desarrollado productos que buscan tener materias primas industriales baratas. De éstos, (Estados Unidos, Japón, Alemania) algunos están reemplazando partes importantes de las importaciones que vienen del Tercer Mundo. Como observamos al inicio del artículo, nuevos productos de origen biotecnológico están a punto de ser puestos en los mercados internacionales. En consecuencia,

se avecina una drástica reducción de la demanda de materias primas agrícolas provenientes de países como Colombia.

Frente al nuevo paradigma del mercado biotecnológico mundial, se observa que Colombia, bien porque tome o deje de tomar acciones frente a las biotecnologías, entrará forzosamente en una dura competencia de mercado generada por estas nuevas tecnologías de producción.

Con base en la nueva competencia mundial, se revelan diversos retos tecnológicos para Colombia: la diversificación de productos en agroindustrias que están entrando en crisis; se detecta la necesidad de buscar alternativas tecnológicas más competitivas

Tabla 2.

CULTIVO	EMPRESA	CARACTERÍSTICA	FECHA
Tomate	Calgene, Inc.	Madurez retardada	10/93
Algodón	Calgene, Inc.	Tolerancia a herbicidas	02/94
Calabacita	Upjohn	Resistencia a dos virus	12/94
Soya	Monsanto	Tolerancia a herbicidas	05/94
Colza	Calgene, Inc.	Modificación de la composición de aceite	11/94
Tomate	DNA Plant Technology	Madurez retardada	01/95
Papa	Monsanto	Resistencia a coleópteros	03/95
Maíz	Ciba Geigy	Resistencia a lepidópteros	05/95
Tomate	Zeneca & Petossed	Madurez retardada	06/95
Algodón	Monsanto	Resistencia a lepidópteros	06/95
Algodón	Monsanto	Tolerancia a herbicidas	07/95
Maíz	Monsanto	Resistencia a lepidópteros	08/95
Tomate	Monsanto	Madurez retardada	09/95
Maíz	Dekalb Genetics Corp.	Tolerancia a herbicidas	12/95
Maíz	Northrup King Co.	Resistencia a insectos	01/96
Algodón	Dupont	Tolerancia a herbicidas	01/96

para la producción de flores, cítricos y plátano; se debe mejorar la calidad toxicológica de los productos, con lo cual se abre una oportunidad en el mercado de los biopesticidas; se abren necesidades tecnológicas en el campo del tratamiento de efluentes industriales en las nuevas condiciones legales de medio ambiente, como la eliminación microbiológica de sustancias tóxicas; también el aprovechamiento de desechos biológicos (generación de subproductos con valor agregado, como por ejemplo compost), tiene posibilidades promisorias de acción biotecnológica.

Colombia, al poseer en su territorio la segunda diversidad biológica del planeta, tiene una ventaja comparativa que puede constituirse en la fuente más importante de nuevos productos bioindustriales. El reto del estudio, protección, conservación y valorización de los recursos biológicos.

Tabla 3.

ADITIVOS	Edulcorantes, grasas/espesantes, saborizantes/potenciadores, emulsificantes, acidulantes, colorantes, vitaminas/nutrientes, enzimas, sustituto de grasas, antioxidantes.
INSUMOS ALIMENTARIOS	Proteína unicelular, aminoácidos, hongos comestibles, aromas, productos lácteos, biosensores, metabolitos secundarios de vegetales y fermentaciones lácticas, tradicionales y alcohólicas.
INSUMOS AGROPECUARIOS	Hormonas de crecimiento, transformación de residuos agrícolas y uso de aditivos para alimentación animal, y agroquímicos de origen biológico.
PROCESOS	Procesos enzimáticos, procesos de fermentación sólida, procesos en cultivo mixto.

gicos, constituye un campo de acción importante para la biotecnología: el uso de herramientas biotecnológicas, como los marcadores moleculares, pueden apoyar la identificación, la selección y la caracterización rápida y específica de recursos biológicos promisorios. La identificación y caracterización de nuestros recursos biológicos representa el acceso a nuevos productos de uso industrial (bioprospección): enzimas, pesticidas biológicos, nuevos alimentos y sustancias para el control de enfermedades humanas o animales, entre otros.

La situación descrita anteriormente conduce al país a establecer un plan de prioridades concertado entre el sector productivo (incluidos los pequeños y medianos productores), la comunidad científica y tecnológica, y el sector gubernamental (nacional y regional), en el que se definan las acciones biotecnológicas más pertinentes con las necesidades y oportuni-

des nacionales. Este plan deberá ser transparente y suficientemente acorde con las especificidades socioeconómicas de nuestro país. Posiciones parciales o "arregladas" en función de intereses particulares podrían conducirnos a generar acciones equivocadas y, finalmente, a perder la posibilidad de aportar con la biotecnología un apoyo al desarrollo actual de Colombia.

Tendencias y perspectivas: consideraciones socioeconómicas y políticas para el desarrollo de Colombia

Como hemos podido observar en las ilustraciones anteriores, los avances científicos en desarrollos biotecnológicos y su incorporación a la producción en los últimos 10 años, hacen de la innovación biotecnológica una realidad que afecta las relaciones sociales, económicas y políticas entre países. La industria biotecnológica, y con ello la comercialización de productos y procesos de base biotecnológica, ha generado nuevos planteamientos en temas como el patentamiento y la propiedad intelectual, la bioseguridad, el acceso a los recursos genéticos y el derecho a los beneficios por su utilización, la bioética, para sólo mencionar algunos. De otro lado, en economías globalizadas, como es el caso actual, estos aspectos de comercio mundial se rigen de manera creciente por tratados, acuerdos y regulaciones internacionales.

Es importante tener en cuenta que los campos de aplicación de las biotecnologías presentan un mayor impacto, actual y potencial, en los sectores de la agricultura, la industria farmacéutica, la medicina, y el medio ambiente y la biodiversidad. Estos sectores están relacionados directamente con la seguridad alimentaria, la salud humana, y la conservación y uso de los recursos naturales.

Surge entonces el debate sobre las consecuencias que puede tener en estos casos la brecha tecnológica entre países desarrollados y países en desarrollo, referido, entre otros aspectos, al acceso a los beneficios que generen estos desarrollos y a la prevención de los riesgos que conllevan. Para sólo mencionar dos aspectos de decisiones internacionales que condicionan el marco de desarrollo de la biotecnología en Colombia, podemos citar: (1) El Tratado sobre Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (TRIPS), aprobado por la Ronda Uruguay del G.A.T.T., acuerdo de alcance global, y (2) El Plan de Acción Global

(GPA), adoptado en Leipzig en Junio de 1966 en la IV Conferencia Técnica sobre Recursos Genéticos de Plantas, en relación con el acceso a recursos genéticos.

En aspectos de investigación y desarrollo y de inversión, la magnitud de las cifras que representa por ejemplo el proceso, desde la investigación inicial hasta la puesta en el mercado de un nuevo medicamento, sobrepasa los 200 millones de dólares, con lo cual son las multinacionales las que tienen la capacidad para liderar estas iniciativas. ¿Qué capacidad tiene Colombia para liderar estas iniciativas?. Los mecanismos para identificar y aprovechar los nichos con ventajas comparativas, y para luego insertarse en circuitos multinacionales mediante alianzas u otros sistemas, serán fundamentales para Colombia.

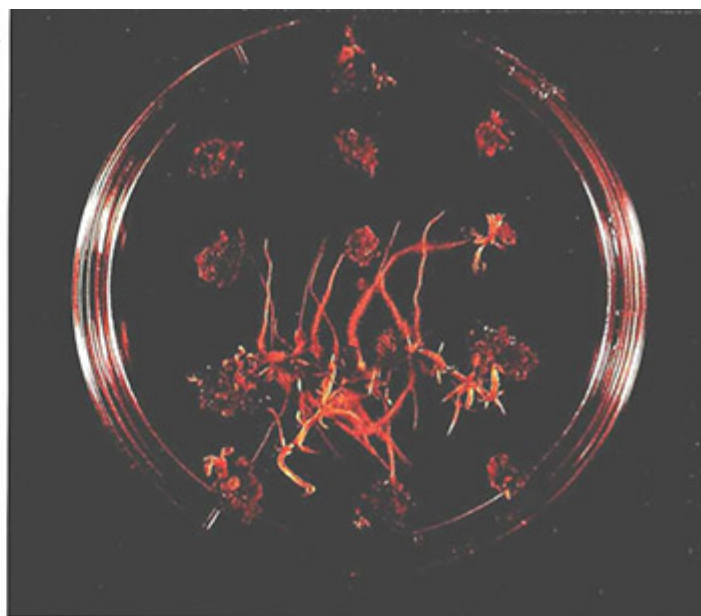
Consideramos indispensable para nuestro país analizar las repercusiones de estos avances biotecnológicos y sus efectos globalizados en al menos tres aspectos: el comercio; el acceso, la conservación y el uso de la biodiversidad; y la formación de recursos humanos.

¿Cómo se están considerando las sustituciones de productos locales en el mercado nacional y la competitividad y restricciones (calidad, normas) de los productos de exportación en los mercados internacionales? ¿Cómo está asumiendo el país el conocimiento, conservación y aprovechamiento de su biodiversidad? Cuáles son los niveles de integración y coordinación alrededor de propósitos compartidos, (sistemas nacionales como el Sistema Ambiental, el Sistema Agropecuario y el Sistema de Ciencia y Tecnología) ¿Cómo se está dando la integración entre esfuerzos públicos y privados? ¿Qué tanto se ha avanzado en la armonización de los factores de oferta y demanda tecnológicas?

La biotecnología es reconocida en Colombia como un área estratégica de desarrollo. Citamos la posición oficial al respecto⁴:

Tabla 4.

Campo de actividad	Porcentaje de entidades (estatales y privadas) utilizando biotecnología moderna	
	Promedio mundial	Colombia
Vegetal y agrícola	3%	58%
Salud (humana y animal)	68%	25%
Industria (agroalimentaria y química)	22%	5%
Medio ambiente	3%	12%
Equipos e instrumentos	4%	Desconocido



"Cuando el grupo de ministros que participó en el diseño del nuevo Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (1990) abordó la cuestión de definir los programas alrededor de los cuales habrían de estructurarse las actividades de investigación del país, se discutió la conveniencia de crear un programa nacional de biotecnología o dejar que ésta se desarrollase dentro del amplio marco de los programas de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, de Ciencia y Tecnología Agropecuaria y de Ciencia y Tecnología de la Salud. El consenso del grupo se logró alrededor de la creación de un programa independiente. Para el Estado colombiano, el dinamismo que puede lograr este programa y su importancia estratégica fueron razones determinantes. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en su primera sesión determinó su creación abriéndole una posibilidad sin precedentes y generando un reto para esta comunidad de investigadores y para las empresas de base biotecnológica".

A través del Programa de Biotecnología, el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología ha planteado cinco tareas como ejes de la estrategia propuesta para la promoción de la investigación y el desarrollo en el ámbito de la biotecnología en Colombia⁵:

- Formación de investigadores calificados al más alto nivel en las diversas disciplinas que confluyen en la biotecnología.

- Consolidación de la comunidad biotecnológica nacional. Se busca apoyar y fomentar el desarrollo de los grupos que existen ya en universidades, institutos o empresas privadas, pero además, generar mecanismos de interacción entre ellos y de ellos con sus homólogos en otros países, de manera que se constituyan verdaderas redes de cooperación nacional e internacional que potencien el uso de los recur-



tos, y que puedan realizar proyectos conjuntos en productos y/o procesos seleccionados, de importancia suficiente para incidir apreciablemente en la resolución de los problemas nacionales.

- Fortalecimiento de los vínculos entre el sector productivo y los investigadores.

- El fortalecimiento de las interacciones entre los investigadores y el sector productivo facilita el proceso de desarrollo biotecnológico, mediante la definición de necesidades, de productos y procesos promisorios y la propuesta de actividades conjuntas adaptadas a los requerimientos y a las capacidades del país.

- Desarrollo de un sistema legislativo que reglamente la propiedad intelectual, la bioseguridad y el uso del germoplasma.

- Generación de una capacidad de monitoreo de la actividad científica e industrial en todas las disciplinas, técnicas e industrias relacionadas con la biotecnología que permita el análisis de las tendencias internacionales predominantes de investigación y desarrollo, y la visualización de las oportunidades de mercados y clientes potenciales.

De otro lado, diferentes estudios internacionales y nacionales han abordado los factores claves que deben ser considerados para lograr el mejor aprovechamiento de los avances biotecnológicos en los países en desarrollo, y minimizar sus riesgos. En la lista de lecturas recomendadas se hace referencia a algunos de estos estudios.

Con base en estos estudios y en experiencias nacionales, proponemos a continuación algunas consideraciones políticas y socio-económicas a tener en cuenta en la utilización de la biotecnología, para el desarrollo y el bienestar actual de la comunidad colombiana.

Recursos humanos

Es indispensable fortalecer las capacidades y condiciones para la investigación, el desarrollo y la producción biotecnológicas como condición básica para hacer parte de los desarrollos internacionales en curso. Se requiere la formación de recursos humanos en gestión y negociación, así como en evaluación de impactos tecnológicos, sociales y económicos de la biotecnología. Se recomienda el fortalecimiento de grupos interdisciplinarios con una nueva visión de la relación entre ciencia y competitividad, para ayudar a incorporar los avances biotecnológicos en los procesos productivos del país.

Políticas nacionales

La definición de marcos de política, tanto en ciencia y tecnología como en los campos industrial, agropecuario y ambiental se requiere como escenario básico que dé contexto a los desarrollos biotecnológicos. Los estudios y el acceso a mercados, la definición de «nichos» y la propuesta de campos prioritarios de desarrollo son convenientes para apoyar el avance de la utilización de la biotecnología en el país.

Colaboración/Alianzas estratégicas

El país requiere generar políticas y esfuerzos complementarios entre los sectores público y privado; entre la investigación y la producción; y entre el nivel nacional e internacional. Deberá privilegiarse la asociatividad para lograr proyectos e iniciativas biotecnológicas competitivas.

Propiedad intelectual y marco legal

La armonización y precisión de los marcos legales, tanto en propiedad intelectual como en bioseguridad, es indispensable para incentivar el desarrollo biotecnológico y las inversiones.

Financiamiento

Esquemas innovativos, flexibles y oportunos de financiamiento deben acompañar las políticas formuladas.

La creación de infraestructura de investigación y desarrollo, las etapas de preinversión, y la inversión de capital de riesgo son aspectos que requieren el apoyo estatal en modelos participativos entre los sectores público y privado.

Acceso a información, mercados y recursos tecnológicos

El acceso ágil y oportuno a una información sobre avances, mercados y desarrollos, a nivel internacional, es base fundamental para la toma de decisiones en el campo de la biotecnología. La vinculación a redes, servicios de información y documentación, y el intercambio y participación, tanto internamente como en circuitos internacionales, es fundamental para constituirnos en interlocutores y socios válidos.

Sensibilización y divulgación

El tema de la biotecnología afecta y afectará aspectos fundamentales de la vida nacional. Contar con funcionarios, políticos, periodis-

tas, educadores y empresarios informados y motivados en el tema, facilitará la participación, la evolución y la legitimación de avances en estos campos.

Si bien en Colombia la biotecnología ha sido declarada por diferentes entidades del gobierno como un área estratégica de desarrollo, aún se requiere que esta declaración de intención se exprese en decisiones, acciones e inversiones. Esto permitirá que los avances iniciados, como la política del programa de consolidación y fortalecimiento de centros tecnológicos, liderado por Colciencias, puedan mostrar, en el mediano y largo plazo, aportes consistentes con la oportunidad que la biotecnología moderna ofrece para el aprovechamiento de los recursos biológicos, en condiciones de sostenibilidad económica, social y ambiental.

Referencias

1. Quintero R. *La biotecnología en América Latina: Una visión diferente*. Taller de la Biotecnología Industrial, Primera Reunión del Grupo Consultivo Internacional, Corporación BIOTEC, 1996.
2. Edjington S. *For biotechnology, a very good year*. *Biotechnology Vol 14*, febrero, pp. 135-136, 1996.
3. Diagnóstico de necesidades de recurso humano técnico en biotecnología a nivel del valle del Cauca, ASOTEC y Corporación BIOTEC, Directorio Nacional de Biotecnología, COLCIENCIAS, 1996.
4. Documento "Tecnologías de la Vida para el Desarrollo-Bases para un Plan del Programa Nacional de Biotecnología", COLCIENCIAS, 1993.
5. Cabra, J., Sánchez, M. Documento de estrategia de Corporación BIOTEC, 1996.

LÉCTURAS RECOMENDADAS

Estado de la biotecnología en Colombia

- Corporación BIOTEC/ASOTEC-SENA Regional Valle "Estudio prospectivo de necesidades de recursos humanos en biotecnología. Caso piloto: Valle del Cauca". Publicación en preparación, Cali, 1996.
- CIAT "Biotechnology research and cooperation at CIAT: An invitation". Cali-Colombia, 1994.
- COLCIENCIAS "Directorio de Biotecnología-Colombia" Programa Nacional de Biotecnología-COLCIENCIAS-Hodson E & Aramendis R - Editores, Bogotá, 1995.
- COLCIENCIAS "Tecnologías de la vida para el desarrollo: Bases para un Plan del Programa Nacional de Biotecnología. Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología", Bogotá, 1993.
- Rueda M.E. "Country profile-Colombia: Políticas prioridades y programas que afectan a la biotecnología agrícola en Colombia". IBS/Isnar. Regional Seminar on Planning Priorities and Policies for Agricultural Biotechnology. Lima, octubre de 1996.
- Sanint Luis R. "Crop Biotechnology and Sustainability: A case study of Colombia". O.C.D.E. Development Centre, Technical Papers #104, 1995.
- Sasson Albert, "Biotechnologies in developing countries: Present and future". Volume 1: Regional and national survey, UNESCO, Paris, 1993.

Comercialización de la biotecnología

- IFPRI "A 2020 vision for food, agriculture and the environment. The 2020 Briefs, Washington, 1996.
- Bilan "Biotechnologies: Milliards suisses pour labos américains", Bilan, Magazine Economique Suisse, #9 Sept. 1996. Suiza 1996.
- Quintero R. *La Biotecnología en América Latina: una visión diferente* Instituto de Biotecnología/UNAM, Cuernavaca, México, 1996.
- Quintero R. "El nuevo paradigma de la biotecnología en América Latina" Instituto de Biotecnología/UNAM, Cuernavaca México, 1996.
- UNIDO "Issues in the Commercialization of biotechnology" Proceedings of the Expert Group Meeting on the commercialization of Biotechnology, Viena 1991. General Studies Series, Viena, 1993.
- Roussel P.A., Soad K, Erickson T. "Third generation R & D: Managing the link to corporate strategy" Harvard Business School Press, Boston. 1991

Propiedad Intelectual y bioseguridad.

- COLCIENCIAS (1994) "Biotecnología: Legislación y gestión para América Latina y el Caribe". Memorias del taller. Hodson E. y Aramendis R. - Editores, Bogotá.
- Comisión del Acuerdo de Cartagena (1996) "Decisión 391. - Régimen común sobre acceso a los recursos genéticos" Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena, Año XII- No. 213, Lima, julio de 1996.
- Comisión del Acuerdo de Cartagena (1993). Decisión 344: Régimen común sobre propiedad industrial. Decisión 345: Régimen común a los derechos de los obtentores de variedades vegetales".
- I.C.A. (1995) "Legislación sobre protección de los derechos de obtentores de variedades vegetales". Bogotá, julio 1995.
- UNIDO (1994). "Voluntary code of conduct for the release of organisms into the environment". Viena.
- Van Wijk, Cohen J, Komen J. (1993) "Intellectual property rights for agricultural biotechnology: Options and implications for developing countries". I.B.S./ISNAR, Research report #3, The Hague.

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología, política científica y tecnológica.

LENGUAJE

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

EXTENSION

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

FORMATO

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

MATERIAL GRAFICO

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

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

REFERENCIAS

Para las referencias -un máximo de 10- se usarán las normas ICONTEC.

Ejemplo: Autor(es). Nombre del artículo. Revista, Año, Mes; Vol(No.): Páginas.

Sosa, Enrique. Presencia y significado de Eshu en Nigeria. América Negra, 1992 Dic; 92(4): 139-156.

RESUMEN

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

IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

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



Sistemas de Transporte Inteligente

Avances y perspectivas



Adolfo L. Plazas, Carlos A. León R.
Grupo de Investigación y Desarrollo, Ingeniería de Sistemas Telemáticos,
Universidad del Cauca.
Gerencia, Nuevos Productos, Antares Tecnología Ltda.
Popayán, Cauca, Colombia.
email:aplazas@atenea.ucauca.edu.co
email:cleon@atenea.ucauca.edu.co

Introducción

El término Sistemas de Transporte Inteligente -STI- corresponde al inglés "Intelligent Transportation Systems -ITS-" y se usa para denominar el conjunto de equipos y sistemas que están orientados a integrar a las personas y los medios de transporte con las nuevas tecnologías en electrónica, telecomunicaciones e informática.

Los Sistemas de Transporte Inteligente están diseñados para mejorar la seguridad, el confort y la eficiencia del transporte, manteniendo siempre la armonía con el ambiente. El trabajo en estos sistemas se inició formalmente a mediados de la década de los ochenta en Europa y Japón, y a finales de la misma década en Estados Unidos¹. El fuerte interés en esta área es impulsado por los graves problemas de congestión que la mayoría de las zonas metropolitanas del mundo enfrentan, y por el contenido dramático que se prevé para el futuro.

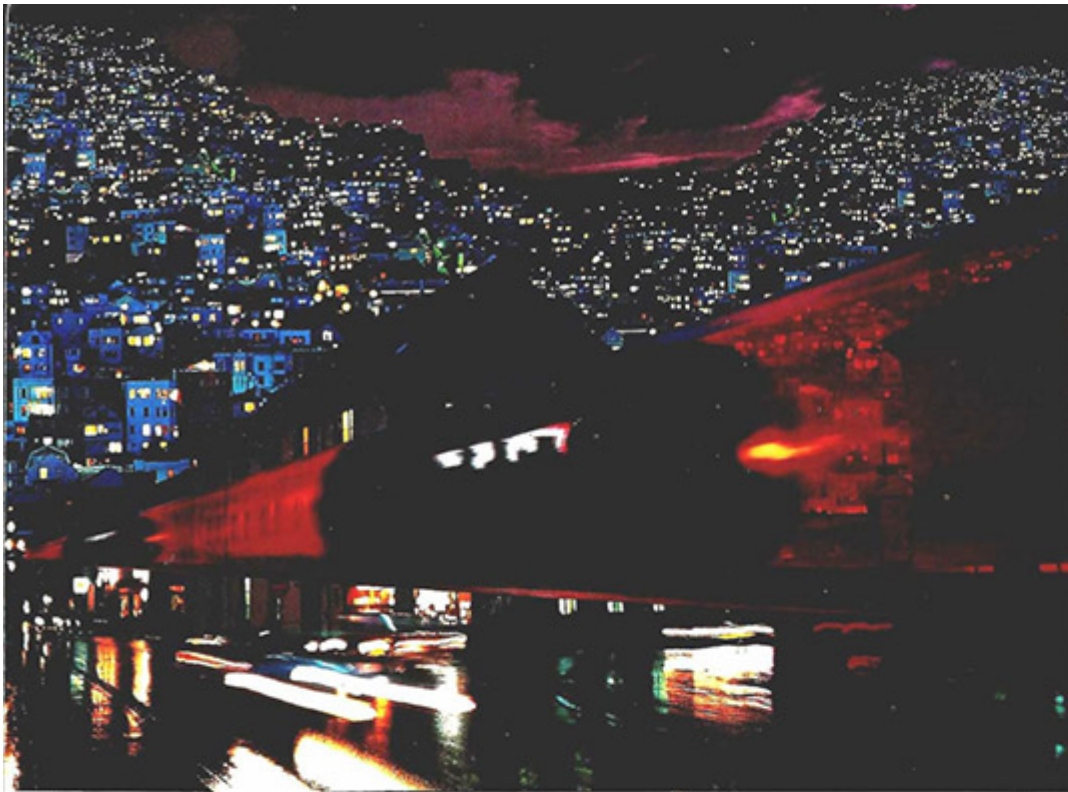
Con los Sistemas de Transporte Inteligente se espera obtener grandes beneficios tanto en áreas urbanas como rurales: reducción de la congestión, información en tiempo real sobre los servicios de transporte público, respuesta rápida a accidentes y emergencias, reducción global en los costos de la infraestructura de transporte, información actualizada sobre el estado de las carreteras, el clima y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

En un principio, el nombre que se dio al programa fue "Sistemas de Autopistas Vehiculares Inteligentes" (Intelligent Vehicle-Highway Systems- IVHS). Sin embargo, posteriormente se encontró que las tecnologías de la nueva era de la información y los adelantos en la electrónica y las telecomunicaciones podían ser aplicados también a otros medios de transporte, por lo cual se decidió entonces, en el año 1994, cambiar el nombre a Sistemas de Transporte Inteligente -STI-.

Actualmente hay tres organizaciones localizadas en Europa, Japón y Estados Unidos que están liderando el desarrollo de Sistemas de Transporte Inteligente en el mundo; éstas son:

- ERTICO - European Transport Telematics Implementation Coordination Organization.
- VERTIS- Japanese Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society.
- ITS America- Intelligent Transportation Society of America.

Hasta la fecha se han realizado tres congresos mundiales de Sistemas de Transporte Inteligente. El primero en París, Francia, en



Sistema de Transporte Inteligente suministrará a los viajeros información acerca de tiempos de viaje óptimos y rutas alternativas, información que permitirá reducir las emisiones nocivas y el consumo de energía, así como mejorar la seguridad del viajero disminuyendo el estrés ocasionado por los viajes y facilitando el acceso de los usuarios a las diferentes alternativas de transporte.

Componentes del sistema básico del Sistema de Transporte Inteligente

1994 al que asistieron 3.000 delegados de 34 países. El segundo, en Yokohama, Japón, con una asistencia de 3.400 delegados en representación de 38 países. El tercero, realizado en Orlando, Estados Unidos, en Octubre de 1996, con una asistencia de más de 4.000 personas. Esta es la programación de los siguientes tres congresos mundiales²: Berlín, Alemania, octubre 21 al 24 de 1997; Seúl, Corea, noviembre 8 al 12 de 1998; Toronto, Canadá, otoño de 1999.

Objetivos y componentes de los Sistemas de Transporte Inteligente

Objetivos específicos

-Mejorar la seguridad dentro del sistema de transporte terrestre. Los Sistemas de Transporte Inteligente ayudarán a reducir la frecuencia y severidad de los accidentes de tránsito, suministrando información a los conductores acerca del movimiento de otros vehículos y condiciones de las carreteras.

-Incrementar la eficiencia operacional y la capacidad del sistema de transporte terrestre. El sistema informará a los conductores sobre todas las condiciones de tráfico, lo cual redundará en mejorar la eficiencia del tránsito público y las actividades de distribución, reduciendo costos de operación para las empresas de transporte, agencias operadoras, y mejorando el sistema de gestión y planeación del transporte.

-Reducir costos energéticos y ambientales relacionados con la congestión de tráfico. El

la recolección de datos. Esta infraestructura estará instalada a lo largo de las carreteras y en los vehículos. La información tomada está relacionada con el tráfico, estado de las carreteras y condiciones climáticas.

-Infraestructura para suministro de información. Provee guías, advertencias, soporte para planeación y mucha más información a los peatones, conductores y al área comercial.

-Base de Datos. Contiene estadísticas de tráfico, información sobre la estructura de carreteras, servicios existentes en diferentes puntos de las mismas y proyectos de construcción, entre otros tópicos importantes en el ámbito del transporte. La información de la base de datos puede ser suministrada o accesada desde un sistema de procesamiento de datos.

-Sistema para Procesamiento de Datos. Este sistema actualiza periódicamente toda la información recolectada por la infraestructura para la recolección de datos y modifica la información contenida en la base de datos, utilizándola para formular respuestas a las solicitudes de los usuarios y para determinar el peligro potencial de una situación dada. El sistema usa la infraestructura para el suministro de información para transmitir información a los usuarios del sistema.

-Infraestructura de telecomunicaciones. Esta infraestructura es la encargada de transmitir información entre la vía y los peatones, o entre la vía y los vehículos. Este componente del sistema tiene estrecha relación con todos los demás componentes básicos del Sistema de Transporte Inteligente.

Figura.
Componentes
y transferencia
de información
de los
Sistemas de
Transporte
Inteligente



Estándares y protocolos en Sistemas de Transporte Inteligente

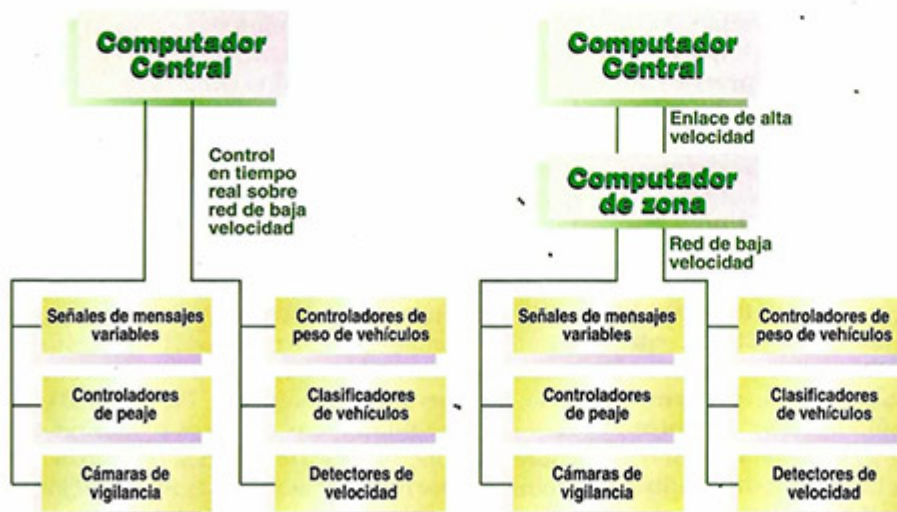
Aunque el proceso de implementación del Sistema de Transporte Inteligente ya empezó, y su desarrollo será muy notable en los próximos años, en la actualidad el mayor esfuerzo se dedica a lograr estándares y protocolos, éstos últimos entendidos como códigos de comunicación adecuados que faciliten, entre otros, la interoperabilidad que permite que un vehículo con un equipo apropiado de radiocomunicaciones viaje por cualquier país; la compatibilidad para facilitar que diferentes equipos se comuniquen por un mismo canal sin generar interferencia entre sí; y la intercambiabilidad para lograr reemplazar equipos de igual funcionalidad aunque de diversas marcas³.

El desarrollo de estándares posibilitará el alto grado de integración, que se requiere para hacer del Sistema de Transporte Inteligente una realidad. El programa abrirá nuevos mercados de productos a escala internacional, y la estandarización hará menos costosa para el usuario la actualización y complementación de los sistemas, a fin de acondicionarlos con las nuevas tecnologías que estarán disponibles. Un punto de partida interesante es que los nuevos estándares considerados por la comunidad Sistema de Transporte Inteligente se están construyendo con base en los ya establecidos dentro de la industria de computadores y telecomunicaciones.

Con escasas excepciones, la infraestructura STI promueve el uso de los protocolos existentes; cuando es apropiado, la organización trata de acelerar los procesos de estandarización fundamentándose en parámetros seleccionados por organizaciones como la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers).

El protocolo NTCIP

Un ejemplo significativo del trabajo de estandarización emprendido por la industria es el protocolo NTCIP (National Transportation Communications ITS Protocol) con el cual se pretende tener una interfaz de comunicación común, para que todos los equipos instalados en campo puedan comunicarse con sus gestores remotos usando eficientemente los canales disponibles. Además, se extiende el alcance del NTCIP para



CONTROL DE PEAJE

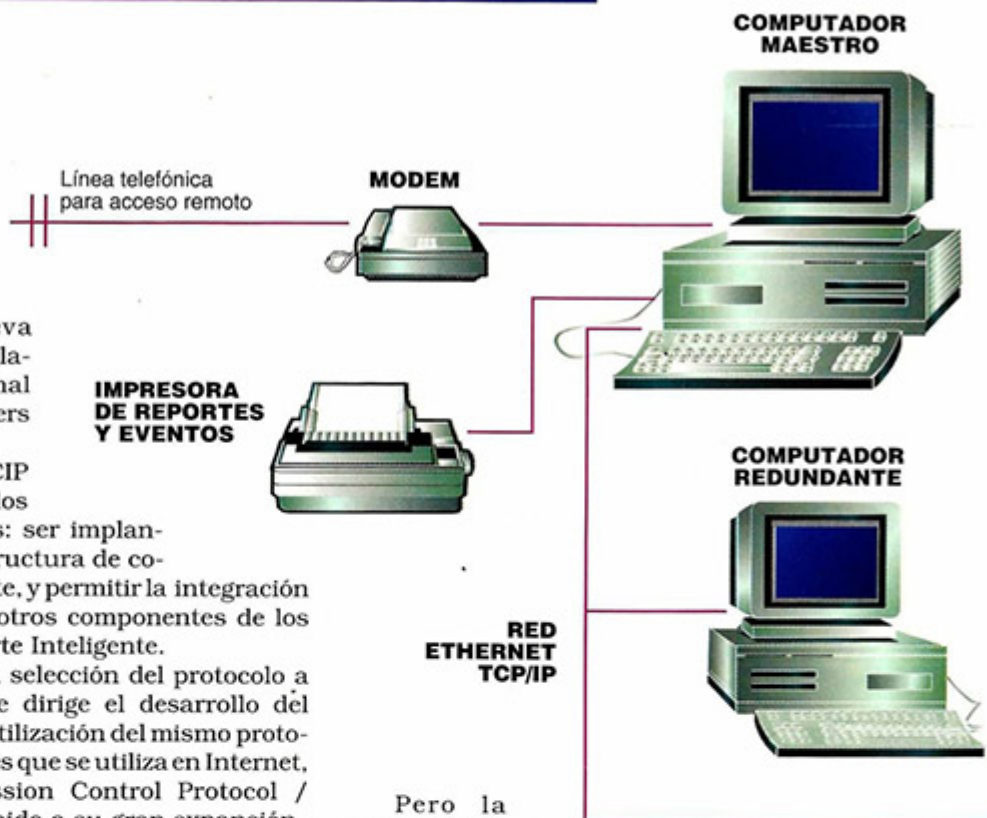
permitir que los centros de gestión se comuniquen entre sí. Uno de los primeros pasos que se han dado en este sentido fue el desarrollo de un protocolo de comunicaciones común para la nueva generación de controladores NEMA (National Electrical Manufacturers Association).

El protocolo NTCIP deberá cumplir con dos requerimientos claves: ser implantado sobre la infraestructura de comunicaciones existente, y permitir la integración a gran escala en los otros componentes de los Sistemas de Transporte Inteligente.

Con respecto a la selección del protocolo a utilizar, el grupo que dirige el desarrollo del NTCIP recomendó la utilización del mismo protocolo de comunicaciones que se utiliza en Internet, el TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), debido a su gran expansión.

El Sistema de Transporte Inteligente y las telecomunicaciones

Casi todos los sistemas contemplados dentro de la infraestructura de los Sistemas de Transporte Inteligente dependen de una o más formas de comunicación (inalámbricas, telefonía móvil celular y satelital, redes privadas, fibra óptica) pero, indudablemente, la más importante hacia el futuro será la inalámbrica. Parte de este soporte de comunicación vía radio estará instalado en el automóvil y es de esperarse que se incluya dentro del equipo de fábrica del carro por su bajo costo. Un ejemplo de esto es que hoy la compañía Ford, en un esfuerzo conjunto con Motorola y Westinghouse, instala en sus vehículos Lincoln Continental modelos 96 una unidad de rescate y emergencia remota operada por vía satelital denominada RESCU, que combina un teléfono celular con un sistema de posicionamiento global -GPS, y permite que el conductor, con sólo oprimir un botón, se comuniquen con un número de atención y asistencia de emergencias, envíe su localización por vía celular y reciba asistencia.



A los controles de carril

Pero la parte más representativa de la infraestructura de comunicaciones inalámbricas para STI deberá estar ubicada en el área de las vías.

Por el lado de los equipos, tan pronto como se inicie el establecimiento de la infraestructura de comunicaciones inalámbricas, se requerirán, por ejemplo, sistemas de telemetría para la operación de vehículos comerciales, de tal forma que, por ejemplo, los camiones cruzarán las fronteras estatales comunicando, en movimiento, la carga transportada o cualquier otra información de regulación. Tales sistemas ya están en operación en algunas de las autopistas más importantes de Estados Unidos y Canadá, trayendo consigo una mejora considerable en los tiempos de circulación y trámite de la mercancía. También encontramos las aplicaciones combinadas de posicionamiento global con telefonía celular que son potencialmente diversas, como el caso del servicio ofrecido por las agencias de viajes que brindan guías de rutas e información sobre puntos locales de interés, acceso a las páginas amarillas locales y otras informaciones basadas en la localización del viajero.

Perspectivas de los Sistemas de Transporte Inteligente en Colombia

Uno de los problemas más agobiantes y que reduce significativamente la calidad de vida de los habitantes de las grandes urbes colombianas son las continuas e interminables congestiones de tráfico; también es un hecho que el aparato productivo nacional no podrá competir internacionalmente por las enormes pérdidas que le ocasiona la sobresaturación de la infraestructura de carreteras. Ante este panorama poco alentador, independientemente de las inversiones realizadas para construir nuevas vías y para mantener la infraestructura existente, el país debe hacer un esfuerzo considerable en la introducción de tecnología STI, en procura de incrementar la eficiencia en el uso de la infraestructura vial con la que ahora cuenta.

Sin embargo, la introducción de Sistemas de Transporte Inteligente debe estar atemperada con las condiciones actuales de la infraestruc-

tura vial y de comunicaciones del país, y debe acompañarse de un gran esfuerzo en la capacitación de recursos humanos que soporten la operación de dichos equipos. Como ilustración, citaremos que ciudades como Santafé de Bogotá, Cali y Medellín han utilizado costosos sistemas de control centralizados de semaforización con resultados poco satisfactorios para el usuario final. Esto se debe, principalmente, a que las condiciones de funcionamiento se fijan utilizando parámetros de tráfico de países de mayor desarrollo, que no constituyen un buen modelo de la situación local. Por otro lado, se ignoran las condiciones deficientes de los sistemas de comunicaciones nacionales que los hacen susceptibles a fallas prolongadas; incluso, la constitución física de los sistemas no garantiza su supervivencia en las condiciones extremas de temperatura, humedad o vandalismo al que se ven sometidos en nuestro medio.

Es necesario adelantar proyectos pilotos de creación de infraestructura de Sistemas de Transporte Inteligente en algunos nichos estratégicos muy importantes.

CONTROL DE CARRIL 1

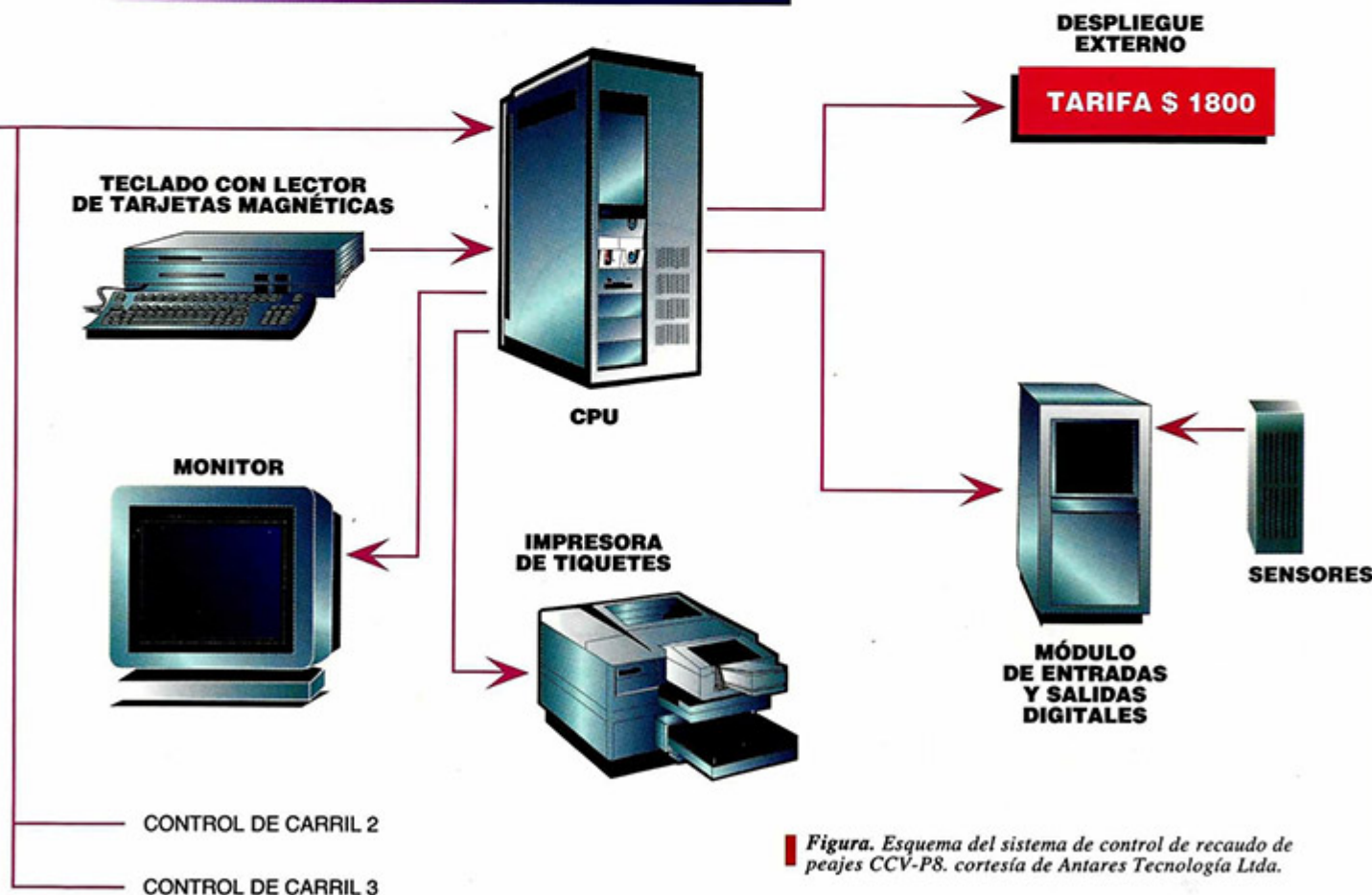


Figura. Esquema del sistema de control de recaudo de peajes CCV-P8. cortesía de Antares Tecnología Ltda.

como el recaudo electrónico de peajes o la supervisión de puentes, con participación tanto de la universidad como de la industria nacional del ramo. Con estos proyectos se busca ganar experiencia y evitar que el país asuma una vez más los altos costos de la falta de preparación y el uso de tecnologías inadecuadas.

En este tipo de proyectos el mayor esfuerzo debe orientarse a la integración de sistemas y equipos de uso común y extendido en todo el mundo con la infraestructura vial y de comunicaciones existente en la actualidad en Colombia. Así, será posible reconocer la necesidad de características muy particulares en los equipos y sistemas, especialmente en lo que se refiere a los protocolos utilizables en este medio; también, se podrán evaluar las capacidades de las administraciones y concesionarios de las vías para usar y gestionar los equipos, lo que dará lugar a planes adecuados de capacitación que faciliten la introducción gradual de sistemas más complejos.

Por la alta incidencia en la calidad de vida de todos los usuarios del transporte, y por la obligación de utilizar más eficientemente la escasa infraestructura vial existente, el país debe em-

prender un serio esfuerzo en Sistemas de Transporte Inteligente que incluya el monitoreo permanente de las últimas tecnologías; que procure su adaptación a las condiciones reales existentes en la actualidad; y que prepare los recursos humanos que se requieren para afrontar con éxito la introducción armónica de estos sistemas.

Bibliografía

1. James L. Pline. Editor. "Traffic engineering handbook". Institute of transportation engineers. Prentice Hall, 1992.
2. Telecommunications Magazine. Vol 30, No 7, Horizon House Inc. Julio 1996.
3. "Innovations in ITS". ITE Journal, Diciembre 1995.

Lecturas sugeridas:

- "Assessment of ITS Benefits - Early results". U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. Washington D.C. 1995.
- "ITS databook". Highway Industry Development Organization. VERTIS (Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society). Japan 1995.
- "Traveling with success". Public Technology Inc. - U.S. DOT Federal Highway Administration. 1995.



89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría

Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea
**INNOVACION
Y CIENCIA**

Suscríbese ya por sólo \$ 29.000 al año

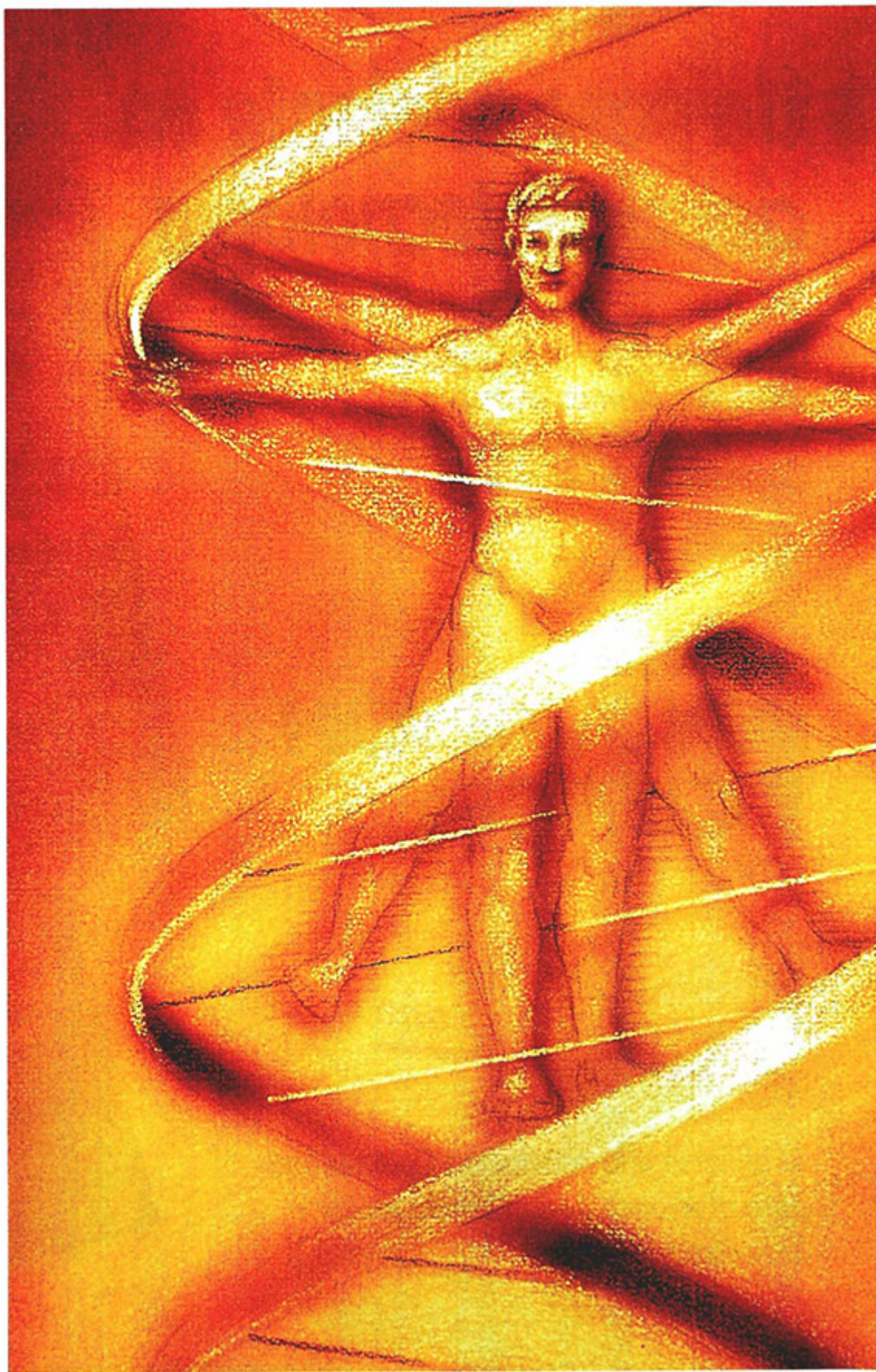
Al afiliarse a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia recibirá la revista **TOTALMENTE GRATIS**



creación

VERSUS

Evolución





A propósito de *El relojero ciego* de Richard Dawkins

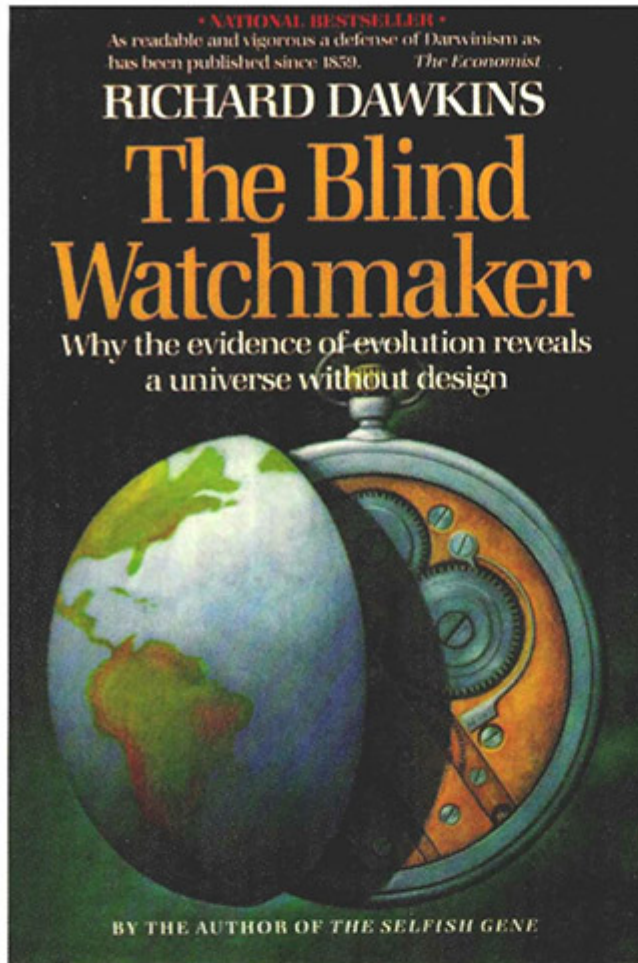
David A. Acosta
Departamento de Filosofía,
Universidad Nacional de Colombia,
Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Alejandro Rosas
Departamento de Filosofía,
Universidad Nacional de Colombia,
Santa Fe de Bogotá, Colombia.
e-mail: arosas@bacata.usc.unal.edu.co

Se suele decir que la teoría de la evolución de Darwin introdujo una revolución en la concepción del mundo. Esto es cierto e interesante desde un punto de vista filosófico. El libro *El relojero ciego*, de Richard Dawkins¹, es una buena introducción a esta materia. Clarifica y explica la ontología y la epistemología de la teoría de la evolución y se propone erradicar todas las falacias y malos entendidos que se han tejido a su alrededor. No escatima esfuerzos para destacar con claridad la fuerza explicativa que le permite resistir con éxito a los ataques y objeciones.

La teoría de la evolución nace como una explicación alternativa a la teoría de la creación. Ambas quieren explicar el origen de los organismos vivos. Para ello se apoyan en una propiedad básica de los mismos, a la que Dawkins alude con diversos conceptos: complejidad de diseño, habilidad específica, improbabilidad de ser producido por azar, capacidad de producirse. La razón de esta diversidad de

conceptos es la dificultad de definir exacta y consensualmente "organismo vivo". Un evolucionista prefiere definirlo como un ser capaz de reproducirse, es decir, de duplicarse a sí mismo produciendo otros individuos con características estructurales similares¹ (p.98). A los creacionistas en cambio, les gustaría enfatizar el concepto de finalidad en su definición. Según la concepción que viene de la antigüedad, las cosas vivas son el producto de una inteligencia superior, que las diseñó para que cumplan con los fines que ella les asigna. El concepto de finalidad se aplica así, tanto a la causa de los seres vivos como también a su modo de funcionamiento. Esta idea se apoya en nuestra comprensión cotidiana de los objetos creados por nosotros, que tienen el diseño que les hemos impuesto. Pero va más allá, pues alude a una inteligencia que no sólo es creadora del diseño sino también del material para plasmarlo. Estrictamente hablando, no tenemos experiencia de eso en nuestra cotidianidad. Nosotros diseñamos sobre la materia preexis-



tente en el universo. Sólo si estamos hablando de una inteligencia capaz de diseñar en una materia creada por ella misma, estamos propiamente pensando en el intelecto divino de nuestra tradición occidental: un intelecto que puede producir cosas diseñadas por él sin presuponer una materia preexistente.

Una inteligencia que diseñase sobre una materia preexistente no sería la inteligencia divina, pues ésta crea al mundo como un efecto absoluto (*creatio ex nihilo*). De esta idea surgió por analogía la tesis idealista de que el mundo es creado por la mente humana. Ambas hipótesis son significativas, es decir, no podemos simplemente desecharlas con el argumento de que son vacías de significado o por no saber cómo confirmarlas, pues ambas admiten tanto argumentos a favor como en contra. Nuestra actitud hacia la hipótesis de la creación dependerá de cómo nos situemos en una batalla de argumentos que comenzó con Darwin y su teoría evolucionista.

La hazaña intelectual de Darwin fue mostrar las debilidades epistemológicas de la imagen creacionista del mundo y, en general, de la idea de que la inteligencia divina o humana está en la cúspide de las causas que lo explican

todo. La inteligencia no está en el origen de las cosas, sino que, lo mismo que la vida, es producto de un proceso de evolución de la materia del universo. La materia y su evolución están guiadas por leyes, pero ello no significa que la materia sea por sí misma inteligente. Las leyes básicas que subyacen a este proceso son las de la física y la química. Basándose en ellas, surge un proceso evolutivo que tiene también leyes propias. Es, según Darwin, un proceso *sui generis* que, apoyándose en las leyes de las ciencias más básicas, permite explicar el diseño de los seres vivos con base en la variedad producida por la mutación al azar del material genético y en un proceso de selección natural. La idea de una producción intencional de diseños con fines preestablecidos no juega aquí ningún papel. No hay una inteligencia anterior a los organismos vivos, y no hay en ellos una finalidad esencial, impresa allí por la mente creadora, de acuerdo al orden de sus finalidades y propósitos. Gracias a Darwin existe una alternativa a la explicación creacionista, una alternativa que explota evidencias que la explicación creacionista desconoce.

Para describir el proceso evolutivo responsable de la creación del diseño, gobernado por las mutaciones azarosas y la selección natural, es necesario apelar a la síntesis neodarwinista llevada a cabo por R.A. Fisher², quien incorporó la genética moderna en la teoría evolucionista¹ (p.86-87;233). Darwin apeló originariamente a las ideas de la variación hereditaria y de la selección natural, pero no tenía aún un concepto claro del material genético responsable del mecanismo de la herencia. La biología molecular moderna, con su concepción del ADN como molécula viva elemental, se puede reconocer hoy como genuinamente darwinista y fisicalista. Ella nos permite entender cómo funciona el material genético en la producción de organismos con la propiedad de ser variablemente adaptables al entorno.

Para la biología moderna la vida ha de ser entendida, si se la quiere diferenciar del mundo inanimado, como un mecanismo de almacenamiento y de transmisión de información¹ (p.85-86). Pero ¿qué quiere decir esto? Simplemente que un ser vivo guarda dentro de sus genes una información que ha permanecido intacta por miles y hasta millones de años: el material genético, el ADN. En ciertos casos son

**La inteligencia
no está en el
origen de las
cosas, sino que,
lo mismo que la
vida, es producto
de un proceso
de evolución.**

necesarias cinco millones de generaciones para que la información varíe tan solo en un 1 por ciento. Un gen está formado por una cadena de ácido desoxirribonucleico (ADN) y forma parte, a su vez, de una de las dos cadenas que forman un cromosoma, entre los varios pares de cromosomas de una especie. Sin embargo, definir íntegramente qué es un gen es una tarea complicada y no existe una definición totalmente aceptada. Uno tiende a imaginarse los genes como pequeñas franjas horizontales que dividen a los cromosomas en varios niveles, unos encima de otros, pero esto no es más que la manera de representarlos gráficamente para facilitar su comprensión. Es muy difícil determinar en qué parte de una cadena de ADN comienza un gen y en cuál termina. Ni siquiera determinando la función que tiene un trozo de cadena de ADN es posible llamarlo con toda seguridad "gen", pues aunque en un contexto cumpla una función *x*, en otro puede cumplir una función *y*. Lo más correcto quizás sea decir que un gen es una abstracción en la cual damos a entender que el ADN tiene partes que son como "programas", pues tienen unos efectos específicos y cumplen con unas funciones determinadas.

Sin perder de vista lo anterior, diremos que un gen puede hacer dos cosas: por una parte, copias de sí mismo y, por otra, organismos. La información del ADN contiene las instrucciones para construir todo un organismo. El ADN es leído y traducido por el ARN a cadenas de proteínas. Dependiendo de los genes que hayan sido leídos, se produce la estructura y la conducta de cada célula, lo que a su vez tendrá efectos a mayor escala, los llamados "efectos fenotípicos": la coloración del cabello, la estatura, etc. El cuerpo humano está formado por diez billones de células de distintos tipos, constituidas por el mismo conjunto de genes. En cada tipo de células se lee un grupo de genes específico y se ignora el resto, dependiendo de las sustancias químicas que haya dentro de las células y los genes que se hayan leído primero¹ (p.92-93). La otra función del gen es producir copias de sí mismo. Esto se realiza mediante dos procesos de división celular -dirigidos genéticamente- llamados mitosis y meiosis. En la mitosis cada célula se divide en dos, obteniendo copias exactas de sus cromosomas;

por su parte, en la meiosis, que sólo sucede en las células sexuales, se forman dos células a partir de una primera, pero en vez de recibir todos los cromosomas apenas reciben la mitad; además, los cromosomas entrecruzan pedazos de ellos mismos antes de formar los que tendrá al final de la división cada espermatozoide u óvulo. El efecto más claro de esto es que la descendencia, aunque con los mismos genes de sus progenitores, no es igual a ellos.

Aunque no existe una definición completamente aceptada de lo que es un gen, Dawkins se atreve a definirlo como "una unidad hereditaria que es bastante pequeña para durar un gran número de generaciones y para ser distribuida y esparcida en forma de muchas copias"³. Según Dawkins, es necesario tener en cuenta que en los genes lo verdaderamente importante es la información textual copiada dentro de sí y no las partículas físicas que lo componen en un momento temporal específico. Estas pueden ser sustituidas después de un tiempo breve. En cambio, su existencia como información genética específica puede durar millones de años. Comparativamente, la vida biológica de un organismo individual es infinitamente más corta y, por consiguiente, éste puede considerarse como un vehículo temporal de los genes¹ (p.97). Lo único que queda de un ser vivo después de su muerte -siempre y cuando él haya dejado descendencia- son sus genes, junto con los de su pareja, en todas las células del cuerpo de su progenie; a su vez, esos mismos genes, aunque en diferente organización, pasarán a sus nietos, y así sucesivamente por miles y millones de años. Durante ese largo período, un gen se unirá a otros en sucesivos organismos formando "equipos de genes". La importancia de estos "equipos" es que son ellos los que realmente evolucionan (y no cada uno de los genes por separado) dependiendo de su éxito: su capacidad de adaptarse al entorno y sobrevivir¹ (p.131). Teniendo esto en cuenta, podemos entender por qué plantea Dawkins que los organismos biológicos existen para el beneficio de los genes y el ADN, en vez de ser al contrario. Dawkins piensa que los genes utilizan a los organismos multicelulares (y más específicamente a sus órganos y patrones de conducta) como herramientas para asegurar su propagación. El gen produce cambios inmediatos a pequeña escala que producirán luego otros a una escala mayor, lo que influirá en el mejoramiento y la supervivencia de los organismos¹ (p.103). Visto así, las diferentes especies son como el medio en que se mueven "equipos de genes", encontrándose unos con otros en

La propiedad fundamental de la autorreplicación es aún misteriosa, pero es básica para cualquier teoría que pretenda explicar el origen de la vida.

diferentes momentos y en diferentes cuerpos. Su capacidad de perpetuarse, produciendo organismos que los ayudan a sobrevivir, no la tienen los genes porque actúen con la intención de eternizarse. Nadie diría que la acción del gen es intencional. Para explicarla sólo se necesita suponer la propiedad básica de la autorreplicación con variación y su interacción selectiva con el entorno natural. Para entender la síntesis neodarwinista, hay que aclarar entonces estas tres propiedades básicas: autorreplicación, variabilidad o mutación, y adaptación al entorno por la presión de la selección natural.

1. La propiedad fundamental de la autorreplicación es aún misteriosa, pero es básica para cualquier teoría que pretenda explicar el origen de la vida sin plantear la ayuda de una divinidad. La autorreplicación apareció en alguna molécula hace millones de años y le significó la posibilidad de sobrevivir al hacer copias de sí misma. Con ella se inició el proceso evolutivo. La idea básica, que aún está por desarrollarse, es que las moléculas autorreplicantes surgen en un proceso químico espontáneo, en condiciones físicas y químicas especiales. Aún no sabemos

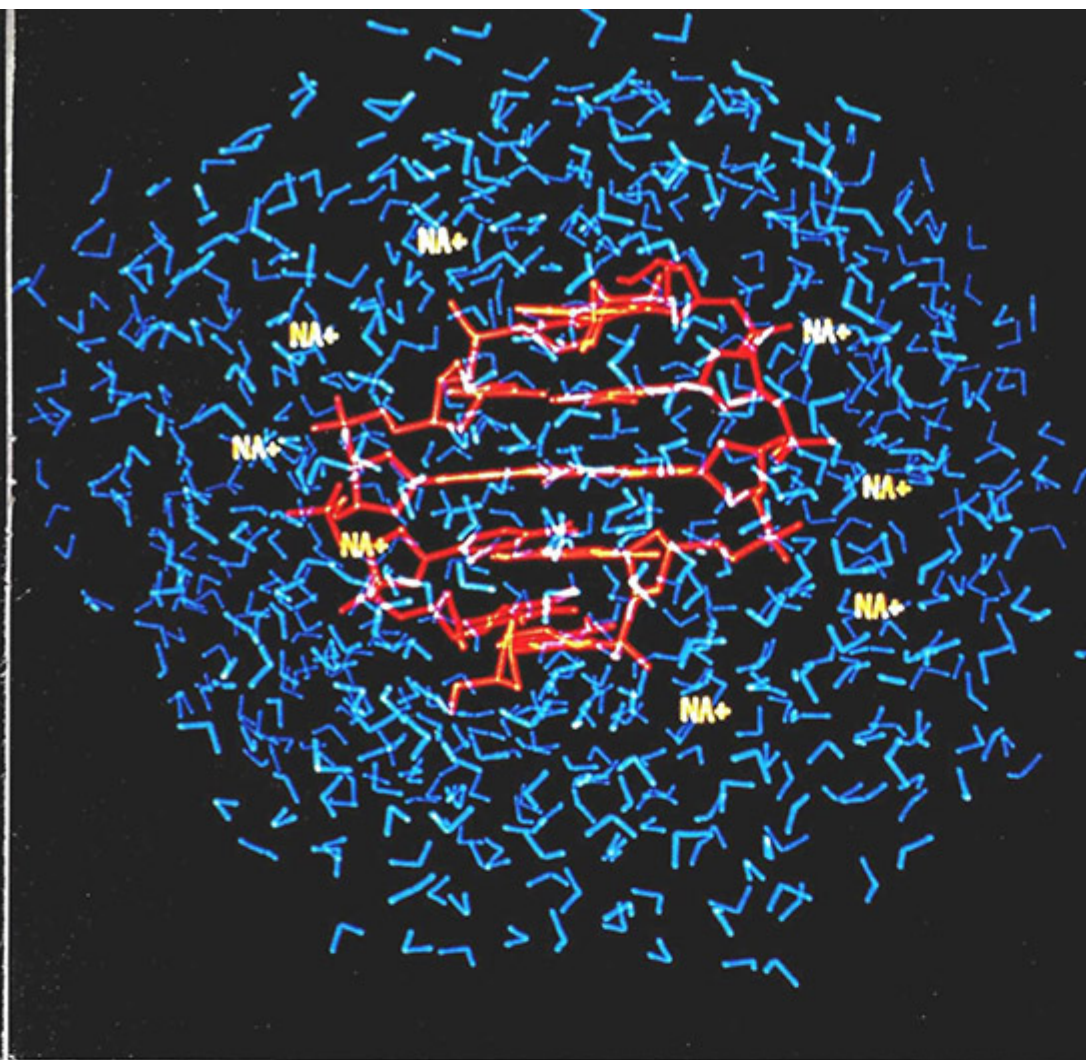
cuáles son exactamente esas condiciones, pero algunas teorías han tratado de determinarlas. De éstas la de mayor aceptación es la que sitúa el comienzo de la vida en el "caldo orgánico primitivo": un ambiente en el que escaseaba el oxígeno y en el que se realizó una síntesis espontánea de compuestos orgánicos¹ (p.113-114). Algunos científicos simularon las características químicas y físicas de este "caldo orgánico primitivo", añadieron relámpagos y luz ultravioleta y obtuvieron, asombrosamente, moléculas orgánicas, los bloques básicos para la formación del ADN y del ARN, así como también los aminoácidos. Aún así, las autorreplicaciones nunca se lograron⁴. Otra teoría paralela a la anterior es la "inorgánica mineral", expuesta por el químico Graham Cairns-Smith⁵ (p.114ss.). Este plantea que el ADN es el ganador en una lucha (basada obviamente en la selección natural) contra un primer autorreplicador, que fue des-

echado luego de haber estado en la tierra por millones de generaciones. Esos primeros replicadores, según Cairns-Smith, fueron cristales inorgánicos como las arcillas; éstas, como

todos los demás cristales, son grandes formaciones de moléculas ordenadas en capas de manera organizada creando un sólido. Tienen la característica de que los átomos de cada capa se organizan en forma tal que son una copia idéntica (hasta en los más pequeños detalles) de la capa subyacente. De ese modo, es viable pensar en ellos como autorreplicadores simples formados de manera espontánea y produciendo efectos también espontáneamente. Para Cairns-Smith la suplantación se realizó cuando algunos tipos de cristales empezaron a utilizar moléculas orgánicas como ayuda dentro de sus procesos de "reproducción"; tal vez unas de esas moléculas fueron ácidos nucleicos como el ARN, las cuales, después de mucho tiempo de habitar junto con los cristales, aprendieron a autorreplicarse siguiendo códigos de los cristales, resultando ser más eficientes y logrando finalmente desplazarlos.

Estas teorías pueden sonar improbables, y exigir casi la ocurrencia de "milagros". No obstante, su fuerza explicativa está basada en el cálculo de probabilidades¹ (p.122-126). Las probabilidades de que ocurra un suceso x, por extraño que pueda parecer, siempre son calculables (¡hasta la probabilidad de que una estatua de mármol mueva su brazo se puede calcular!). Si reunimos todos los sucesos probables y los organizamos en un espectro análogo al de la luz, la probabilidad de que una estatua de mármol nos salude estará indiscutiblemente localizada al lado derecho del espectro, el lado de lo inmensamente improbable. Por otro lado, la probabilidad de mi muerte estará seguramente localizada al lado izquierdo del espectro, el lado de la certeza¹ (p.123-124). La mente humana sólo es capaz de ver una ínfima parte de este infinito espectro, una parte que comienza en el borde del lado izquierdo y termina poco después. Esta "visión" limitada se explica porque nuestros cerebros están hechos para manejar las probabilidades que son relevantes para nuestras vidas relativamente breves. Evidentemente, aquellas probabilidades que se sitúan en el lado derecho del espectro difícilmente pueden llegar a confirmarse en el lapso de una vida humana. Esto restringe demasiado nuestro juicio subjetivo. La teoría del caldo primitivo y la de Cairns-Smith serán juzgadas por nosotros como aludiendo a acontecimientos poco probables, pero para un ser hipotético que viva millones de años, ellas tendrán una probabilidad respetable, tanta como el pequeño "milagro" que es para los humanos el poder realizar en un juego de golf un "hoyo en uno".

2. Supuesta la autorreplicación, Darwin



señaló la *variación hereditaria* como otro factor en la creación de diseño complejo; esto supone la capacidad de mutación del material genético y, como efecto de esa mutación, la producción de organismos con características variadas. Una mutación es simplemente un pequeño error en la transmisión de la información genética de una generación a otra; un error que cambia las características funcionales de un gen y que puede traer perjuicios. ¿Cómo es entonces posible que las mutaciones sean básicas para la evolución, dadas esas características? Aunque las mutaciones producen efectos nocivos, en algunas ocasiones una mutación puede significar una pequeñísima mejora que ayudará al organismo en cualquier sentido y que, por lo tanto, será reforzada por la selección natural (si el cambio resulta perjudicial, el organismo perece y no transmite su mutación). Cuando el efecto de la mutación es beneficioso, se trata de un simple azar. Veamos qué importancia tiene este hecho. A simple vista parece difícil plantear el carácter aleatorio de las mutaciones por hechos que hacen pensar en lo contrario: 1) las mutaciones se producen por causas físicas concretas- los mutágenos; 2) los genes de cada especie mutan a una frecuencia

diferente y característica; 3) también es característico que cada gen muestre una propensión a mutar en un sentido y no en otro. Las mutaciones obviamente tienen sus causas, pero ellas en ningún caso determinan una evolución en el sentido de una aparición necesaria de mejoras adaptativas. Las mutaciones son aleatorias en el sentido que no tienen ninguna predisposición a mejorar o empeorar la adaptación de un organismo a su ambiente¹ (p.233-234). Y esto significa, en último término, que una mutación, por ser aleatoria, no puede por sí misma y sin ayuda de la selección natural producir mejoras. Sólo la selección natural puede guiar el proceso evolutivo como tal.

3. Las mejoras en el diseño y en la adaptación de los seres vivos al entorno se producen por *selección natural*. Esta no tiene previstas las consecuencias, no planifica el futuro, no calcula las proba-

bilidades (si tomamos la imagen que utiliza Dawkins diremos que es 'ciega') y, no obstante, es la responsable de todos los impresionantes diseños de los seres vivientes¹ (p.15). Estos diseños pueden ser tan maravillosos como, por ejemplo, la ecolocalización de los murciélagos (lograda por la selección natural decenas de millones de años antes que el radar fuera inventado por el ser humano).

La selección natural actúa de manera directa y simple: los organismos vivos se propagan en proporción directa a su éxito adaptativo. Obviamente no podemos imaginar la selección natural como un ente 'divino' que escoge entre los organismos los que deberán vivir y los que no; simplemente es una ley de la naturaleza que opera a través de la lucha entre presas y depredadores, parásitos y organismos parasitados, entre competidores por un mismo alimento, etc, haciendo prosperar a un organismo o a especies enteras dependiendo de la capacidad adaptativa de sus fenotipos genéticamente determinados. Pero ¿cómo hace la selección natural, si es realmente 'ciega', para lograr la perfección y la evolución en la naturaleza? La respuesta es simple: por una evolución mediante pasos pequeños y graduales -desde la

primera autorreplicación, siguiendo un camino de 3.500 millones de años hasta nuestros días- y por la ayuda de la selección cumulativa¹ (p.33). Es necesario que cada paso evolutivo sea lo suficientemente pequeño como para poder clasificarlo como una mutación probable. Es inmensamente improbable que la capacidad para ecolocalizar propia de los murciélagos, por ejemplo, se haya formado en un solo paso desde un organismo que no tenía ninguno de los elementos que la componen. En cambio, plantear que proviene de una capacidad que sólo necesitó de un pequeño cambio para que se convirtiera en lo que es ahora (y que a su vez proviene de una capacidad que sólo necesitó un pequeño cambio ...etc.), sí es viable. Cada cambio debe significar una mejora, por pequeña que sea, en la capacidad del organismo para sobrevivir; esto es, cada mutación debe ser una ventaja efectiva para que el organismo supere los problemas que le plantea su entorno. Gracias a estos pequeños cambios ventajosos se produce un proceso de selección cumulativa: los cambios ventajosos que se producen en una generación son heredados por las siguientes, algunas de las cuales producirán sus cambios ventajosos, y así sucesivamente. De esta manera, las mutaciones que resultan beneficiosas para un organismo son conservadas dentro del acervo genético de una especie¹ (p.38-39). Los cambios beneficiosos permanecen y sobre ellos se va construyendo la complejidad de diseño.

La explicación darwinista del origen del diseño y de la inteligencia en el universo implica cambios radicales en nuestra concepción del mundo: implica abandonar la idea de Dios como una inteligencia al origen del universo, con un plan preestablecido para el mismo. Este ateísmo no tiene su origen en ningún tipo de drama, es un ateísmo "epistemológico", porque su motivación primaria es la de la máxima coherencia y simplicidad en la explicación del mundo: se trata de tener una cosmología coherente con las evidencias en favor de la evolución y del carácter físico-químico de los procesos de la vida a nivel molecular. La teoría de la creación es rechazada por su resistencia a incorporar estas evidencias. Aún así, la controversia entre creacionismo y evolucionismo está viva, sobre todo en Estados Unidos, y eso se presenta en el libro. El creacionismo se presenta no sólo como creencia religiosa, sino también como teoría científica⁶. Ese es el caso del saltacionismo que pretende explicar el desarrollo evolutivo proponiendo que éste avanza mediante grandes mutaciones entre dos generaciones contiguas; mutaciones capaces de formar individuos de otra especie y que requie-

ren de una intervención divina. Pero existen buenas razones para rechazar las teorías saltacionistas¹ (cf. p 176-178). Los creacionistas las han revivido apoyándose en una interpretación tendenciosa del puntuacionismo de Eldredge y Gould. Estos planteaban (bajo los micrófonos insaciables de los medios de comunicación), que la evolución avanzaba mediante "explosiones súbitas", que interrumpían largos periodos de calma en los que ningún cambio se producía¹(p.175). Dawkins muestra que los puntuacionistas no son en realidad rivales de Darwin: en vez de proponer una evolución gradual constante, plantearon breves estallidos que cambiaban a las especies, es decir, comprimieron la evolución a "instantes" desde el punto de vista del tiempo geológico, mientras que en periodos intermedios la evolución se producía muy lentamente o casi se detenía¹ (p.184-185). Si es verdad que hay procesos de mutación acelerada, corresponde a la biología molecular investigar en qué casos y por qué. Las eventuales evidencias de una mutación acelerada no pueden refutar la síntesis neodarwinista, pues no reclaman necesariamente el recurso a una intervención de la inteligencia divina.



Referencias

1. Dawkins, R. *The blind watchmaker. Why the evidence of evolution reveals a universe without design*. New York/London: W.W. Norton & Co. 1987; *El relojero ciego*, trad. de Manuel Arroyo Fernández, Barcelona: De. Labor 1988.
2. Cf. Fisher, R.A. *The genetical theory of natural selection*, Oxford: Clarendon Press 1930.
3. Cf. Dawkins, R. *El gen egoísta*, Barcelona: Salvat Editores 1985, p.46.
4. Estos experimentos fueron realizados por primera vez a principios de la década de los cincuenta por el científico Stanley Miller, basándose en argumentos del químico Harold Urey.
5. Cairns-Smith, G. *Seven clues to the origins of life*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
6. Sobre el "creacionismo científico" estadounidense y el tenor de sus argumentos se puede consultar también: Kitcher, Philip, *Abusing science. The case against creationism*, Cambridge: MIT Press 1982.

REVISTA Innovación y Ciencia

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. ____ No. ____

SUSCRIBASE ¡YA!

Suscripción Regular \$29.000 Precio Unidad \$ 6.200 Socio ACAC Gratuita
Estudiantes \$25.000 Ejemplar atrasado \$ 3.500

SUSCRIPCION PERSONA NATURAL

Nombre _____ C.C./TI _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____

Fecha suscripción
D | M | A

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Granahorrar 0632-100-79-5
Colmena 010-4500246931
Bco. Popular 160-203196

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ / ____

Credencial Credibanco Diners

SUSCRIPCION INSTITUCIONAL

Entidad _____
Nit _____
Representante _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____

*Renovación automática:

El valor de la nueva suscripción puede ser cargado a mi tarjeta de crédito. En caso de no desear la renovación, me comprometo a notificar a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia dos (2) meses antes del vencimiento de la suscripción

Acepto: Sí No

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE
Y ENVIE
ESTE
CUPON

C.C. Firma

REVISTA Innovación y Ciencia

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. ____ No. ____

CUPON REGALO

Suscripción Regular \$29.000 Precio Unidad \$ 6.200 Socio ACAC Gratuita
Estudiantes \$25.000 Ejemplar atrasado \$ 3.500

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

Nombre _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____
Profesión _____ Especialidad _____
Entidad _____

Fecha suscripción
D | M | A

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia

Granahorrar 0632-100-79-5
Colmena 010-4500246931
Bco. Popular 160-203196

Tarjeta No. _____

Vence ____ / ____ / ____

Credencial Credibanco Diners

De:

Nombre _____
Ident.: C.C. _____ T.I. _____ Pasaporte _____
Dirección _____ Tel.: _____
Ciudad _____ Depto. _____

*Renovación automática:

El valor de la nueva suscripción puede ser cargado a mi tarjeta de crédito. En caso de no desear la renovación, me comprometo a notificar a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia dos (2) meses antes del vencimiento de la suscripción.

Acepto: Sí No

Nota: Durante un año, cada ejemplar incluye una tarjeta especial, recordando a la persona o entidad que es una atención suya.

ASOCIACION COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.A. 92581 • Fax: 221 92 81 • Tels.: 221 67 69 - 221 73 48 - 221 33 13 • Bogotá, Colombia

LLENE Y ENVIE
ESTE CUPON

C.C. Firma

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

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



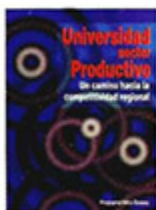
**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA**

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



Novedades editoriales

UNIVERSIDAD- SECTOR PRODUCTIVO: UN CAMINO HACIA LA COMPETITIVIDAD REGIONAL



Luis Javier Jaramillo
(Coordinador)
Programa ICFES-TECNOS,
Santafé de Bogotá, 1997

La tendencia más fuerte de reorganización de la vida académica e institucional en muchos países en el mundo, como lo han señalado recientemente analistas calificados, pasa por el cambio de perfil de las universidades e instituciones de educación superior, que se transforman en organizaciones de servicios que buscan vincularse estrechamente con la empresa privada y el

Estado para la creación y transferencia de tecnología, en un proceso de conformación de espacios académico-industriales comunes.

La sociedad del conocimiento, ya presente entre nosotros, crea estas demandas, catalizadas por procesos de alteración radical de las reglas económicas, como la apertura económica. Qué está pasando en Colombia en estos dinámicos frentes es el tema central de este libro. En él se invita al lector a conocer los requisitos y los matices que reviste la relación universidad-empresa en las diferentes regiones del país. Se plantean formas específicas de cómo podrían trabajar en calidad de socios universidades y empresas, con la presencia estimulante del gobierno, para adoptar prácticamente esta moderna forma de concertación que debe llevar al único camino de acceso a la competitividad regional.

LA OTRA CARA EMPRESARIAL DE COLOMBIA



Luis Javier Jaramillo S. (Coordinador)
Tercer Mundo, Tecnos,
Santafé de Bogotá, 1997

La presente obra introduce al lector en el ámbito de la acción, evolución y logros de las empresas ganadoras del Premio Nacional a la Innovación Tecnológica - 1995, organizado por Bancoldex, ACAC y Tecnos; éstas son: Ágil Bordados, Coservicios, Dies, Icollantas, Incolbestos, Ripoll, Penagos Hermanos, Super Brix y Tratar.

Las empresas que aquí se presentan constituyen una fuente inapreciable de inspiración para la economía industrial del país, en la medida en que pueden inducir con su ejemplo, el aprendizaje de la actividad innovadora, a su vez clave de la supervivencia en los reñidos mercados de hoy.

La otra "cara empresarial" del país nos revela una singular capacidad de los empresarios colombianos para identificar nichos de negocios y forjar en ellos productos diferenciados a los ojos de los clientes, con el empleo acertado y práctico de la tecnología. Por ello la otra cara empresarial de Colombia exalta su actividad.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ¿QUÉ ES...?, ¿CÓMO...?



Luis Carlos Torres Soler
Fundación Universitaria
Manuela Beltrán,
Santafé de Bogotá, 1996

El objetivo de la inteligencia artificial es el diseño y construcción de máquinas que manipulen conocimiento, generen conclusiones, expliquen y, en general, tengan conductas inteligentes inherentes a los seres humanos. La inteligencia artificial poco a poco se ha ido convirtiendo en una tecnología muy importante dentro de la informática.

Precisando algunos conceptos de inteligencia artificial y de las teorías que se involucran en su desarrollo, se ofrece este libro, dirigido a todas aquellas personas interesadas en la construcción y uso de sistemas expertos. La presente obra constituye un resumen de las cátedras del autor sobre el tema, el cual requiere no sólo considerar los productos de la IA sino profundizar en los procesos mediante los cuales se ha adquirido el conocimiento científico.

FORO EDUCATIVO NACIONAL: ¿COMO HACER REALIDAD LOS PROPÓSITOS DEL PLAN DECENAL DE EDUCACIÓN

**Gerencia del Plan Decenal de Educación
(editor)**

Ministerio de Educación Nacional,
Santafé de Bogotá.
1997

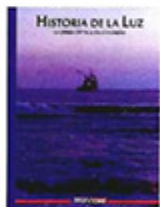
El Foro Educativo Nacional, el primero que se realiza en el marco del Plan Decenal de Educación, fue convocado con cuatro objetivos específicos: concretar la participación y el compromiso de nuevos sectores sociales alrededor

del Plan Decenal; fijar metas para 1997 y 1998; acordar las acciones para alcanzarlas; y organizar la movilización en favor de las mismas.

La riqueza deliberativa, la representatividad y la pluralidad de los participantes, el contenido de las propuestas analizadas y los compromisos adquiridos permiten afirmar que los objetivos del Foro se lograron en lo fundamental.

Este libro es mucho más que la memoria del Foro Educativo Nacional. La valiosa información que ofrece es un punto de lanzamiento que ilumina y señala un nuevo ciclo: el de las acciones y realizaciones que nos permitirán hacer realidad el sueño de una nueva educación para una Colombia nueva.

HISTORIA DE LA LUZ: LA FIBRA ÓPTICA EN COLOMBIA



Telecom
Editorial Escala,
Santafé de Bogotá,
1996

A lo largo de los próximos meses, Telecom dará al servicio la Red Troncal Nacional de Fibra Óptica, que cambiará la fisonomía del país en el Siglo XXI. Todo aquello que enfrenta hoy el tropiezo de la distancia: la salud, la educación, la justicia, la administración pública, el comercio, los negocios, etc., se convertirá en asunto cotidiano. Cuando en los años por venir la fibra óptica llegue directamente a los usuarios, el acceso al debate de las ideas, el desarrollo y la cultura será casi inmediato. La fibra óptica es, sin duda, una herramienta básica para poner al alcance de todos la información, el conocimiento y la experiencia y, por consiguiente, es uno de los instrumentos adecuados en la búsqueda de la calidad de vida. A partir del primer semestre de 1997, la Red Troncal entrará a hacer parte de la Superautopista Mundial de la Información, la cual ofrece acceso directo a la comunicación telefónica, la televisión y el internet.

LA ESPECTROGRAFÍA: UNA TÉCNICA PARA EL ANÁLISIS DE LA VOZ



**Gladys Salazar Cáceres,
Sonia Salazar de Cabrera,
Luz María Camargo**
Fundación Universitaria
Manuela Beltrán,
Santafé de Bogotá,
1996

Una preocupación constante de diversas sociedades a lo largo de la historia ha sido la identificación de las características esenciales de la voz humana. Inicialmente se utilizó el oído de manera directa, pero por ser éste un instrumento subjetivo para cualquier análisis comparativo, los fonetistas empezaron a utilizar recursos modestos como los diapasones y resonadores, hasta llegar al sistema de analizador computarizado.

La exploración teórica acerca de la espectrografía permite vislumbrar un nuevo campo de acción en la fonoaudiología. Este libro realiza una recopilación de los diversos equipos utilizados para el análisis de la voz y sus aplicaciones.

UN CURRÍCULO CIENTÍFICO PARA ESTUDIANTES DE 11 A 14 AÑOS



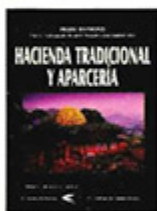
Juana Niedo, Beatriz Macedo
OEI, UNESCO, Madrid, 1997

La enseñanza de las ciencias juega entre los 11 y los 14 años un importante papel en el desarrollo del pensamiento lógico, en la adquisición de contenidos relevantes para la vida, en la práctica de actitudes flexibles y críticas y, en definitiva, colabora a que los estudiantes estén mejor preparados para afrontar los desafíos de una sociedad en continuo cambio, que les exige tomar decisiones fundamentadas. Actualmente, la tendencia existente en los currículos científicos de este tramo clave es la de incluir,

simplificadas, las mismas propuestas de los cursos superiores y parece necesario establecer alternativas específicas que contemplen las características especiales de estos alumnos.

El objetivo fundamental de este estudio es proponer algunas sugerencias para el diseño de un currículo científico fundamentado y adecuado para los estudiantes de 11 a 14 años. Se trata de un documento abierto que pretende contribuir a la reflexión mediante la presentación de criterios que orienten las decisiones curriculares; podrán ser tenidos en cuenta por los diferentes países según sus necesidades y en función de sus distintos contextos. No es un recetario extrapolable a cualquier situación, sino que quiere mostrar una forma fundamentada de abordar las distintas situaciones que supone el diseño de un currículo científico.

HACIENDA TRADICIONAL Y APARCERÍA

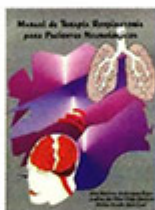


Pierre Raymond
Universidad Industrial de Santander,
Bucaramanga, 1997

Capítulo tras capítulo, el retrato de una región de haciendas paneleras se va revelando y la realidad no resulta muy halagadora. En él se mezclan un historial de ruda explotación, una economía letárgica y sueños fracasados. Esta zona rural, igual que muchas otras, pertenece a la Colombia marginada. Si el caso fuera excepcional tendría el valor de testimonio sobre un pasado a punto de caer en el olvido y no debería generar mayor motivo de inquietud.

Pero no es así. Muchas otras regiones del país están sufriendo de situaciones poco promisorias y el conjunto de esas circunstancias no es la mera sumatoria de elementos negativos en el balance de la Nación: es parte de la estructura social del país, un factor constitutivo de su honda crisis. Es un componente de la evolución poco armoniosa de un país más rural a un país más urbano, donde la pobreza impide a millones de colombianos el acceso a una vida digna y donde la insatisfacción, unida al sentimiento de sin salida, lleva a la violencia.

MANUAL DE TERAPIA RESPIRATORIA PARA PACIENTES NEUROLÓGICOS



**Ana Marlene Bohórquez Rayo,
Andrea del Pilar Peña Herrera,
Nubia Yaneth Ruiz Leal**
Fundación Universitaria Manuela
Beltrán, Santafé de Bogotá, 1996

El paciente con enfermedad neurológica es, como su nombre lo indica, una persona con un alto porcentaje de daño neuronal, que requiere un tratamiento especialmente cuidadoso para evitar complicaciones. Estos pacientes generalmente presentan alteraciones del control central de la respiración y la presión intracraneana que pueden disminuir sus probabilidades de supervivencia. La interacción del terapeuta respiratorio con estos pacientes debe ser permanente, fundamental y enfocada a su manejo y tratamiento.

Para el terapeuta respiratorio es útil y práctico contar con información resumida y específica que le dé puntos claves y unificados acerca de los pasos a seguir para el tratamiento de la enfermedad. Este manual proporciona una guía específica orientada a facilitar el manejo de estos pacientes y da pautas claras para un mejor desempeño del terapeuta en este campo.

PROPEDEUTICA LOGICO-SEMANTICA



Ernst Tugendhat/Ursula Wolf,
(Traducción de Guillermo Hoyos
Vásquez), Anthropos, Barcelona 1997.

La lógica se encuentra hoy más cerca de las matemáticas que de la filosofía, así se la vea como esencial para la filosofía. Esto ha tenido como consecuencia que los cursos de lógica constituyan para la mayoría de los estudiantes de filosofía y de ciencias humanas y sociales un cuerpo extraño, una tarea aparte, poco relacionada con el resto de sus estudios, y por esto muchas veces es vista como una obligación impuesta desde afuera que les parece carecer de sentido. Se ha creado entre la lógica moderna de un lado y la filosofía y su historia del otro un abismo, que hasta hoy no ha sido franqueado por ningún libro de texto. La propedéutica lógico-semántica busca llenar este vacío y servir inclusive para quienes

viniendo de otras disciplinas se quieren orientar en esta materia.

Este libro está pensado como manual para un curso o seminario introductorio sobre lógica filosófica y es apropiado también para la enseñanza de la filosofía en los colegios. Es un texto pedagógico para familiarizar a los estudiantes con el desarrollo histórico y sistemático de la lógica filosófica. La lógica tiene el estatuto de una disciplina especial, que el estudiante no alcanza a relacionar sin más con el resto de los estudios de filosofía. Para establecer esta relación ofrece este texto una introducción al estudio de la filosofía desde una perspectiva lógico-semántica. Aquí se proporciona un conocimiento inicial del instrumental lógico-semántico disponible, tanto del tradicional como del moderno, y se hace visible paradigmáticamente su relevancia para algunas preguntas fundamentales de la filosofía. El curso introductorio, para el cual se ofrece este texto quiere ser una guía, está pensado no como reemplazo sino como complemento de un curso de lógica.

Llegamos a todo el mundo!



ADPOSTAL, ES EL CORREO DE COLOMBIA PORQUE SOMOS TODO LO QUE USTED PUEDE DESEAR ...

¡DESCUBRALO!

TEL.: 9800 - 15525



ANDRAGOGÍA: EDUCACION Y FORMACIÓN DEL ADULTO

Luis Fernando Vargas Z., Olga Cecilia Moya G.
Fundación Universitaria Manuela Beltrán
Santafé de Bogotá, 1996

Hoy más que nunca se hace evidente la inquietud de avanzar en los procesos de educación y formación del adulto y para ello se hace necesario profundizar en el conocimiento del hombre, de sus características biológicas, psicológicas y de relación social. La educación debe ponerse a la par con las demás disciplinas del conocimiento y del hacer humano y para ello es preciso fijar criterios que ayuden a diferenciar entre lo que deber ser la educación del niño y del adolescente y la educación del adulto, con todas sus necesidades, actitudes y aptitudes.

Por eso hay que hablar de pedagogía y andragogía, las cuales, si bien responden a un mismo objetivo, se diferencian en el sujeto de estudio. El presente manual pretende dar algunas luces acerca de la andragogía como elemento formador del hombre, e integrador de sus condiciones como ser social, con el fin de poder entender al adulto desde el respectivo panorama de su desempeño profesional.



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



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



CIUDAD
SALITRE

¡8.200 METROS DE GRANDEZA!

La Expedición Colombia Granahorrar Everest '97
regresa tras llegar a los 8.200 metros de altura.



"Los que ascendimos en la realidad de los vientos, el frío, las nevadas y la altura, sabemos que la cima del Everest es ante todo un símbolo y un homenaje a todas las formas de lucha humana por lograr propósitos nobles. Con este sentido queremos que nuestra primera tentativa sea también una semilla que haga germinar altas cumbres en todos los campos de acción de los colombianos. Queremos señalar el poder de los sueños, la búsqueda armoniosa de objetivos comunes y el amor por las causas" (Tomado del diario de la expedición)

Granahorrar les da la bienvenida a los expedicionarios y seguirá apoyándolos
hasta que la bandera de Colombia ondee sobre la cima del mundo.

