

Innovación y Ciencia

VOLUMEN VIII, N° 3, 1999

Momias virtuales



Hormigas no
tan sociales

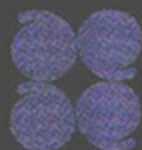
Plantas
transgénicas

TARIFA FISCAL REDUCIDA 769. Precio: \$4.200.00



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





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

Misión

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

Actividades

Diseño de políticas científicas y tecnológicas

Programa Nacional de Actividades Científicas Juveniles:

Encuentro con el Futuro - Conferencias

Expociencia juvenil - Feria Nacional de la Creatividad

Clubes de ciencia y tecnología

Ferias de ciencia

Teatro de la ciencia

Correo de la ciencia

Campamentos y excursiones científicas

Encuentros de formación - Talleres y seminarios

Comunicación y publicaciones:

Revista Innovación y Ciencia

Programa de televisión - UNIVERSOS

Boletín Informativo

Centro de documentación

Eventos especiales:

Expociencia-Expotecnología

Convención Científica Nacional

Premio Nacional al Mérito Científico

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

Cursos - seminarios - talleres

Programa Interciencia de Recursos Biológicos

Nuevos o Subutilizados - PIRB

Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología - MALOKA

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

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

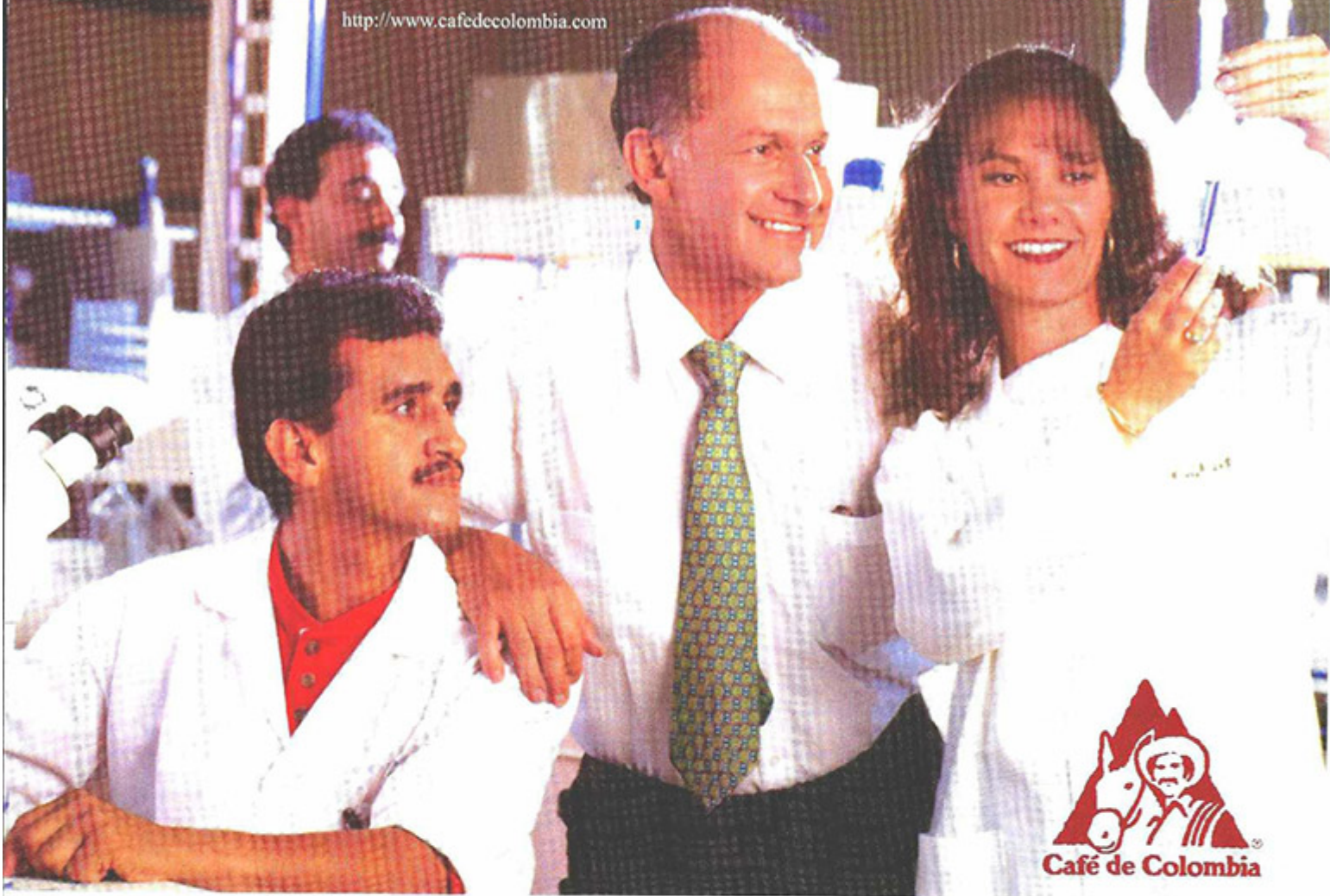
Informes:

Servicio de atención al socio

Teléfono 221 99 53

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 Frio



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



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



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

Presidente

Eduardo Posada Flórez

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

Coordinadora editorial

Rosario Martínez

Comité editorial

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

Asesoría editorial

Mauricio Pérez Gil.

Consejo editorial internacional

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

Consejo editorial nacional

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

Corresponsales

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

Publicidad

Clara López, Gloria Zamora

Secretaría

Yenny Yuliatt Arias

Corrección de estilo

Angela Fuentes

Producción editorial y diseño gráfico

Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

Fotografía

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

Preprensa electrónica

Elograf Ltda

Impresión

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: 3150734 - 2213313 - 2217348.
e-mail: acac2@col1.telecom.com.co
Santafe de Bogotá - Colombia.

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

Impresa en Colombia.

CONTENIDO



PORTADA:

Mediante técnicas de tomografía computacional, científicos de la Universidad de Hamburgo, reconstruyeron la momia de una mujer cuya antigüedad es de aproximadamente 2300 años. (Imagen modificada de www.ukc.uni-hamburg.de/virtualmummy - Universidad de Hamburgo - Alemania).

NOTA DEL EDITOR

Una década de *Expociencia*.

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

Una bacteria gigante "azufrada", Thiomargarita namibiensis: "La perla de azufre de Namibia"

10

Primeros pasos en la construcción de un laser de rayos gamma.

14

La Década de la Conducta: 2000 - 2010

16

El Árbol Nacional de Colombia en peligro de extinción

18

WEB: NOVEDADES EN CIENCIA

Realidad virtual y estudio de momias. -
Un héroe anónimo de internet: Tim Berners-Lee, diseñador de la web.-
Fisiología y genética. - La sociedad planetaria en la red. -
Ahora sus e-mail hablan. - Nuevo sitio especializado en música. - Biotecnología.

22

VISTAZOS

Descubierta conexión entre los géneros Australopithecus y Homo. -
Sony le apunta al mercado de las telecomunicaciones. - Antenas inteligentes. -
Experto afirma que los ciegos podrían ver con los oídos. - El SIDA: cuarta causa de mortalidad en el mundo. -
Nuevo Centro de Investigación sobre el café. - Vacunas genéticas: una enorme promesa. -
Nuevo elemento superpesado. - Nueva célula de memoria podría mejorar la velocidad de los computadores. -
La conciencia definitivamente no es de exclusividad humana. - Las fuentes del pensamiento matemático. -

26

Innovación y Ciencia

Volumen VIII, N°3 - 1999

ARTICULOS

La edad y el futuro del Universo

Aunque controversial, la teoría del big-bang inflacionaria emerge, hasta el momento, como la solución cosmológica más robusta y consistente gracias a las observaciones realizadas. Sin embargo, el autor muestra cómo, según resultados recientes, la expansión del universo parece estar acelerando, contrario a lo que predice el modelo cosmológico estándar.

32



Plantas y alimentos transgénicos: verdades y mentiras

La utilización de plantas transgénicas para mejorar la productividad, resistencia y características agronómicas de los cultivos ha aumentado en los últimos tiempos. El autor analiza el debate sobre "los alimentos transgénicos" generado como consecuencia de los intereses de las industrias de biotecnología y de los agricultores avanzados, por un lado, y de los grupos ecologistas y asociaciones de consumidores, por otro lado.

40

Hormigas no tan sociales

Las hormigas han sido vistas normalmente como el insecto social "por excelencia". Recientes estudios muestran otra cosa: sociabilidad a regañadientes, matricidios, harenes de machos, partenogénesis obligada... Esta nueva biología del comportamiento compromete además la explicación tradicional sobre el origen y evolución de la sociabilidad.

50

Sistemas caóticos

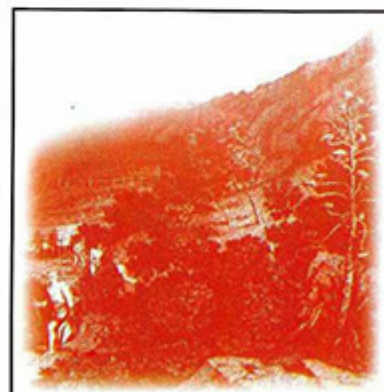
La existencia de los sistemas caóticos puede tener consecuencias sobre los fundamentos mismos de las ciencias exactas: ¿Son la predictibilidad y la reproducibilidad asunciones sólo aproximadas?

58

Estética y territorio en los trabajos de Alejandro de Humboldt

Al conmemorarse doscientos años de la llegada del naturalista alemán a América, el autor describe los aspectos e implicaciones más importantes del recorrido de este científico. Desea mostrar que la geografía de las plantas procede de una concepción estética amplia que relaciona todas las ciencias naturales con el fin de fundamentar la distribución geográfica de los vegetales y de todos los seres vivos.

64



NOVEDADES EDITORIALES

70

2001 ALLEGRO

© INTAGOSTINO

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



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

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



mazda

NOTA

DEL EDITOR

Una década de *Expociencia*

Hace ya diez años, siguiendo las sugerencias de numerosos asociados, la A.C.A.C. decidió organizar, por primera vez, *Expociencia* con la idea central de mostrar al país los más recientes avances de la ciencia y la tecnología y de establecer un espacio para que los colombianos pudieran exhibir sus logros en este importante sector. En la década anterior, la Asociación había participado activamente en la realización de ferias escolares de la ciencia, pero esta vez se trataba de incursionar en un terreno totalmente nuevo y de mayor proyección. El país vivía entonces tiempos difíciles, sumido en la ola de terror desatada por los poderosos carteles de la droga. Era el mes de octubre y la población de Bogotá estaba sometida casi a diario a diversos atentados que la obligaban a ocultarse en sus casas después de las seis de la tarde. La mayor parte de los eventos científicos y académicos programados para ese fin de año habían sido cancelados, y no se vislumbraba una salida clara a esa dramática situación. Es en ese marco que, tras un cuidadoso análisis por parte de las directivas, la A.C.A.C. decide mantener la realización de *Expociencia*, no sólo por su significado intrínseco sino, en ese momento particular de la vida nacional, como un símbolo necesario de que el país no estaba acabado, como un mensaje de optimismo y una promesa de tiempos mejores. El evento ocupó alrededor de 2000 metros cuadrados en el Centro de Convenciones de Santa Fe de Bogotá, a los cuales se sumaron los trescientos metros de *Expociencia Juvenil* que se desarrolló en el Planetario Distrital y los doscientos que utilizó el *Museo de la Ciencia y el Juego*, pionero de los museos interactivos del país, en la plazoleta principal del Centro Comercial Bulevar Niza. El extraordinario éxito del evento, aun más notable dadas las circunstancias, mostró una vez más el interés de nuestros compatriotas por ese tema, su deseo de aprender y el apreciable desarrollo que ya en ese momento, habían alcanzado la ciencia y la tecnología en Colombia.

A partir de ese entonces, *Expociencia* se realiza cada dos años con creciente éxito en el recinto de Corferias, ocupando cada vez mayores áreas y cubriendo temas más variados. El evento se ha convertido en un símbolo de la ciencia y la tecnología nacionales y en el único espacio en el cual los jóvenes, las universidades, los centros de investigación y la industria pueden mostrar sus logros, sus proyectos y sus ilusiones. La Feria se ha convertido en un espacio

único para expresar la creatividad en todas sus formas, ya sea a través de la investigación científica, de la invención tecnológica y de la creación artística en sus más variadas formas. La sexta edición de *Expociencia*, cuyo lema es "Conocimiento para el próximo milenio", reúne, además de las tradicionales presentaciones de los jóvenes de bachillerato, proyectos de las escuelas primarias y, por primera vez, de los estudiantes universitarios, con lo cual se constituye en un espacio único para toda nuestra juventud. Además de las presentaciones de las universidades y centros de investigación, y de las empresas productoras de material didáctico, el visitante podrá apreciar las actividades desarrolladas por las diversas dependencias del Estado y por las empresas más innovadoras de nuestro país.

Una atracción única en esta oportunidad la constituye el *Museión*, que reúne bajo un mismo techo a más de veinte de los principales museos del país, en una muestra excepcional que será, sin duda, una de las grandes atracciones de la Feria.

Con esta sexta edición de *Expociencia*, la A.C.A.C. espera seguir contribuyendo a crear en el país conciencia de la importancia que la ciencia y la tecnología tienen como factores esenciales para su desarrollo; así mismo, garantizar la creación de un sector productivo moderno y competitivo.

Con profunda satisfacción queremos compartir hoy con nuestros lectores, el premio que el periódico El Colombiano de Medellín ha otorgado a la A.C.A.C., en la categoría de Instituciones de Ciencia y Tecnología, dentro del marco del concurso "El Colombiano Ejemplar". Este honroso galardón, que viene a recompensar los casi treinta años de actividad de nuestra entidad, está dirigido antes que todo a nuestros fundadores, a los expresidentes de la Asociación, a los miembros de la junta directiva y a todos los socios, personas y entidades que a lo largo de los años nos han brindado su apoyo incondicional. Sea esta la oportunidad para reiterar nuestro compromiso de seguir luchando con renovado entusiasmo para contribuir a hacer de éste un país mejor.

Dr. EDUARDO POSADA F.
Presidente A.C.A.C.

NO PIERDAS DE VISTA ESTAS ACTIVIDADES

PROGRAMACIÓN PARA
MAESTROS CUPO LIMITADO

OCTUBRE 2

• *Ciencia, ficción y literatura*

Acércate a la interrelación de la ciencia, la ficción y la literatura como elementos pedagógicos para el aula.

OCTUBRE 2, 9, 16 y 23

• *Teatro de sombras*

Transforma la realidad explorando la capacidad creativa, realizando procesos para ser utilizadas en el aula.

OCTUBRE 4, 5, 6, 7 y 8

• *Biología molecular y biotecnología:*

Modernas técnicas de biología molecular y las posibilidades científicas y tecnológicas que éstas proveen.

OCTUBRE 4, 5, 6, 7 y 8

• *Internet para maestros*

Desarrolla destrezas para entrar en el mundo de internet.



OCTUBRE 16, 23 y 30

• *Espejos, lentes, cámaras y acción*

Usa y aprende de las imágenes en el aula de clase.

OCTUBRE 19

• *Enseñando a enseñar con palitos de madera*

Motiva la utilización de los palitos de madera.

NOVIEMBRE 2 al 6

• *Internet para maestros*

Desarrolla destrezas para entrar en el mundo de internet

NOVIEMBRE 6 y 13

• *Comunicación no verbal, juego y cuerpo en la práctica pedagógica*

Elementos teórico-prácticos que ayudan al fortalecimiento de la comunicación en el aula.

MARTES PEDAGÓGICO

CONFERENCIAS SOBRE TEMAS QUE INTERESAN A LA COMUNIDAD EDUCATIVA

6:00 pm. a 7:00 pm.
Entrada libre

Maloka

Ciencia + Tecnología Interactiva

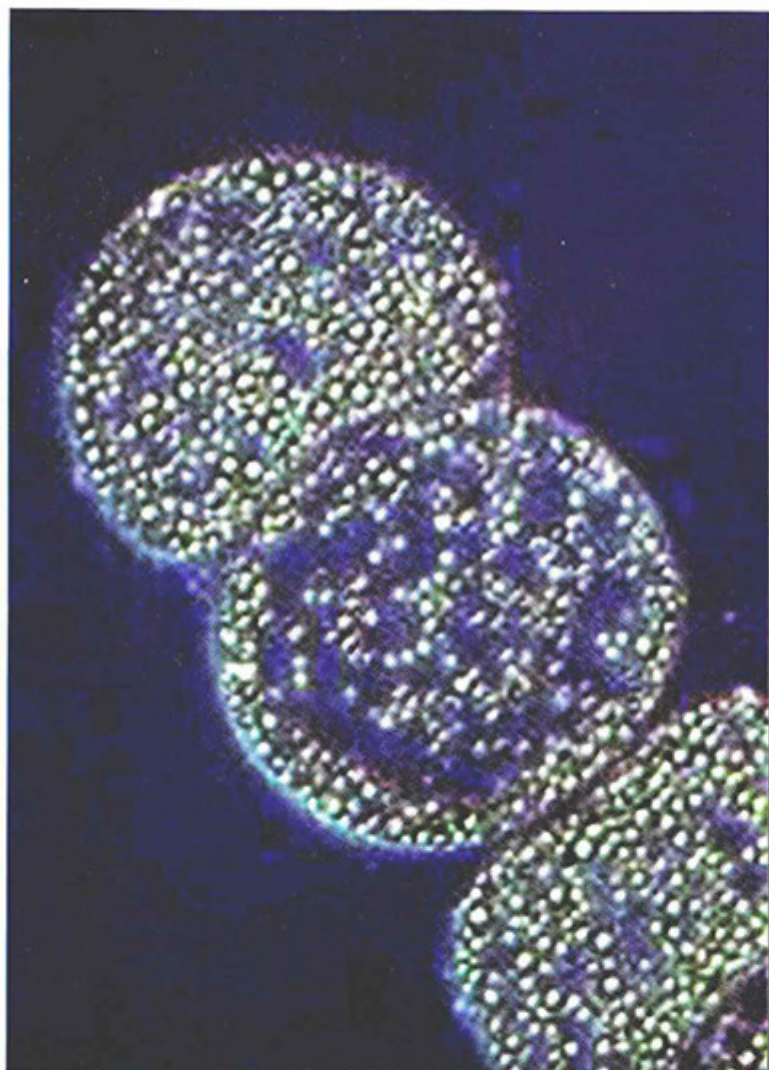
EN NUESTRA TEMPORADA DEL MAR

todos los jueves a las 6:00 p.m. tienes una cita en Maloka para participar en nuestras charlas marinas. / *Entrada Libre.*

¿Te interesa la astronomía, el internet, el grabado, la navegación o simplemente pasar una tarde de domingo haciendo máscaras?

Llama y pregunta por nuestros talleres para niños, niñas, jóvenes y familias.





*Una
bacteria
gigante
“azufrada”*

Thiomargarita

“La perla de azufre de Namibia”

Las bacterias son, en general, microorganismos aparentemente sencillos y por esta razón han servido como modelos de trabajo en el laboratorio; por su intermedio ha sido posible entender muchos fenómenos biológicos que conciernen a todos los seres

vivos y en especial a la raza humana. Una de las características que más llama la atención es que pueden vivir en ambientes altamente inhóspitos, en los cuales incluso pueden favorecer la supervivencia de otros microorganismos. Desafortunadamente, en algunos casos, se ha observado que este proceso

puede traer consecuencias negativas al ocasionar enfermedad tanto en humanos, como en plantas y animales.

Las bacterias son importantes e interesantes en su propio contexto, pues juegan un papel primordial en el equilibrio del clima y en la ecología, ya que son esenciales para

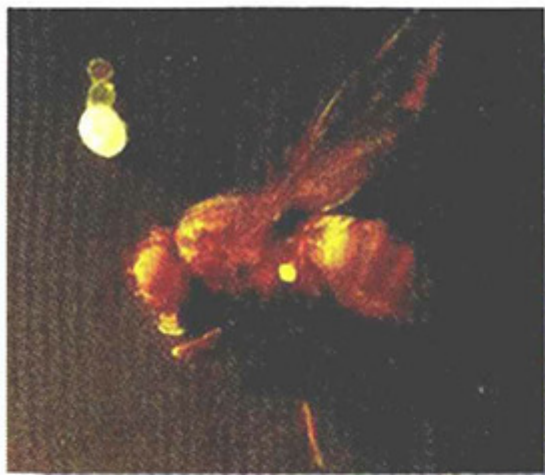


Figura 1. La imagen brillante es una bacteria simple de Thiomargarita de 0,5 mm de ancho cuyos brillos blancos se deben a su contenido de azufre.

el funcionamiento de los ciclos del carbono, del nitrógeno y del azufre. En el primero porque tienen habilidades para degradar polímeros naturales recalcitrantes como la celulosa y la lignina; en el segundo, porque son los únicos organismos capaces de "fijar" el nitrógeno atmosférico y convertirlo en amonio, el que a su vez se emplea en la

año merece destacarse. Éste se refiere al descubrimiento de poblaciones de una bacteria gigante, que se presentan en biomasas y que fueron localizadas en los sedimentos coralinos de las costas de Namibia (Sur África). Lo más sorprendente es que la mayoría de estos microorganismos tiene un diámetro entre 100 a 300 μm (0,1 a

Estas bacterias
cumplen un papel
importante en el
acoplamiento de los
ciclos del azufre
y del nitrógeno.

denominación para el género y la especie de este microorganismo: *Thiomargarita namibiensis*, lo que, en términos comunes equivaldría a "La perla de azufre de Namibia".

Estudios morfológicos realizados en el laboratorio, con el empleo de modernas técnicas de microscopía, revelaron que las bacterias están conformadas por cadenas lineares compuestas por doce células en promedio; algunas veces estas cadenas se ramifican o se enrollan en forma de una esfera gigante.

Mas aún, en algunas cadenas una bacteria puede alcanzar un diámetro de 750 μm , aunque también se encuentran aisladas con ese diámetro. Estas novedades no sólo se limitan al tamaño, pues también el citoplasma de las células está reducido a una capa de 0,5 a 2 μm de grosor debido a la presencia de una vacuola central líquida, en la cual se acumulan los nitratos, y que constituye el 98% del volumen de la célula. En el citoplasma están localizados los glóbulos refractivos, que almacenan el azufre, y que le dan el viso

característico observado macroscópicamente. Adicionalmente, las células que conforman las cadenas, están unidas entre sí por una cubierta mucosa, pero sin adherirse las unas a las otras ya que constituyen elementos individuales.

T. namibiensis aún no ha podido ser aislada en cultivo puro; es decir, en el laboratorio, aunque se la ha mantenido viable en su sedimento natural por cerca de un año. Allí, a esos sedimentos se les suministran nitratos y azufre para lograr su reproducción, y como resultado su número se duplica en una o dos semanas. Además, sobreviven, sin crecer, por más de dos años, siempre y cuando el sedimento se conserve a 5°C en su

elaboración de compuestos nitrogenados de gran importancia como las proteínas y los ácidos nucleicos. No obstante el progreso realizado en el campo de la microbiología, sólo ahora empezamos a entender el mundo bacteriano que nos rodea y del cual se estima que conocemos una mínima parte, es decir, cerca del 1%; se acepta que el diámetro promedio de una bacteria esta entre 0,2 y 3,0 μm (μm = 0,001mm); por esto, el informe que dio a cono-

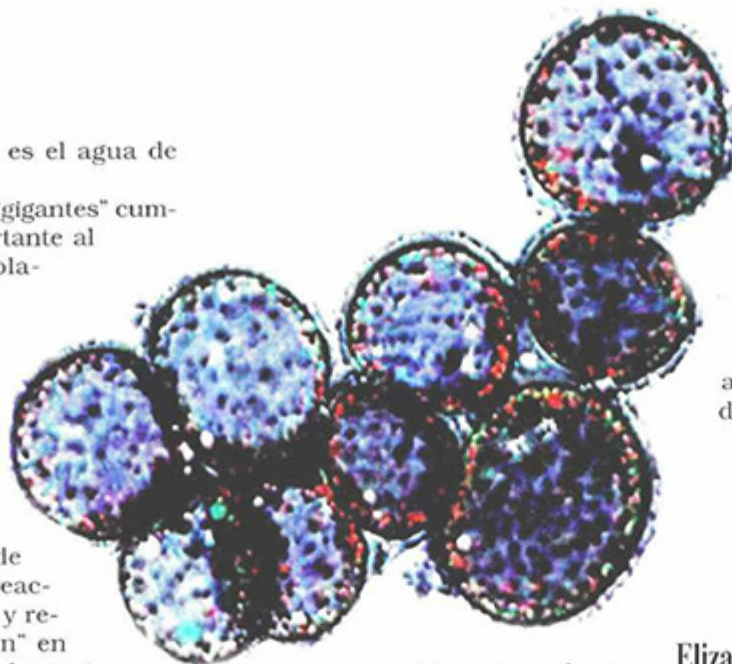
0,3 mm), es decir 100 veces mayor que el asignado a una bacteria.

De acuerdo con la descripción de los investigadores, la bacteria puede ser observada a simple vista en estos sedimentos, en los que aparece como un collar de perlas con visos blancos, tales visos fueron identificados posteriormente como glóbulos refractivos, por su capacidad para almacenar azufre. Por lo tanto, los investigadores han sugerido la siguiente

namibiensis

medio natural, que es el agua de mar.

Estas bacterias "gigantes" cumplen un papel importante al desarrollar el acoplamiento de los ciclos del azufre y del nitrógeno, los cuales se consideraban, hasta hace muy pocos años, que sólo ocurrían individualmente en los océanos. A través de estos ciclos (con reacciones de oxidación y reducción) se "reciclan" en el medio ambiente elementos claves para la vida. *T. namibiensis* y otras bacterias especializadas que comparten la capacidad de almacenar azufre, asumen lo que se considera un "reto ecológico" al oxidar los sulfuros con los nitra-



tos, a pesar de que estos elementos no comparten las mismas zonas en el océano. Sin embargo, estas bacterias superan esta dificultad porque tienen la capacidad de almacenar los dos compuestos en su citoplasma. Hasta el

momento, estudios recientes permiten especular que estas bacterias se encuentran ampliamente difundidas en las costas.

El papel que estos microorganismos desempeñan en la conservación del medio ambiente debe ser valorado cuidadosamente ya que representan un sistema ecológico de gran importancia.

Elizabeth Castañeda del G.
Laboratorio de Microbiología,
Instituto Nacional de Salud,
Santa Fe de Bogotá, D.C.

e-mail:
ecastaneda@hemagogus.ins.gov.co



89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría

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



FUNDACION ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR

PREMIOS 1999

Solidaridad

Patrulla Aérea Colombiana Antioquia. Medellín
Grupo de Teatro Esquina Latina. Cali

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Retroalimentación dinámica entre el Fenómeno
El Niño/Oscilación del Sur y la Hidrología de Colombia.
Germán Poveda Jaramillo.

Ciencias Sociales y Humanas

Los Nukak: nómadas de la Amazonia colombiana.
Gabriel Cabrera, Carlos Franky, Dany Mahecha.

Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Ecología y silvicultura de las Podocarpáceas andinas de Colombia.
Adriana María Marín Vélez.

Mención de Honor

La "piscina caliente" del Pacífico Occidental durante el último glacial máximo:
contribución colombiana al problema del cambio climático global.
José Ignacio Martínez R.

Mención de Honor

Gobierno y Geografía. Agustín Codazzi y la Comisión Corográfica de la Nueva
Granada.
Efraín Sánchez Cabra.



FUNDACION
ALEJANDRO ANGEL ESCOBAR

Carrera 7 No. 71 - 52 Torre A Of.: 406
•Teléfonos: 3120151 - 3120150 •Fax: 3120152 A.A. 250097
E-Mail: faae@faae.org.co - URL:<http://faae.org.co>
•Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

Primeros pasos en la construcción de un

l^os de rayos gamma



Láser es una sigla, que como ocurre con frecuencia en la actualidad, se forma a partir de las iniciales de las palabras en inglés *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Fue tomada por analogía con otra sigla anterior: máser, que de igual forma significa *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*.

El máser funciona por los mismos principios básicos que el láser, pero por supuesto, emite ondas electromagnéticas con frecuencia correspondiente a la región de las microondas en el espectro electromagnético, en tanto que el láser emite radiación infrarroja, visible y en algunos casos ultravioleta.

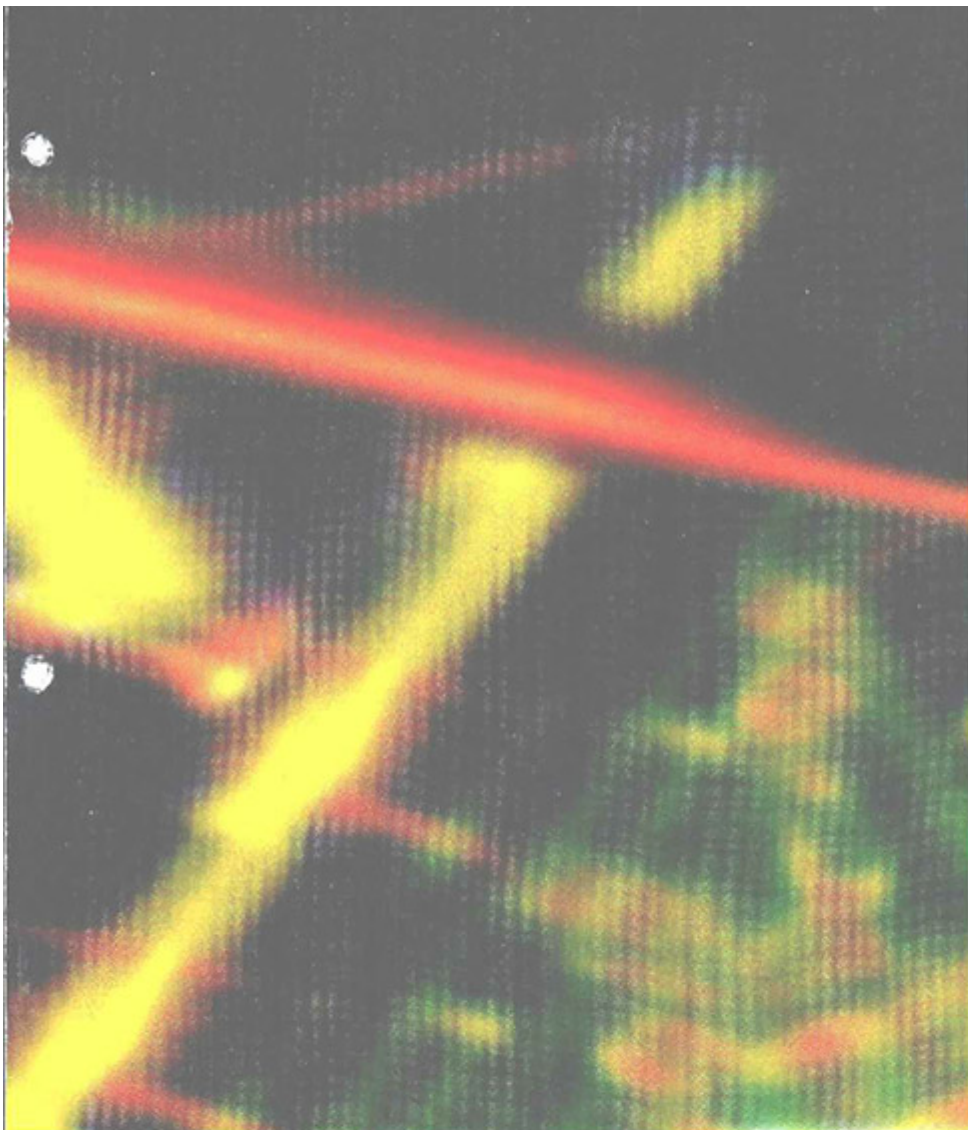
La propiedad más importante de la luz del láser es su coherencia.

Los rayos de luz individuales son todos de la misma frecuencia (color) y están todos en fase, lo que implica por un lado que los rayos no se disipan a medida que se propagan y, por lo tanto, pueden viajar largas distancias sin disminuir su intensidad. Además, pueden concentrar mucha energía radiante en un foco muy puntual. La energía radiante es la energía que puede transportar una onda electromagnética, entre más alta sea la frecuencia de la onda, más energía transporta. Por eso se acostumbra a dividir el espectro electromagnético en diferentes regiones: ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X, y rayos gamma en una primera aproximación.

La historia del láser comienza durante la primera Guerra Mundial, cuando Albert Einstein predice la

emisión estimulada de luz; sin embargo, las ideas de Einstein sólo tuvieron interés académico hasta en la década de los cincuenta cuando Charles H. Townes diseñó y construyó el primer máser. A partir de entonces, se inició una "carrera" por construir dispositivos de emisión estimulada que emitieran radiación de más alta frecuencia.

Theodore Maiman construyó en 1960, el láser de rubí, pero hoy éste es solamente uno de los tantos modelos de láser que utilizan una técnica llamada bombeo óptico. En la actualidad se emplean tres tipos principales de láseres: láseres de bombeo óptico, los cuales pueden ser cristalinos, de vidrio, de líquido y de gas o de plástico; láseres de gas de bombeo por radiofrecuencia o por corriente continua y láseres de diodo semiconductor.



**La única manera
de hacer que los átomos
emitan radiación gamma
coherente, es manipulando
su núcleo.**

El láser de gas emite la luz más coherente, usualmente en la región infrarroja, por lo tanto, es empleado en investigación científica. Los láseres bombeados ópticamente son empleados cuando se requiere alta energía, tal como para fundir metales y ejecutar operaciones delicadas

en el ojo. El láser de bombeo óptico más usado es el de rubí. Es uno de los pocos láseres que puede emitir luz visible. Finalmente, los láseres de inyección (diodos semiconductores) pueden producir una gama completa de frecuencias coherentes de salida dentro de las regiones roja e infrarroja del espectro, utilizados principalmente en comunicaciones.

Recientemente, se han desarrollado láseres semiconductores que realizan la emisión en la región verde-azul, utilizando dispositivos de baja dimensionalidad, los cuales fueron registrados en el número 2 de la revista *Innovación y Ciencia* del año pasado. Por otra parte, un equipo de investigadores de diferentes países ha demostrado que un isótopo de hafnio-178, extraído de los desechos radioactivos de los aceleradores de partículas, puede liberar energía almacenada en su

núcleo en forma de radiación gamma, con energía 1.3 millones de veces más grande que la energía de la radiación que emite un láser convencional; el problema ahora es que esta radiación no es coherente. "Se parece más a un *flash* de rayos gamma." Dice Paul Kepple del Laboratorio Naval de Investigaciones en Washington, D.C. Pero él y el físico Carl Collins del Centro de Electrónica Cuántica de la Universidad de Texas, y líder del equipo, piensan que si se logra entender y controlar el complicado movimiento de energía dentro del núcleo, podrán construir un láser utilizando el hafnio-178.

La única manera de poder hacer que los átomos emitan radiación gamma coherente es manipulando su núcleo, haciendo que una gran cantidad de éstos núcleos se deformen a unos estados excitados llamados isómeros y permitiendo que se "relajen" a su forma original todos a la vez. Collins y sus colegas han encontrado que la forma para hacer que todos los núcleos vuelvan a su forma original de manera simultánea emitiendo un fotón de rayos gamma es "disparando" este proceso con rayos X. Si el núcleo excitado de hafnio-178 absorbe un fotón de rayos X, éste emite un fotón de rayos gamma y vuelve a su estado no excitado.

Actualmente se está preparando la parte experimental para entender un poco más la interacción de los rayos X con el estado isomérico del hafnio-178.

Dice Collins "No sólo es la eventual construcción de un láser de rayos gamma. Esto puede abrir las puertas a una nueva área de investigación que algunos llaman Nucleónica Cuántica, que es la manipulación precisa de la estructura nuclear."

Juan Carlos Salcedo R.

Físico,

Universidad Nacional de Colombia,

Santa Fe de Bogotá, D.C.

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

La Década de

te. Así mismo, otras asociaciones profesionales de científicos sociales y del comportamiento adhirieron a esta iniciativa como las siguientes: Asociación para el análisis del comportamiento, Consorcio de asociaciones de ciencias sociales (trece sociedades científicas), Consejo de egresados de los departamentos de psicología (más de 350 sociedades), Federación de lo relativo a la conducta, Ciencias psicológicas y cognitivas (diecisiete sociedades), Sociedad de ergonomía y factores humanos, Sociedad lingüística de América, Sociedad para la investigación del desarrollo infantil, Comité nacional de psicología norteamericano, etc. En otras palabras, la Década de la Conducta abarcará todas las ciencias sociales y del comportamiento, liderados por la psicología.

Además, los institutos nacionales de salud de Estados Unidos también apoyan esta iniciativa que se espera tenga una pronta aprobación por parte del Congreso norteamericano y del Presidente Clinton.

El primer objetivo para llevar a cabo este proyecto se fundamenta en la necesidad de apoyar aún más la *investigación básica y aplicada* con el fin de conocer mejor el comportamiento humano y las leyes que lo rigen. Es preciso entonces, que las entidades que financian investigación científica como la Fundación Nacional de Ciencias en Estados Unidos, entre otras, den respaldo prioritario a las ciencias del comportamiento; pues es indudable que muchos de los problemas de nuestros días, que atacarán con más fuerza en el siglo XXI, se relacionan con este tema. La crisis de la

La próxima década, la primera del siglo XXI, será la "Década de la conducta". En la misma forma como la década que está terminándose (1990-2000) fue declarada la "Época del Cerebro". Es importante recordar que en estos diez años se han llevado a cabo más descubrimientos acerca del cerebro, y de todo el sistema nervioso central, que en todas las décadas anteriores de la historia. Por lo tanto, se espera que suceda algo similar durante los próximos diez años en el estudio de la conducta.

La iniciativa fue propuesta por el directorio de ciencia de la Asociación americana de psicología (APA), bajo la dirección de Richard McCarty, entidad que más tarde la aprobó oficialmen-



la Conducta

educación, la violencia, las enfermedades de transmisión sexual, la drogadicción y el alcoholismo, la discriminación en todas sus dimensiones y los problemas laborales y sociales pueden encontrar en las ciencias del comportamiento una respuesta que permita en forma decisiva, no sólo comprender estos graves problemas humanos, sino hallarles solución.

En segundo término, el énfasis educativo es otra de las prioridades de la Década de la Conducta, ya que es preciso que el público en general entienda qué es la psicología y otras ciencias del comportamiento. En este sentido, se va a emprender un amplio programa de *Educación científica*, que pretende despejar las imágenes erróneas que se han difundido acerca de la psicología y de otras disciplinas que estudian el ser

humano, su conducta y su entorno social.

El tercer objetivo se refiere a la *formación de nuevas generaciones de investigadores*, el cual busca, ante todo, atraer a las personas con alto interés científico y grandes capacidades para que estudien carreras como psicología, antropología, lingüística, sociología, economía, ciencias políticas y demás ciencias de la conducta. En esta forma se tendrá una nueva generación de investigadores con talento y excelente formación. Para ello, es preciso ofrecer programas de financiación para estos estudiantes, fomentar la investigación universitaria y apoyar las iniciativas estudiantiles al respecto.

La organización de este proyecto está a cargo del Comité Nacional de la Década de la Conducta



(NAC), con miembros de más de treinta asociaciones científicas. La presentación de la agenda general de la "Década de la Conducta" está programada para el segundo semestre de 1999, la cual incluye los esfuerzos de apoyo federal, las prioridades de investigación científica y la campaña de educación para el público en general.

La Década 1990-2000 fue la "Década del Cerebro" y los resultados han sido altamente promisorios. Es hora, entonces, de pasar del cerebro al comportamiento.

.....

Rubén Ardila A. Ph. D.
Psicólogo Investigador,
Universidad Nacional de Colombia,
Santa Fe de Bogotá, Colombia.
e-mail: rardila@bacata.usc.unal.edu.co



**El Árbol Nacional
de Colombia
en peligro
de extinción**

La palma de cera *Ceroxylon quindiuense* es una de las numerosas especies de palma que crecen en nuestro país y fue declarada "Árbol Nacional de Colombia" por la ley 61 de 1985. Es la mayor entre todas las palmas del mundo y los palmares que aún permanecen son un espectacular atractivo del paisaje andino.

A finales de los años ochenta la Fundación Herencia Verde inició campañas de preservación y estudios diagnósticos sobre el estado de los bosques de palma de cera en la Cordillera Central del departamento del Tolima, reportando la región de Roncesvalles como la más afectada por un mal no identificado que produce el secamiento de la palma y que está reduciendo de manera significativa las poblaciones de la palma de cera.

Conscientes de la extensión y gravedad del problema, la Fundación hizo un llamado internacional que fue atendido por CAB International, organización intergubernamental inglesa que provee servicios científicos en agricultura, silvicultura y salud. Los autores iniciaron a finales de 1997 un proyecto en cooperación, con el fin de determinar la situación de los rodales de palma de cera en la Cordillera Central, donde se encuentra concentrada la mayor densidad de palmas de cera en el país.

Las visitas realizadas a los rodales a lo largo de la Cordillera Central desde la zona rural de Salamina (Caldas) hasta Tenerife (Valle del Cauca), nos permite concluir que la enfermedad se encuentra diseminada en mayor o menor grado en todas las zonas. Así mismo, utilizando una escala de 0 a 4 para estimar el grado de desarrollo de la enfermedad y empleando binoculares para hacer los muestreos, se logró determinar la severidad en las

diferentes zonas (figura 1). Este estudio demostró que la enfermedad se presenta tanto en las palmas de los bosques como en aquellas palmas aisladas que se encuentran en los potreros.

La zona de Roncesvalles (Tolima) se presentó como la de mayor incidencia de la enfermedad, en algunas áreas más de la mitad de las palmas están enfermas y muchas de ellas no presentan penacho. Mientras el área aparentemente más sana, y donde se encuentran los bosques de palma de cera más poblados del país, es la zona de Toche (Tolima).

Existen varias teorías sobre la causa del secamiento que abarcan desde problemas de desequilibrio nutricional por estrés hasta hongos patógenos, y a pesar de que algunas instituciones de la región han llevado a cabo estudios sobre este problema, ninguno ha sido adecuado, o al menos los resultados de las investigaciones no han sido publicados en revistas especializadas.

Para conocer sobre las posibles causas, tomamos datos en las diferentes zonas a más de 200 palmas individuales que se marcaron para posteriores visitas y futuras investigaciones. En este es-

tudio no se encontró ninguna relación entre la presencia de galerías de *Phloeotribus* sp. coleóptero escolitido que perfora el estipite de la palma, y la presencia de la enfermedad. Este insecto barrenador ha sido sugerido como transmisor del hongo *Ceratocystis*, un posible causante del secamiento.

El aislamiento de hongos dio como resultado los géneros *Fusarium* y *Ceratocystis*, pero se precisa de un trabajo de laboratorio mucho más profundo para determinar el papel de estos hongos que aunque son bastante frecuentes en las plantas, no necesariamente producen daño. Por otra parte, una muestra del cogollo vivo de una palma en estado 4 (todas las hojas muertas) fue analizada para presencia de fitomonas, causante de secamientos en otras especies vegetales, por el doctor Niegel Harrison de la Universidad de Florida y el resultado fue negativo.

De nuestro trabajo concluimos que el marchitamiento se encuentra generalizado en la Cordillera Central y los rodales que todavía persisten de nuestro árbol emblema están en peligro de desaparecer. Basados en los datos obtenidos, podemos determinar que una vez la palma empieza a marchitarse, su secamiento se produce en cuestión de meses.

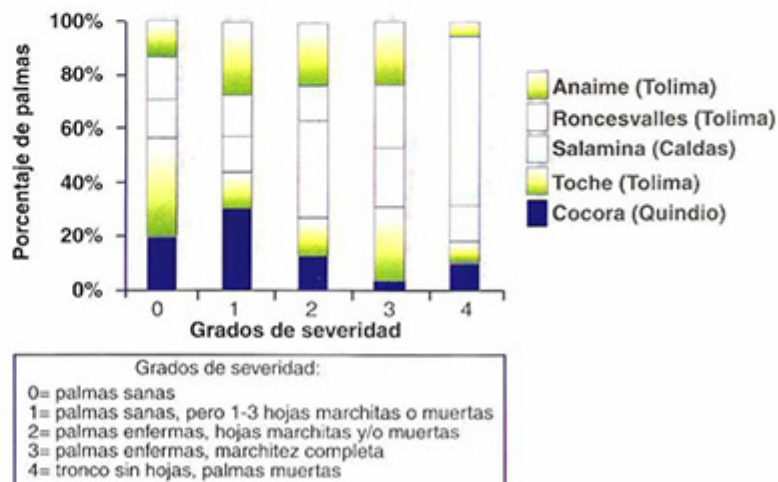
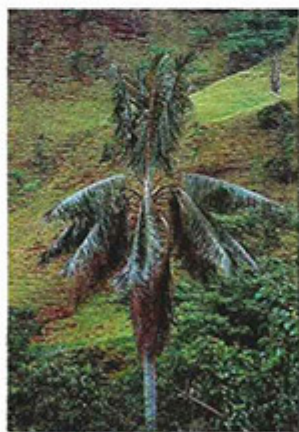


Figura 1. Severidad del problema fitopatológico de la palma de cera en varias regiones de la Cordillera Central.



Resultados de investigaciones anteriores informan que la destrucción de los bosques naturales amenaza la supervivencia de esta especie, pues algunos usos que se han dado a diferentes partes de la palma (principalmente el uso de las hojas jóvenes el Domingo de Ramos) también han contribuido notablemente a la disminución de las poblaciones, pero debemos considerar que es la enfermedad la mayor amenaza teniendo en cuenta que su presencia ha sido detectada solo en años recientes, que se encuentra en todas las zonas estu-

diadas de la Cordillera Central, y que llega a afectar un alto porcentaje de la población de forma relativamente rápida.

Según el informe "Lista de especies de plantas colombianas en peligro", en su versión de agosto de 1998 del Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", la palma de cera *Ceroxylon quindiuense* está considerada en la categoría VULNERABLE, conclusión que posiblemente no considera el grave problema fitopatológico que afecta la especie. De tener en cuenta este factor, la palma de cera debería clasificarse en la categoría EN PELIGRO CRÍTICO, ya que enfrenta un riesgo sumamente alto de extinción.

La Universidad del Quindío adelanta estudios sobre la historia natural de la palma, pero los aspectos fitopatológicos requieren de expertos en el tema y financiación a largo plazo que la institución no posee. La protección de la palma de cera requiere de acciones concretas y efectivas con la colaboración de todos: conservacionistas, científicos, agricultores y autoridades civiles y eclesiásticas. Sin su compromiso, nuestro espectacular emblema nacional está condenado a desaparecer.

César Rodríguez T. M.Sc.

Entomología

Director Programa de Biología y Educación Ambiental,

Universidad del Quindío, Armenia.

e-mail: ceroto@uniquindio.edu.co

Eric Boa, Ph.D.

Patólogo Forestal,

CAB International, Egham,

Reino Unido.

e-mail: eboa@cabi.org

Lecturas recomendadas

Madriñan, S. y Schultes, R.E.: *Colombia's National Tree: The Wax Palm Ceroxylon quindiuense and its relatives.* *Elaeis* 7:35-56; 1995

Rojas, L.M.: *Secamiento de la palma de cera Ceroxylon quindiuense y su relación con los procesos de alteración antrópica en los bosques andinos colombianos. Informe Final, Fundación Herencia Verde, Salento, 1995.*

Bernal, R.G.: *Las palmas de cera del Quindío.* *Revista Lámpara, Vol XXVII(110): 23-29; 1989.*

Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

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

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS
243 88 51 - 341 03 04 - 341 55 34
CORREOS FAX 209994

LA FUNDACIÓN CORONA

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

CON ESTE PROPÓSITO TRABAJA
EN LAS SIGUIENTES ÁREAS:

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

FUNDACIÓN CORONA

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

Teléfono: 610 5555 - Fax: 610 7620 - Bogotá

e-mail: fundacion@corona.com.co

www.fundacioncorona.org.co

desarrollo empresarial



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

educación



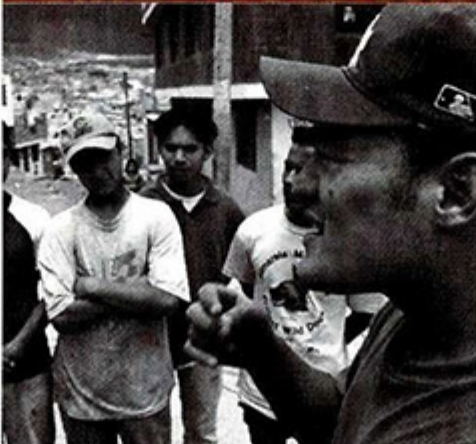
*Contribuye a mejorar la calidad
de la educación básica y
la pertinencia de la formación
para el trabajo.*

salud



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

gestión local y comunitaria



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

WEB

Novedades en Ciencia

<http://www.uke.uni-hamburg.de/virtualmummy>

Realidad virtual y estudio de momias

Los computadores han demostrado ser la herramienta más completa para la solución de problemas en muchos campos de investigación y más aún en la reconstrucción de momias y de piezas arqueológicas.

Los métodos computacionales no sólo ayudan a científicos en el estudio de momias sin afectar sus características propias, sino también hacen posible la creación de momias virtuales.

Un ejemplo, que puede ser visto en la pagina recomendada bajo el título: «The Secret of the Mummies - Eternal Life at the Nile», resume el estudio de una momia mujer de aproximadamente 30 años de edad, con una antigüedad cercana a los 2300 años.

Usando herramientas de computación, un equipo de científicos de la Universidad de Hamburgo, (Alemania), disectó una momia correspondiente a una mujer Egipcia. Una década atrás el grupo inició el proceso de captura de imágenes a través de un *scanner* para tomografía computarizada, luego, combinaron y colorearon las imágenes almacenadas.

Gracias a la captura de estas muestras, es posible desde su terminal y a través de Internet, mover el mouse y ubicarse en la sección deseada con el ánimo de observar imágenes en detalle, allí encontrará además imágenes donde se han realizado reconstrucciones de la mujer a la que corresponde.

La dirección es: WWW.uke.uni-hamburg.de/virtualmummy

Otras direcciones de páginas recomendadas relacionadas con el tema son:

www.rom.on.ca/egypt/mummy/mum1.html
www.rosicrucian.org/mus-plan/museum/mummy2.html
www.geocities.com/Athens/7837/mummy.html
www.artsmia.org/mythology/slide1.html
www.rosicrucian.org/mus-plan/museum/mummy1.html



<http://www.w3.org/>

Un héroe anónimo de internet: Tim Berners-Lee, diseñador de la web

Es difícil imaginar que el World Wide Web, una parte de Internet que combina texto, gráficos y enlaces point-and-click hacia otros documentos, era casi desconocido tres años atrás. El servicio, hoy en día citado casi a diario en TV, periódicos y revistas, definitivamente ha pasado a ser un tema de importancia, y varias de las personas responsables de su éxito fueron reconocidas.

El World Wide Web fue desarrollado originalmente en el European High Energy Particle Physics Laboratory (CERN) en Ginebra, Suiza, como una herramienta para trabajo en colaboración con los científicos. Utilizando el recientemente desarrollado sistema, los investigadores podían no solo poner documentos en Internet, sino también integrar gráficos y proporcionar enlaces hacia otras fuentes y documentos relacionados de una manera en la que nunca lo hubieran podido hacer con Gopher, el sistema predominante en esa época.

En 1989, el científico de la CERN, Tim Berners-Lee, propuso el sistema que se convertiría en el *World Wide Web*. Muy pronto fue apoyado por otro científico de la CERN, Robert Cailliau, quien se concentró más en las metas principales de proporcionar herramientas para la comunidad de físicos, mientras que Berners-Lee continuó un trabajo de desarrollo del Web más amplio.

Después de presentado, el sistema ganó adeptos rápidamente entre la comunidad científica, y posteriormente se extendió mucho más, hasta que el National Center of Supercomputing Applications en los Estados Unidos desarrolló el browser Mosaic.

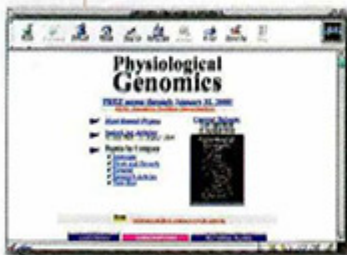
Actualmente, el *World Wide Web* todavía tiene una gran cantidad de datos y documentos científicos,

y ha crecido tanto que se ha convertido en un repositorio de todo tipo de información, desde servicios de noticias hasta tiendas para las compras virtuales.

La arquitectura abierta del sistema permitió la integración de otros protocolos Internet y la extensión a múltiples formatos de *media*. El diseño también incluyó un mecanismo general para acceder a bases de datos y acceder software externo. El *World Wide Web* se ha convertido, en menos de cinco años de su concepción, en una de las aplicaciones más ampliamente utilizadas en la Internet global, con miles de servidores y millones de usuarios.

Nadie hubiera imaginado que allí surgiría la revolución informática conocida como la *World Wide Web*, que ha alterado a toda la civilización, sus culturas y el mundo de los negocios. A diferencia de muchos otros inventos que han conmovido al mundo, éste fue obra de un solo hombre, casi anónimo y solitario Berners-Lee, él la diseñó, la lanzó al mundo y luchó para que siguiera libre, abierta y sin dueño; ahí radica la importancia adicional de su labor. Tal vez se diga que su desarrollo sea uno de los inventos más grandes de la humanidad, tal vez no, pero su idea ha revolucionado al mundo de hoy, y su actitud incondicional, libre y sin fines de lucro, sigue aportando a un desarrollo sin "límites" de Internet.

Para mayor información sobre aspectos generales del *World Wide Web*, puede remitirse a la sociedad fundada por Tim Berners-lee, cuya dirección es: <http://www.w3.org/>



Fisiología y genética:

<http://www.physiolgenomics.org/>

En este lugar se puede encontrar bastante información sobre temas de fisiología y genética, con amplios artículos y papers referentes al área.

<http://www.planetary.org/Spanish/eindex.html>.

La Sociedad Planetaria en la red

Una excelente página dedicada a los últimos descubrimientos en astronomía, así como a noticias, conceptos básicos, eventos y hasta calendarios de sucesos astronómicos. Se puede encontrar en Español y su dirección es: <http://www.planetary.org/Spanish/eindex.html>.

Esta página está diseñada específicamente para aquellos inquietos en temas de astronomía. Aquí encontrarán traducciones del material en inglés, al igual que artículos escritos originalmente en español, dedicados especialmente para los miembros hispanoparlantes de La Sociedad Planetaria.

El mundo Ibero-latinoamericano tiene una larga tradición de descubrimientos y exploración espacial, incluyendo contribuciones muy importantes en estudios espaciales ultraterrestres.

La Sociedad Planetaria fue fundada en 1980 por Carl Sagan, Bruce Murray, y Louis Friedman para motivar tanto la exploración de nuestro sistema solar como la búsqueda de vida extraterrestre.

La Sociedad es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro, que está financiada por cuotas de membresía y donaciones de individuos

de todo el planeta. Con más de 100,000 miembros en más de 140 países, es el grupo de interés espacial más grande del mundo. La membresía está disponible a todas las personas interesadas en esta misión.

La Sociedad motiva a los países navegantes del espacio a explorar otros mundos, provee información al público y apoya actividades educacionales sobre la exploración del sistema solar y la búsqueda de vida extraterrestre. Además, apoya y provee los fondos para novedosos e innovadores proyectos de desarrollo e investigación, que puedan servir como la semilla de futuros proyectos de exploración planetaria.



Ahora sus e-mail hablan:

En este lugar encontrará un excelente programa a bajo costo, que le permitirá por medio de su voz y en su propio idioma crear mensajes de e-mail en audio. Simplemente hablando podrá comunicarse con otras direcciones, además de incluir efectos de sonido y música a sus mensajes. Por medio de la multimedia también podrá ver la imagen de la persona con la cual se está comunicando. La dirección es:

www.bonzi.com



Nuevo sitio especializado en música:

Audiohigtway es un sitio donde se puede encontrar música de diferentes géneros y en diferentes formatos MP3 entre otros. También se puede comprar lo último en música, e incluso canciones individuales. La dirección es:

www.audiohigtway.com

Biotechnología:

Para aquellos a quienes les interesa la biotecnología y quieren conocer los últimos avances, métodos y toda la información referente a este tema, pueden consultar las siguientes direcciones:

- Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental – CENICA. México – Japón: <http://www.cenica@ine.gob.mx>
- Noticias ambientales: Prensate: <http://www.minambiente.gov.co/prensate/>
- Protocols Molecular Biology Applications: <http://biology.meehow.org/wonderful/protocols/pcrtech.html>
- Memoria Institucional Ministerio del Medio Ambiente: <http://rds.org.co/mmo.html>

Nota: Para mayor información dirijase a: usi@mafalda.univalle.edu.co

Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea
**INNOVACION
Y CIENCIA**

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

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



Vistazos

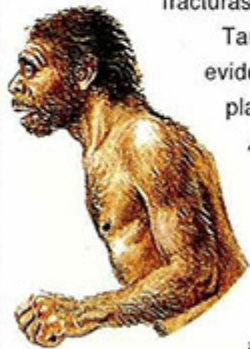
Ciencia y Tecnología

PALEOANTROPOLOGÍA

Descubierta conexión entre los géneros Australopithecus y Homo

Un equipo de cuarenta científicos, bajo la dirección del norteamericano Tim White y el etíope Berhane Asfaw, logró el descubrimiento de una nueva especie que permite conectar los géneros Australopithecus y Homo. El hallazgo fue publicado en la revista *Science* (No. 5414) del 23 de abril de 1999.

La expedición llevada a cabo entre 1966 y 1998, encontró los restos de seis homínidos, de 2,5 millones de años, que fueron llamados *Australopithecus garhi*. *Garhi* significa sorpresa en la lengua afar de Etiopía. El equipo de científicos encontró a su vez fósiles de animales con marcas de fracturas hechas con herramientas.



Tanto las características morfológicas del *A. Garhi* como las evidencias de cacería han llevado a los paleontólogos a plantear un puente entre dos viejos descubrimientos: el *A. afarensis*, desaparecido hace tres millones de años, y el *H. Habilis*, el representante del género Homo más antiguo, con dos millones de años.

Australopithecus garhi mezcla rasgos de simio, como los brazos largos, y rasgos humanos, como las piernas largas. Pero la combinación que llevó a los investigadores a plantear una nueva especie fue un cráneo pequeño con premolares y molares enormes. Adicionalmente, el uso de herramientas es el más antiguo conocido.

Según explicó el reconocido paleontólogo español Juan Luis Arsuaga al diario *El País* de Madrid, el hecho de que en esa zona no había abundancia de piedras para tallar, permite inferir que esta especie ya transportaba sus herramientas en previsión de una posible utilización. Es decir, ya presentaban un comportamiento planificador. ✕

TELECOMUNICACIONES

Sony le apunta al mercado de las telecomunicaciones

La multinacional japonesa de la electrónica Sony declaró su intención de crear una infraestructura independiente de telecomunicaciones para suministrar servicios que conecten terminales personales y locales con las líneas de alta capacidad de transmisión ya existentes.

El Ministerio de Correos y Telecomunicaciones señaló que acordará una concesión a Sony para suministrar esos servicios.

Sony se convertirá en el primer fabricante japonés de productos eléctricos y electrónicos que obtiene una concesión para convertirse en un operador de telecomunicaciones, señaló una fuente ministerial.

El sistema utilizará comunicaciones aéreas para unir los ordenadores y equipos de sus suscriptores a una red de fibra óptica, a través de una serie de repetidores fijos, señaló Sony en un comunicado.

La instalación no requerirá cableado, lo que la convertirá automáticamente en un sistema más barato que las infraestructuras convencionales. Fuente: Tokio (Afp). ✕

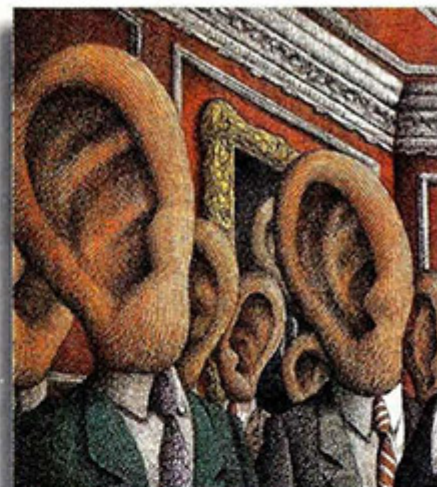
Antenas inteligentes

Si bien los avances tecnológicos en investigación se dan poco a poco, este año Bell Labs asegura que tuvieron un progreso espectacular, pues probaron una teoría en comunicación, desarrollada durante los tres años anteriores, la cual tendrá importancia primordial en el futuro.

El empleo de antenas transmisoras y receptoras fue el éxito de la comunicación inalámbrica, pero su alcance estuvo limitado por el tamaño y la capacidad de las mismas, sobre todo en edificios y zonas cuya ubicación física planteaba problemas de distribución de equipo y personal. El novedoso hallazgo de los Laboratorios Bell, que se conoce como *antenas inteligentes*, implica precisamente la miniaturización y el aumento en su número, lo cual ofrece entre 10 y 20 veces más eficiencia y velocidad en la comunicación.

Esta evolución, aunque no se verá en el corto plazo como uso comercial, tiene una gran importancia, pues ofrece velocidades probadas de hasta 1.2 MB por segundo en una línea análoga tradicional, lo cual le da una capacidad de transmisión de entre 2 y 5 gigaciclos; suficiente, asegura Reinaldo Valenzuela, Director del Departamento de Investigación en Comunicación Inalámbrica de los Laboratorios Bell, para cubrir las necesidades de comunicación de toda la Internet. PC

Experto afirma que los ciegos podrían ver con los oídos



La ubicación de dos cámaras minúsculas en unas gafas, que enviarían señales eléctricas a la zona auditiva del cerebro, permitiría a los invidentes "oír aquello que no pueden ver" o ver "con los oídos", afirmó el físico José Mira, en la localidad española de Denia (Alicante). El físico, especialista en inteligencia artificial, indicó que un centro de investigación de la Universidad de La Laguna (Islas Canarias) trabaja en ello.

Mira, que dirige en la localidad alicantina el monográfico sobre *"Introducción a la inteligencia artificial y las redes neuronales"*, explicó que "la inteligencia artificial es una ciencia e ingeniería eminentemente social porque ofrece servicios, conocimientos y experiencias a muy bajo costo".

Este físico, que ostenta el cargo de jefe del departamento de esta disciplina científica de Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), también explicó que dirige desde dicho departamento el proyecto "Diagen".

Dicho programa posibilitará que cualquier persona pueda comprobar si presenta algunos de los síntomas asociados a enfermedades como la retinopatía diabética y patologías oncológicas a través de Internet y, de ser así, podrían acudir al médico antes de que el avance de la enfermedad complique su situación. Físicos, informáticos y facultativos colaboran en el desarrollo de "Diagen" que concluirá en un plazo aproximado de un año, para el diagnóstico y terapia de enfermedades. *Fuente: EFE.* PC

MEDICINA

El SIDA: cuarta causa de mortalidad en el mundo

El SIDA se ha convertido en la cuarta causa de mortalidad en el mundo y la primera en África, de acuerdo con los datos publicados por la Organización Mundial de la Salud. Hasta el año pasado, el SIDA ocupaba el séptimo lugar en el mundo y, hoy en día, solamente lo superan la enfermedad vascular isquémica, los desórdenes cerebro vasculares y las infecciones respiratorias agudas.

En África, el SIDA causó la muerte de cerca de dos millones de personas, el doble de las que mueren a causa de la malaria, enfermedad que ocupaba el primer puesto en mortalidad en el mundo.

Una de las razones por las cuales cambió la clasificación de esta enfermedad se debe a que existen mejores metodologías para estimar la mortalidad. La organización UNAIDS (Programa para el SIDA de las Naciones Unidas) considera que las nuevas infecciones causadas por el VIH (virus de inmunodeficiencia adquirida) están aumentando en una proporción de 6.000.000 al año. Infortunadamente, la comunidad internacional no ha incrementado en la misma proporción los fondos necesarios para controlar la epidemia a nivel mundial. Tomado de la revista *Science*, pag. 1101 vol 284 de 1999. *KC*

Causas de muerte a nivel mundial en 1999

- 1 Enfermedad isquémica del corazón (1)
- 2 Enfermedades cerebrovasculares (2)
- 3 Enfermedades infecciosas agudas (3)
- 4 HIV/AIDS (7)
- 5 Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (5)
- 6 Enfermedades diarreicas (6)
- 7 Condiciones perinatales (7)
- 8 Tuberculosis (4)

En paréntesis aparece el lugar que ocupaban en 1997.

FISICA NUCLEAR

Nuevo elemento superpesado

Aún no se ha confirmado la presencia del elemento 114, el cual fue anunciado recientemente, y ya investigadores del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley National Laboratory, en California, anunciaron la obtención de un nuevo elemento superpesado, el número 118. Este elemento se produjo por un nuevo método en el cual se utiliza poca energía, pero que promete obtener grandes resultados para continuar la investigación de los elementos con números atómicos 119 y superiores.

Este resultado fue obtenido de una manera muy sorpresiva, pues se pensaba que se gastaría más tiempo en encontrar elementos más pesados que el 114, el cual fue anunciado por un grupo de investigadores del Instituto para investigación nuclear, en Dubna, Rusia (*Science*, 22 de enero, p. 474) y que fue visto como un premio especial ya que permitía confirmar las predicciones de la isla de estabilidad (una región de elementos superpesados incluyendo el 114 y vecinos, que hace que los núcleos tengan una estructura interna más estable que los isótopos más livianos y los más pesados).

Este trabajo surgió cuando Robert Smola, sugirió la posibilidad de obtener

elementos como el 118 a partir de un proceso de fusión fría, al bombardear núcleos de plomo con iones de criptón, lo cual produciría unos nuevos átomos equivalentes al elemento 118. A pesar de todos sus cálculos y preparaciones para realizar el procedimiento, ellos nunca pensaron que esto llegara realmente a suceder. Dice Ken Grigorich, miembro del grupo de Berkeley "este es uno de esos experimentos en los que hay poco que perder y mucho que ganar".

Este resultado nuevamente confirma el gran futuro que tiene esta ciencia para desarrollarse. Sin duda, el futuro está muy cerca, en cuestión de física nuclear. Fuente: *Science*. *KC*

Vacunas genéticas: una enorme promesa

Las mejores vacunas producidas contra las enfermedades infecciosas son aquellas que se preparan con organismos vivos que han sido debilitados. El problema radica en que los organismos utilizados deben poseer una capacidad infecciosa tal que logre una respuesta inmune sin producir la enfermedad.

Según informa la revista *Science* de mayo 7 de 1999, un grupo de investigadores de la Universidad de California encontró en la bacteria *Salmonella typhimurium*, el gene responsable de intoxicaciones gastrointestinales en el hombre y de producir un tipo de tifo en los ratones de laboratorio. Al desactivar el gene, denominado *Dam*, la bacteria no produjo infección en los ratones y, sin embargo, sí se logró una respuesta inmune, situación ideal en la producción de vacunas.

El gene, que ha sido desactivado por los científicos, está presente en otros microorganismos patógenos y, en consecuencia, será posible producir vacunas contra varias enfermedades. Sin embargo, según afirma el director del proyecto, "falta saber si el método funciona en los seres humanos".

Varias bacterias patógenas, como *Salmonella*, tienen los llamados genes virulentos (como el gene *Dam*) que se desactivan cuando

las bacterias se cultivan en el laboratorio o en el pollo dentro de la nevera. Pero una vez entran al intestino u otros tejidos, se activan y utilizan todos los recursos del organismo que invaden para poder sobrevivir.

Para explicar por qué estas bacterias tan debilitadas pueden producir una respuesta inmune intensa, los científicos especulan que este gene se encarga de dirigir la acción de otros genes que son necesarios para producir la infección. Al desactivar el gene virulento, le es más fácil al sistema inmune detectar otros antígenos y así conferir inmunidad. Al medir la actividad del gene comprobaron que la ausencia de éste alteraba al menos la expresión de otros veinte genes implicados en conferir patogenicidad. El *Dam* actúa como un interruptor para activar y desactivar estos veinte genes. En un futuro será posible sintetizar antibióticos, a partir de drogas que bloqueen este gene.

Dado que otras bacterias como *Vibrio Cholera*, *Haemophilus influenza*, *Yersinia pestis*, *Shigella* y *Treponema pallidum*, causantes respectivas del cólera, enfermedades respiratorias y meningitis, plaga, disentería y sífilis también poseen el gen *Dam* será posible desactivarlas y dar lugar a vacunas efectivas contra estos patógenos. **KC**

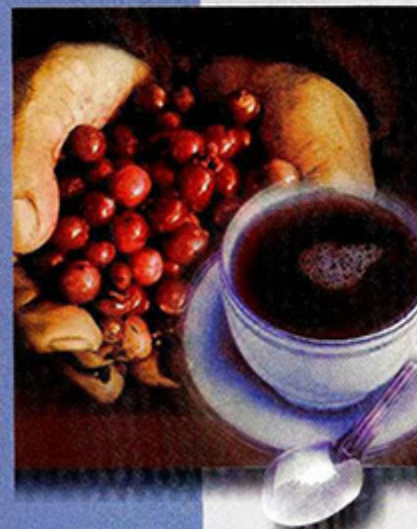
AGRICULTURA

Nuevo Centro de Investigación sobre el café

Al finales de 1999 la Universidad de Vanderbilt en Estados Unidos inaugurará el Instituto de Estudios del Café. Aparte de la cafeína, que ha sido estudiada ampliamente, el café contiene otras sustancias a las cuales no se les ha dado la debida importancia. Los científicos están particularmente interesados en los ácidos clorogénicos que han sido asociados con algunos de los efectos benéficos de esta bebida. Por ejemplo, un equipo de investigadores de la Universidad de Harvard encontró que el número de tazas de café al día, que toma una persona está directamente relacionado con una reducción del 30% del cáncer colorrectal. Otro estudio llevado a cabo en la misma universidad encontró una relación inversa

entre el suicidio femenino y el número de tazas de café bebidas. Tras investigar un total de 87.000 enfermeras se estableció que el café tiene propiedades antidepresivas.

El instituto cuenta con la cooperación fondos de Colombia, Brasil y Centro América. Se establecerá un fondo para manejar el presupuesto y un grupo independiente de científicos se encargará de asesorar y dirigir la investigación. Los directores del centro están convencidos del beneficio de las sustancias activas del café y no temen encontrar efectos negativos para el ser humano. Al fin y al cabo en los últimos cuarenta años se ha tratado de demostrar, sin éxito alguno, que el café es nocivo para la salud. **PC**



INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Nueva célula de memoria podría mejorar la velocidad de los computadores

Durante los últimos años, la industria de la electrónica ha encontrado métodos para lograr de manera óptima, una mayor capacidad de integración de transistores y de condensadores en los conocidos chips de silicio. Sin embargo, estos dispositivos podrían tener un límite en su construcción e implementación física; por ejemplo, para el 2005 algunas compañías esperan lograr alcanzar el tamaño límite para la construcción de condensadores. Las células de memoria, vitales en la aplicación de programas en las computadoras, que hasta ahora han sido usadas para almacenar datos temporalmente, podrían ser remplazadas por un arreglo de dispositivos llevando así a la industria a la reinención del condensador.

Investigadores de la Universidad de Cambridge y la industria japonesa Hitachi, presentaron una nueva arquitectura de chip de gran rendimiento con condensadores tradicionales; ésta reduce el estado actual de cada célula de memoria más de la mitad. El trabajo del condensador es aportar al rendimiento de un nuevo tipo de transistor, retomando un dato binario almacenado.

El nuevo diseño permite más fácil integración con un número considerable de procesadores e igualmente puede retener en memoria datos aún cuando el procesador se encuentre apagado.

En los chips estándar tipo DRAM que significa memoria de accesos dinámico casual, los condensadores son acoplados con un transistor de efecto de campo o FET, que es un semiconductor de óxido de metal, mientras que con los nuevos métodos, se logra duplicar la capacidad de estas DRAM para el almacenamiento de ceros y unos. *K.*

NEUROCIENCIAS



Con motivo de la publicación del libro *Wild Minds* (mentes salvajes) del neurocientífico de Harvard Marc Hauser, la revista *Science* del pasado 25 de junio publicó no sólo una completa reseña de las investigaciones más relevantes históricamente sino las más recientes acerca de las diferentes manifestaciones de conciencia en varias especies del orden de los primates.

Elizabeth Pennisi, autora del artículo, recoge diversas líneas de investigación, algunas muy famosas, que demuestran que el conjunto de capacidades cognitivas y comportamentales conocido como "conciencia" no es exclusividad humana. Entre estas capacidades tenemos: reconocimiento del propio estatus social

dentro de un grupo, discriminación de la propia conducta, autorreconocimiento físico frente a un espejo e incluso la atribución de estados mentales en otros individuos.

Este conjunto de resultados, logrado por psicólogos, etólogos, antropólogos y neurocientíficos, es fundamental pues derrumba uno de los últimos fortines del antropocentrismo. A lo largo de este siglo han caído sistemáticamente suposiciones acerca de la exclusividad humana en capacidades como el uso de herramientas (base de la cultura) y la comunicación mediante lenguaje simbólico; ahora, en contra del escepticismo de no pocos científicos, entra la conciencia dentro del panorama cognitivo de los animales.

Quizá el ejemplo más aceptado en la comunidad científica de

La conciencia definitivamente no es de exclusividad humana

conciencia en los primates sea el del conocimiento sobre la propia posición frente al grupo. Varias investigaciones en las que se usaron grabaciones de los sonidos emitidos por miembros del grupo para ver la reacción de uno de sus miembros así lo han demostrado. Pero aún no hay total evidencia de una forma más avanzada de conciencia, presente ya en los niños, que es la atribución de estados mentales en otros individuos; hoy en día éste es el límite comprobado (aunque no al 100%) entre las capacidades psicológicas humanas y las del resto de los animales. Sin embargo, es previsible que a corto plazo la dinámica investigación de la cognición animal también derrumbe tal muro. **KC**

Las fuentes del pensamiento matemático

El pensamiento matemático es quizá el ejemplo cumbre de la complejidad de los procesos cognitivos en los seres humanos. Este proceso, fundamental para la creación científica, ha sido también objeto de investigación desde muchas disciplinas, desde la filosofía hasta las neurociencias.

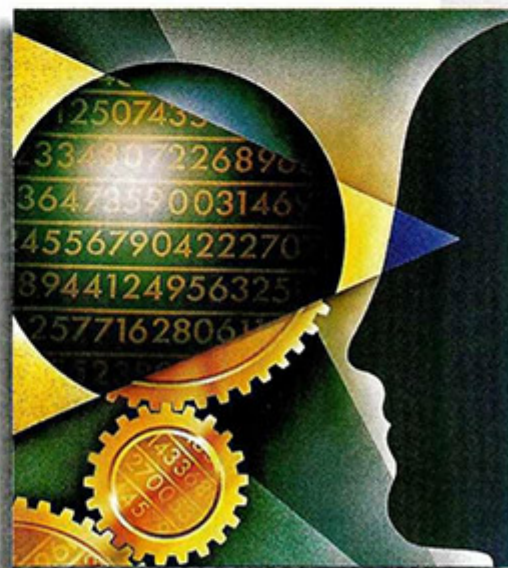
Hasta tiempos recientes, la única forma de explorar la cognición matemática era escudriñar en la intuición de los mismos matemáticos. No obstante, esta técnica ha arrojado una evidencia mezclada de dos fuentes: la representación visuo-espacial y la representación lingüística, aunque con predominio de la primera.

Una herramienta clave que actualmente ayuda a discernir el papel de ambos tipos de representación es la imagen cerebral, en particular la resonancia magnética funcional (fMRI). Gracias a esta tecnología, un equipo de investigadores franceses y norteamericanos identificaron las áreas y funciones involucradas en el pensamiento matemático.

El informe de la investigación fue publicado en la revista *Science* de mayo 7 por S. Dehaene, E. Spelke, P. Pinel, R. Stanescu y S. Tsivkin, del INSERM de Francia y del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). La principal con-

clusión de Dehaene y colaboradores es que ambas fuentes intervienen y que el pensamiento matemático es precisamente producto de su interacción.

Más específicamente, tal proceso tiene una fuente diferente dependiendo de si la matemática en cuestión es exacta o aproximada: La aritmética exacta se expresa más en formato de lenguaje, que tiende a ubicarse más en el lóbulo frontal inferior izquierdo (participante también en la asociación de palabras), mientras que la aritmética aproximada se muestra fuertemente relacionada con la representación visuo-espacial, que radica principalmente en las áreas bilaterales de los lóbulos parietales. **KC**



La edad y el futuro

Sergio Torres A.

Centro Internacional de Física.
Santa Fe de Bogotá, Colombia.
e-mail: storres@earthlink.net

Desde el año 1929, cuando Edwin Powell Hubble descubrió la expansión del universo, la cosmología entró en una etapa de dinamismo sin precedentes. Las observaciones astronómicas relevantes para las teorías del origen del universo comenzaron a multiplicarse: la expansión de Hubble, la radiación cósmica de fondo, la abundancia de los elementos primordiales, las edades de los cúmulos globulares, las metaestructuras galácticas, etc. Paralelamente, los avances teóricos permitieron el desarrollo de nuevas ideas y la formulación de modelos cosmológicos cada vez más sofisticados: el *Big Bang* y los modelos estacionario, inflacionario, cuasiestacionario y de plasmas.

Algunos de estos modelos como el estacionario y el de plasmas ya han sido claramente rechazados por inconsistencias al momento de confrontarlos con las observaciones. Aunque aún existe controversia, la teoría del *Big Bang* inflacionaria emerge como la solución cosmológica más robusta y consistente gracias al sustento en las observaciones.¹ Sin embargo, según lo anuncian resultados obtenidos recientemente, la ex-

Tomado de: NASA.

Figura 1. Imagen de cúmulo globular.



del Universo:

**Modelos
cosmológicos
confrontan
la realidad**

pansión del universo parece estar acelerando contrario a lo que predice el modelo estándar cosmológico. ¿Cuál es el estado de la cosmología bajo la luz de estos resultados?

La expansión del universo quedó firmemente demostrada por Hubble en 1929; pero aún queda por determinar la aceleración de esta expansión. Hasta ahora se ha podido indagar sobre este problema fundamental de la cosmología, usando la luz emitida por supernovas. Todo parece indicar que el universo efectivamente presenta la evolución dinámica característica de un espacio abierto en aceleración positiva, es decir, se expande para siempre y con velocidad creciente. Las consecuencias de esta observación son profundas, especialmente ahora cuando los avances en la teoría favorecen un modelo en el que el espacio debe ser plano en lugar de abierto. ¿Cuál es el significado de estas observaciones? ¿Qué alternativas teóricas quedan para explicar los nuevos datos?

El modelo cosmológico estándar

Para hallar respuestas adecuadas debemos considerar los conceptos que sirven de sustento a la cosmología moderna. El modelo cosmológico estándar se basa en la teoría de la relatividad general de Einstein, según la cual la gravedad está determinada por la geometría del espacio, la cual depende de la distribución de masa y energía en el universo. El matemático ruso A.

Friedmann, en 1922, y los estadounidenses H. P. Robertson y A. G. Walker, en 1928, encontraron soluciones a las ecuaciones de la relatividad general que implican la expansión del universo. Estas soluciones quedan totalmente determinadas con sólo dos parámetros cuyos valores se deben fijar con observaciones: la velocidad (H_0) y la aceleración de la expansión (q_0).

Debido a la acción de la gravedad, la expansión se frena. Sin embargo, es posible considerar la posibilidad de una expansión universal acelerada positivamente. Esto es justamente lo que sucede si existe una presión que actúe en sentido contrario a la gravedad (algo así como una gra-

vedad negativa, pero constante a pesar del cambio de volumen durante la expansión). Un campo que genere este tipo de presión es lo que se llama la "constante cosmológica" (Ω_Λ) y fue usado por el mismo Einstein para lograr que sus ecuaciones fueran consistentes con un universo estático, tal como lo pedían los prejuicios del momento.

La evolución dinámica del universo depende de la masa y radiación total contenida en éste. De aquí se deriva el parámetro de "densidad de masa" (Ω_m). Si no hay suficiente masa que proporcione la gravedad para frenar la expansión ($\Omega_m + \Omega_\Lambda < 1$), el universo se expande para siempre, con menor velocidad a medida que pasa el tiempo. Por el contrario, si hay masa suficiente ($\Omega_m + \Omega_\Lambda > 1$), la expansión del universo se frena y cambia de sentido en una implosión. En el caso favorecido por las teorías inflacionarias ($\Omega_m + \Omega_\Lambda = 1$), el cual corresponde a una geometría plana, el universo se expande para siempre, pero con velocidad cada vez menor.

La velocidad a la que ocurre la expansión es distinta para las diferentes etapas de la historia del universo y la constante de Hubble (H_0) es el parámetro que se usa para expresarla. La edad del universo viene dada aproximadamente como $2/(3H_0)$. La fórmula exacta depende de la densidad de masa y la constante cosmológica.

Hubble mostró claramente con sus mediciones que el universo se expande de tal forma que entre más lejana se encuentra una galaxia mayor será su velocidad de recesión. Esta observación queda plasmada en forma compacta en la ley de Hubble: $v = H_0 \times r$, donde v es la velocidad de recesión de una galaxia a una distancia r . La constante de proporcionalidad H_0 es la "constante de Hubble". En el contexto de la relatividad general, es el espacio mismo el que está en expansión, cualquier par de puntos en ese

Figura 2.
Edwin P. Hubble.

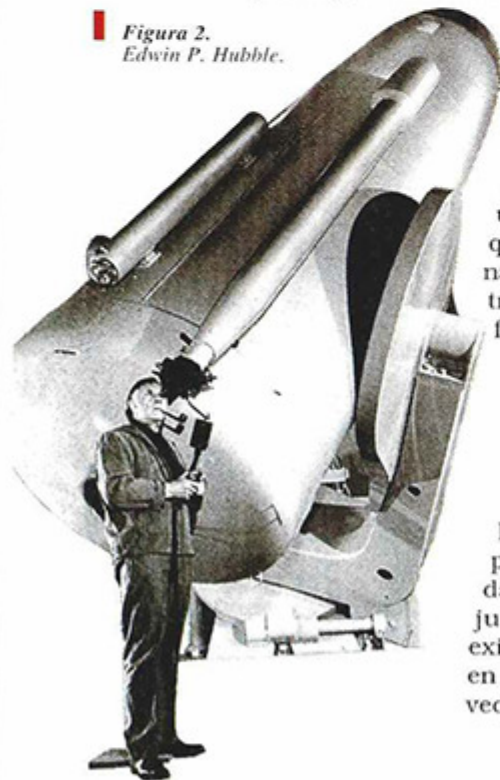


Figura 3.
Galaxia espiral.

La expansión del universo parece estar acelerando contrario a lo que predice el modelo estándar cosmológico.

espacio, separados por una distancia r , se apartan según lo indica la ley de Hubble. Esto no quiere decir que las distancias entre dos átomos o la separación entre la Tierra y el Sol estén aumentando con el tiempo. Una molécula es un sistema ligado, de igual forma lo es el sistema solar. Ni siquiera las galaxias se pueden considerar sistemas completamente aislados debido a la interacción con otras galaxias del cúmulo al cual pertenecen.

Medición de los parámetros del universo

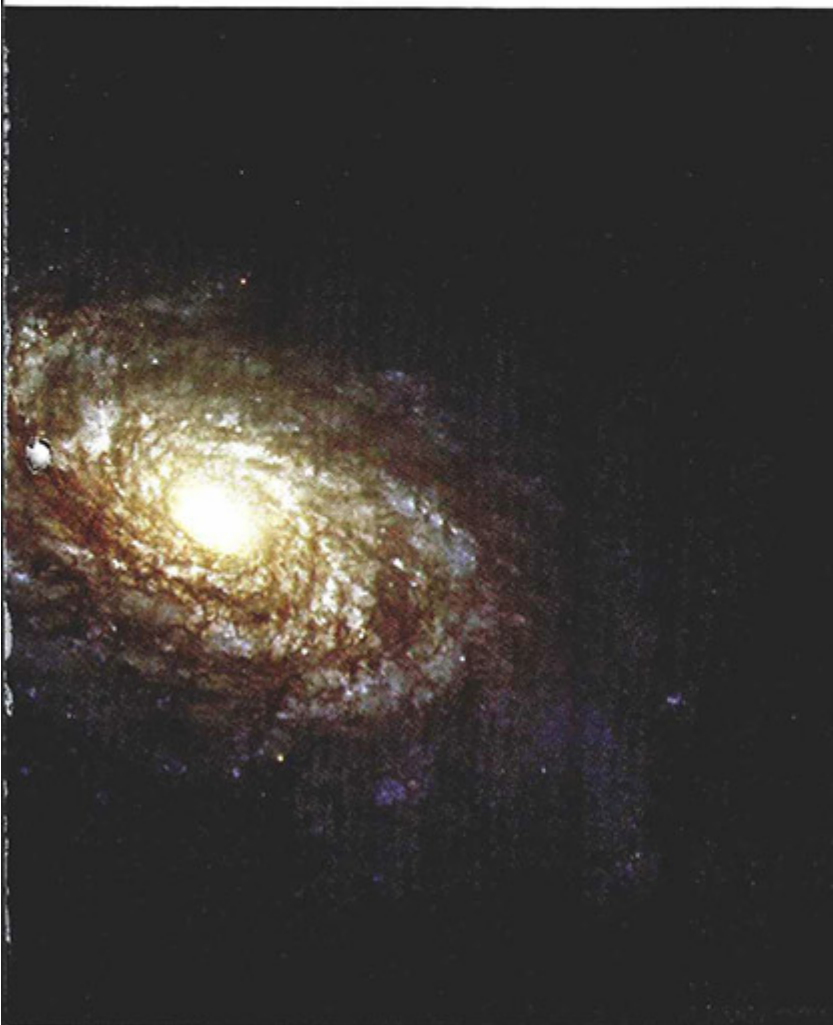
Los parámetros Ω_m , Ω_Λ , y H_0 determinan el modelo cosmológico. La medición precisa y

consistente de estos parámetros permite resolver los problemas fundamentales de la cosmología: la geometría del universo (es decir si el espacio es abierto, cerrado o plano), la edad del universo, la materia oscura, su naturaleza y abundancia, la formación de galaxias y de estructura a gran escala. Si los resultados de las mediciones de Ω_m , Ω_Λ , y H_0 no son consistentes con la multitud de observaciones cosmológicas que se han realizado, debemos abandonar el modelo estándar cosmológico.

Para medir la constante de Hubble los astrónomos observan el espectro y el brillo de unas estrellas especiales muy brillantes en galaxias lejanas. El brillo registrado en combinación con el conocimiento del brillo absoluto de la fuente (el cual puede ser inferido midiendo otras propiedades de la estrella en cuestión), dan la distancia a la cual se encuentra. La velocidad de recesión es revelada por los cambios en el espectro observado de la estrella (por ejemplo, corrimiento hacia el rojo de líneas espectrales). El tipo de estrellas más comúnmente usadas como indicadores de distancia son las cefeidas variables y las supernovas Ia. Las estrellas cefeidas variables son de gran utilidad por su alto brillo intrínseco que puede ser determinado midiendo el período de su variabilidad.

Las supernovas Ia son indicadores de distancia extraordinarios debido a que se conoce con gran precisión el brillo intrínseco al momento de su explosión. Una supernova es un evento cósmico de colosal magnitud. En el caso de las supernova Ia, una estrella enana blanca se chupa lentamente la atmósfera de otra estrella compañera (en un sistema binario) y cuando su masa alcanza 1.4 masas solares, ésta colapsa gravitacionalmente expulsando al espacio las capas superiores de su atmósfera. Siempre explotan al alcanzar la masa umbral de 1.4 masas solares (el límite de Chandrasekar), por esta razón, las supernovas Ia nacen con el mismo brillo intrínseco, el cual es tan intenso que permite detectarlas hasta distancias de 1.600 millones de años luz. En comparación, el *telescopio espacial Hubble* puede observar cefeidas sólo hasta distancias de 80 millones de años luz.

La determinación precisa de H_0 ha generado inmensa actividad y controversia entre los cosmólogos.² Los valores encontrados típicamente se agrupan en dos resultados, hasta hace poco incompatibles, dependiendo de la técnica de medición. Las mediciones que usan estrellas del tipo cefeidas variables como indicadores de distancia siempre han encontrado valores altos de H_0 , entre 70 y 90 (en unidades de Km/seg/mega-parsec, las cuales serán usadas en este artículo y, por lo tanto, no



se darán explícitamente en lo que sigue), mientras que usando estrellas supernovas la se llega a valores bajos, en el rango 50 - 60. Valores superiores a 70 comienzan a ser incompatibles con la edad del universo inferido por las edades de los cúmulos globulares (11 a 14 mil millones de años). El proyecto de medición de H_0 del *telescopio espacial Hubble* de la NASA, liderado por la astrónoma Wendy Freedman del Observatorio de Carnegie (California), anunció con gran fanfarria el 25 de mayo del presente año el valor "definitivo" de la constante de Hubble: 70 con un error del

sidad de la radiación cósmica de fondo, el cual sirve como indicador de distancia del cúmulo.

La expansión del universo se acelera

Mientras que Freedman y Sandage andaban persiguiendo supernovas y cefeidas para concretar el valor de H , otros dos grupos interesados en supernovas muy distantes comenzaron a encontrar información que ayudará a concretar el valor de los otros parámetros cosmológicos. El Proyecto Cosmológico Supernova (PCS) liderado por Saul Perlmutter del Laboratorio Nacional Lawrence de Berkeley y el grupo rival, el Equipo de Búsqueda de Supernovas de Alto z (EBS) liderado por Brian Schmidt del Observatorio de Mount Stromlo (Australia), se dedicaron a estudiar supernovas la muy lejanas para observar las desviaciones del flujo de galaxias de la ley de Hubble esperadas a grandes distancias.

Así como la velocidad de la expansión del universo está dada por la pendiente (H_0) en una gráfica de distancia contra velocidad de recesión, la aceleración de la expansión (q_0) está dada por los cambios en la pendiente. Para apreciar estos cambios se hace necesario hacer mediciones de velocidad de supernovas a distancias superiores a los 4.000 millones de años luz. Esta tarea es justamente

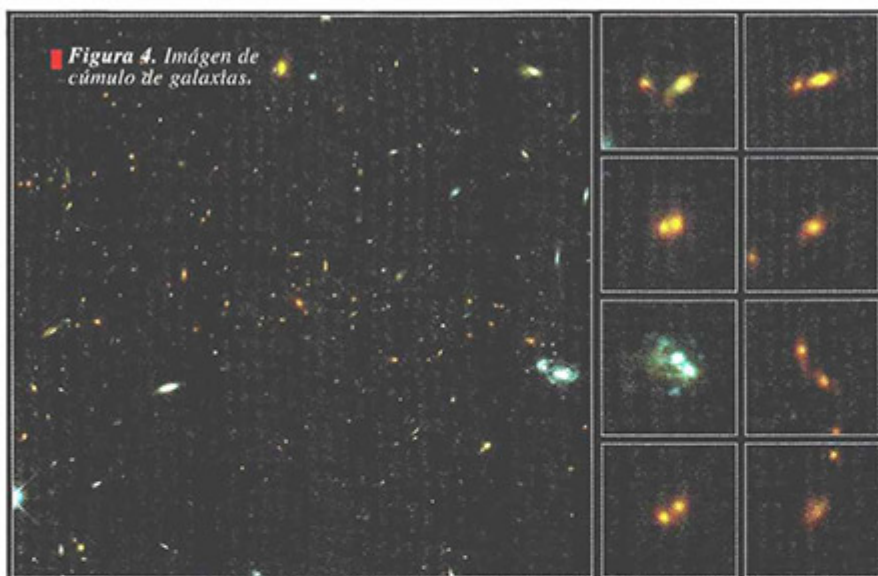


Figura 4. Imagen de cúmulo de galaxias.

10% (al borde del conflicto con la edad del universo). Para llegar a este resultado Freedman y su grupo midieron el brillo y el espectro de 800 estrellas cefeidas variables en 18 galaxias lejanas.³

A pesar de la calidad de los resultados y la baja incertidumbre experimental Allan Sandage, un astrónomo veterano de las batallas cosmológicas, aún sostiene que el valor de H_0 es más bajo (cerca a 60). Sandage ha promovido incansablemente el uso de las supernovas la como indicadores de distancia. Usando el telescopio espacial para medir los espectros de supernovas conocidas, Sandage llega a un valor de $H_0 = 61$ con un error inferior y marginalmente compatible con el resultado de Freedman. La controversia no termina pero es menos severa. Otros métodos independientes de medición comienzan a arrojar resultados para H_0 que tienden a valores intermedios entre 60 y 70. De estos nuevos métodos vale la pena destacar los estudios del efecto Sunyaev-Zeldovich, según el cual, la interacción de la radiación cósmica de fondo con el gas en cúmulos galácticos resulta en un cambio característico de la inten-

Es muy temprano para afirmar categóricamente que el modelo cosmológico estándar queda aceptado o entra en crisis.

lo que el Proyecto Cosmológico Supernova y el Equipo de Búsqueda de Supernovas se propusieron. Basados en una población de 80 supernovas con z en el rango 0.18 a 0.86 (z es el corrimiento hacia el rojo debido a la expansión universal y es la manera como los cosmólogos miden distancias y tiempos. z aumenta de forma no lineal con la distancia: $z=0$ se refiere a distancias de 0 y $z=0.5$ indica una distancia equivalente a 1/3 del radio del uni-

verso) el proyecto cosmológico supernova encontró que el universo se acelera positivamente.⁴ Los resultados obtenidos por el proyecto de búsqueda de supernovas con el análisis de 25 de ellas, corroboran las conclusiones del primero.

Al final los prejuicios filosóficos tendrán que ceder ante los resultados de las observaciones.

Para acomodar un universo que se expande aceleradamente, el modelo estándar cosmológico debe incorporar la constante cosmológica. De los datos de supernovas lejanas se desprende la conclusión de que Ω_Λ no es nula, y Ω_m tiene un valor bajo cercano a 0.2 (el parámetro de aceleración está relacionado con los otros parámetros: $q_0 = \Omega_m/2 - \Omega_\Lambda$). Estos resultados tienen gran impacto. Por un lado, $\Omega_m = 0.2$ significa que el problema de la materia oscura no es tan grave como parecía.⁵ Es decir sin constante cosmológica, el valor favorecido (por los modelos inflacionarios) de Ω_m es 1, lo cual implica que el universo está dominado por materia "oscura" cuya naturaleza no puede ser bariónica (de lo que están hechos los núcleos de los elementos que aparecen en la tabla periódica). Con $\Omega_m = 0.2$ sólo entre un 5 a 10% de la materia en el universo es la que tiene que ser oscura, en lugar del 90% que pide un modelo con $\Omega_m = 1$. Por otro lado, la presencia de Ω_Λ en el cosmos hace que el problema de la edad del universo (por ejemplo las estrellas más viejas que el universo) sea menos severo, de manera que un valor alto de H_0 puede ser aceptado sin contradicción si éste llega a ser confirmado.

Es muy temprano para afirmar categóricamente que el modelo cosmológico estándar queda aceptado o entra en crisis. Las mediciones de la aceleración de la expansión dependen de $\Omega_m - \Omega_\Lambda$, de manera que no es posible dar valores únicos de los parámetros por separado a partir de estos datos solamente. Es interesante anotar que los experimentos de medición de la radiación cósmica de fondo planeados para el futuro (Plank de la Agencia Espacial Europea para el 2007 y MAP de la NASA para el 2000) van a medir el valor de $\Omega_m + \Omega_\Lambda$, lo que permitirá determinar los parámetros cosmológicos sin ambigüedades.

Lo que sí se puede afirmar es que el modelo cosmológico estándar, no obstante la crítica, por tener que ajustar finamente una larga lista de parámetros a la manera de los epiciclos en la cosmología precopernicana, continúa siendo consistente con el conjunto de todas las observaciones cosmológicas que se han registrado hasta el momento. Algunos cosmólogos, entre ellos personajes tan destacados como Geoffrey Burbidge, Fred Hoyle y Jayant V. Narlikar no están de acuerdo con esta posición.⁶ Ellos aducen a favor del modelo cuasiestacionario tal como el modelo estacionario de Hoyle, Gold y Bondi reciclado para permitir ciclos de expansión y contracción compatibles con la ley de Hubble, y en contra del *Big Bang* para lo cual proponen explicaciones alternativas a las observaciones que sirven de evidencia al *Big Bang*: La nucleosíntesis de los elementos primordiales no ocurre a los tres minutos del *Big Bang* sino en los núcleos estelares, el alto corrimiento hacia el rojo observado en los cuasares no es de origen cosmológico sino consecuencia de una propiedad intrínseca de éstos, y el espectro de cuerpo negro de la radiación cósmica de fondo no se debe al equilibrio termodinámico existente en el *Big Bang* antes de la época del desacople, sino al equilibrio térmico con granos exóticos de polvo. El modelo del *Big Bang* no está acabado y aún presenta algunos huecos. Las críticas al modelo son favorables en cuanto permiten refinar los argumentos que lo sustentan, desafortunadamente las propuestas del modelo alternativo cuasiestacionario introducen más inconsistencias de las que desean resolver. Al final los prejuicios filosóficos tendrán que ceder ante los resultados de las observaciones, y únicamente sobrevivirán los modelos que pasen esta prueba.



Referencias

1. Torres, S.: "El Origen del Universo", *Innovación y Ciencia*, Vol. III, No. 2, pp. 44-49 (1994).
2. Torres, S.: "¿En Qué Universo Vivimos?", *Innovación y ciencia*, Vol. IV, No.3, pp.26-32 (1995).
3. <http://opposite.stsci.edu/pubinfo/pr/1999/19/pr.html>.
4. <http://www-supernova.lbl.gov/>.
5. Torres, S.: "La Materia Oscura del Universo", *Innovación y Ciencia*, Vol. III, N.3, pp.40-46 (1994).
6. Burbidge, G., Hoyle, F., Narlikar, J.V.: "A Different Approach to Cosmology", *Physics Today*, Vol. 52, No. 4, pp. 38-44 (1999).



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

AGENDA DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS EXPOCIENCIA - EXPOTECNOLOGÍA 99

1 FORO DE DISCUSIÓN SOBRE POLÍTICA CIENTÍFICA

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

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

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

3 SEMINARIO - TALLER, " REALIDAD VIRTUAL "

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

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

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

5 ENCUENTRO NACIONAL DE CIENCIAS FÍSICAS Y HUMANAS

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

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

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

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

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

8 CURSO DE OPORTUNIDADES DE FINANCIAMIENTO PARA ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES

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

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

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

10 TALLER, " NUEVAS FORMAS DE PENSAMIENTO Y TECNOLOGÍA "

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

11 TALLER, " CIENCIA Y CULTURA PARA LA PAZ "

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

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

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

VALOR DE LAS INSCRIPCIONES

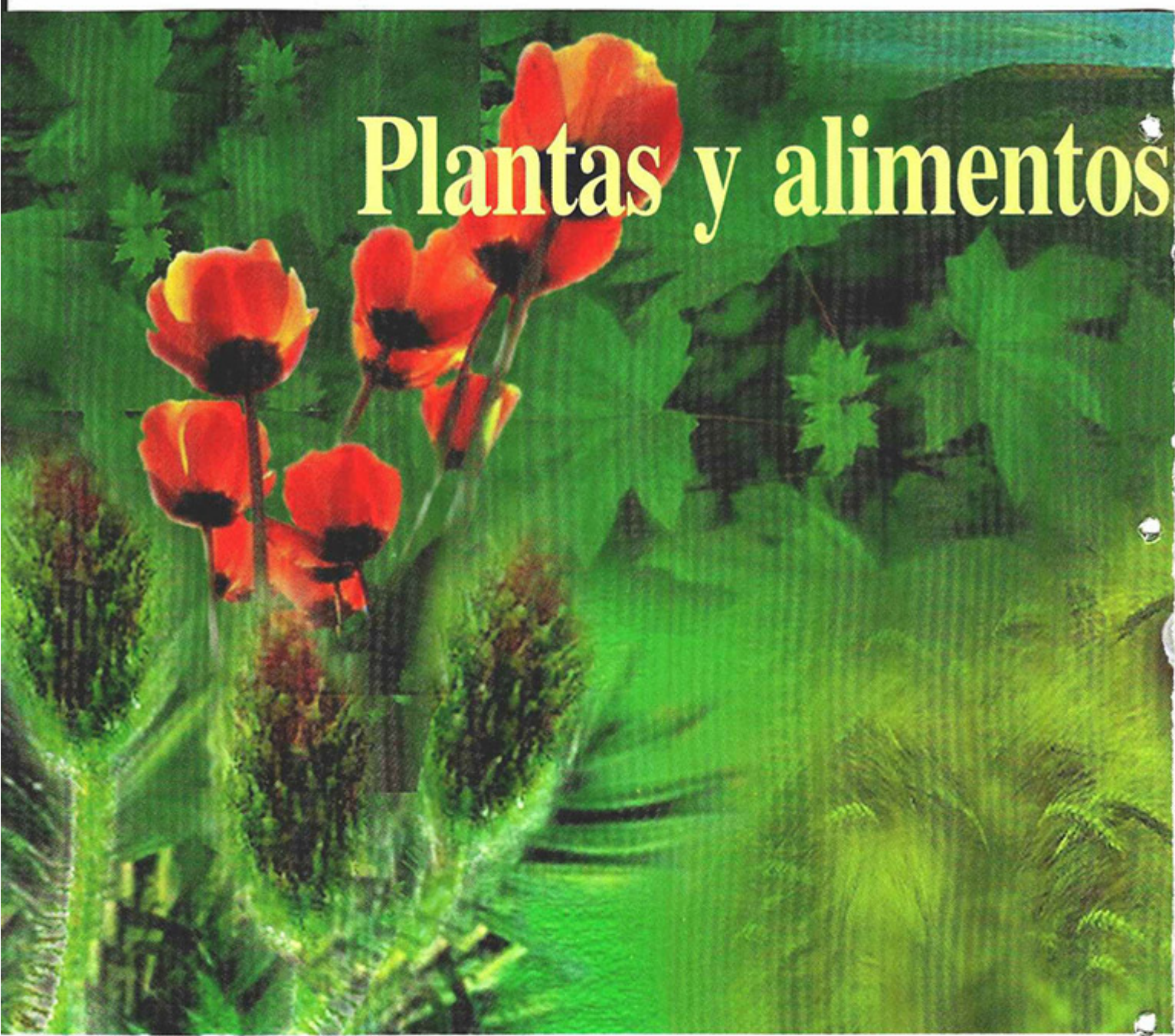
Nº de Actividad	Tarifa Asociados A.C.A.C	Tarifa Particulares
Eventos 1, 11 y 12	\$ 20.000.00 c/u	\$ 25.000.00 c/u
Eventos 9 y 10	\$ 30.000.00 c/u	\$ 35.000.00 c/u
Eventos 2,3,4,5 y 7	\$ 70.000.00 c/u	\$ 90.000.00 c/u
Eventos 4 y 7	\$ 60.000.00 <i>Incluye los dos eventos</i>	\$ 70.000.00 <i>Incluye los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

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



XPOCIENCIA
XPOTECNOLOGÍA 99
CONOCIMIENTO PARA EL PRÓXIMO MILENIO

Carrera 50 N° 27-70 Edificio Camilo Torres, Bloque C. - A.A. N° 92581 FAX: 221 6950 Teléfonos: 221 9281 - 315 5898.
e-mail: info@acac.org.co. - acac2@col1.telecom.com.co. Santa Fe de Bogotá - Colombia
www.acac.org.co



Plantas y alimentos

Juan-Ramón Lacadena C.
Departamento de Genética,
Facultad de Biología,
Universidad Complutense,
Madrid, España.
e-mail: jrlgbucm@eucmax.sim.ucm.es

Normalmente suele decirse que la Genética nació en 1900 con el redescubrimiento de las leyes de Mendel. Sin embargo, en mi opinión, eso no es del todo correcto puesto que el nacimiento de la genética como la nueva ciencia que explicara los fenómenos hereditarios biológicos habría de estar condicionado a su capacidad para dar respuesta a dos preguntas fundamentales: ¿Cuáles son las leyes por las que se transmiten los caracteres biológicos de padres a hijos?, ¿Cuál es la base molecular de la herencia? La respuesta a la primera pregunta se obtuvo a partir de las experiencias de Mendel, publicadas en 1866. La respuesta a la segunda pregunta se obtuvo en 1944 cuando Avery y colaboradores demostraron por vez primera, que la información genética está contenida en el ácido desoxirribo-

transgénicos: verdades y mentiras



nucleico (ADN); es decir, que los genes son ADN. Por consiguiente, el «parto» de la genética duró casi ochenta años. La identificación del ADN como material hereditario ha supuesto tanto en el desarrollo de la genética que su historia puede dividirse en un "antes del ADN" y un "después del ADN".

Conocida la naturaleza y las propiedades del material hereditario (1944-1960) y los mecanismos de acción génica (1960-1975). La genética entró en una nueva etapa (1975-1985) basada en el dominio de la tecnología de los

ácidos nucleicos (fragmentación, hibridación, secuenciación y amplificación del ADN). En esta etapa, denominada "nueva genética" los factores hereditarios de Mendel pasaron de ser entes abstractos a ser genes tangibles y, por tanto, manipulables, es decir empezaron a ser identificados y aislados de entre toda la masa de ADN que constituye el genoma de los organismos, así fue posible su transferencia de unas células a otras o de unos individuos a otros de la misma o de distinta especie.

La ingeniería genética molecular surgió a principios de la década de los setenta cuando Berg y colaboradores obtuvieron las primeras *moléculas de ADN recombinante*: es decir, moléculas de ADN formadas por fragmentos de procedencia distinta. En el desarrollo progresivo de la ingeniería genética molecular cabe mencionar, entre otros logros, la construcción de *bibliotecas o genotecas* de ADN de organismos superiores, la "genómica" o *disección molecular (secuenciación) del genoma de los organismos* (cuya expresión máxima es el Proyecto Genoma Humano), la "transgénesis" plasmada en la obtención de *animales y plantas transgénicas*, la *terapia génica*, etc.

De las técnicas de mejora convencional a las plantas transgénicas

En un sentido amplio, podría decirse que la mejora de plantas se remonta a los tiempos más antiguos mediante la aplicación intuitiva de procesos de selección. Así, se puede citar, como ejemplo concreto, el caso del descubrimiento hecho en la "Cueva de los murciélagos" en México, donde se encontraron restos de maíz correspondientes a estratos geológicos sucesivos que mostraban un aumento gradual de tamaño correlativo con la sucesión cronológica. Estos hechos indican, sin duda alguna, que el hombre del Neolítico, haciendo uso de su inteligencia racional, aplicaba ya un proceso de selección en el maíz que cultivaba.

Los orígenes de la genética están íntimamente relacionados con la investigación de los hibridistas experimentales de plantas. Esta vinculación se hace más estrecha si recordamos que, en 1825, la Academia de Ciencias de Holanda convocó un premio para quien diera respuesta a la posible utilización de la fecundación artificial para la producción de nuevas especies y variedades indicando "qué plantas económicas y ornamentales podrían ser producidas y multiplicadas de este modo". Premio que fue ganado por C. F. von Gärtner, hibridista experimental precursor de Mendel. Por otro lado, no cabe duda que la tradición holandesa

**Estos hechos indican,
sin duda alguna, que
el hombre del
Neolítico, haciendo
uso de su inteligencia
racional, aplicaba ya
un proceso de
selección en el maíz.**

en mejora de plantas arranca en el tiempo desde la convocatoria de dicho premio. A partir del redescubrimiento de las leyes de Mendel, la aplicación de los conocimientos genéticos impulsó el desarrollo de esta técnica.

La *biotecnología* incluye cualquier técnica que utilice organismos vivos o partes de los organismos para fabricar o modificar productos, para mejorar plantas o animales o para desarrollar microorganismos para usos específicos. La biotecnología posee la capacidad de cambiar a la comunidad industrial del próximo

siglo XXI debido a su potencial para producir cantidades prácticamente ilimitadas de:

- sustancias de las que nunca se había dispuesto antes;
- productos que se obtienen normalmente en cantidades pequeñas;
- productos con un costo de producción mucho menor que el de los fabricados por medios convencionales;
- productos que ofrecen mayor seguridad que los hasta ahora disponibles;
- productos obtenidos a partir de nuevas materias primas más abundantes y baratas que las utilizadas anteriormente.¹

Por lo tanto, la manipulación genética de las plantas en beneficio del hombre es parte de la biotecnología.

La mejora genética de plantas tiene como fin obtener los genotipos (constitución genética) que produzcan los fenotipos (manifestación externa de los caracteres) que mejor se adapten a las necesidades del hombre en unas circunstancias determinadas (**tabla 1**).

Los métodos que pudiéramos llamar convencionales de la mejora han sido los cruzamientos y la selección complementados en ocasiones con técnicas citogenéticas y de mutagénesis artificial. Sin embargo, mediada la década de los ochenta se inició la aplicación de la ingeniería genética molecular en la mejora mediante la utilización de plantas transgénicas, que pasamos a referir a continuación.

Plantas transgénicas

La utilización de plantas transgénicas en programas de mejora se incrementa día a día. Algunos expertos han llegado incluso a prede-

cir que hacia el año 2005, el 25% de la producción agrícola en Europa lo será de plantas transgénicas.

En los programas de mejora de plantas interesa en ocasiones incorporar un gen determinado a una cierta variedad para dotarla, por ejemplo, de resistencia a un patógeno o darle cierta calidad. El método convencional consiste en realizar un primer cruzamiento con un individuo que lleve el gen deseado y luego, mediante un proceso continuado de cruzamientos con individuos del genotipo original (retrocruzamiento) y selección para el carácter (gen) que se quiere introducir; se puede llegar a obtener tras un proceso más o menos largo individuos con el genotipo original al que se ha añadido el gen deseado. Este método convencional tiene varios inconvenientes como son la necesidad de múltiples generaciones, y en ocasiones, la limitación que supone la reproducción sexual cuando lo que interesa es introducir el gen de otra especie, ¡y con más razón si esta otra especie ni siquiera pertenece al reino vegetal, sino que se trata de una especie bacteriana o animal!.

Las técnicas de ingeniería genética molecular suponen un método alternativo de incorporación de un gen deseado en el genoma de una planta mediante la obtención de plantas transgénicas.

La transferencia génica (transmisión horizontal) en plantas, se puede realizar utilizando el ADN-T (transferible) del plásmido Ti (inductor de transformación) de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* que produce los tumores o "agallas" en las heridas que se originan en las plantas. En el proceso de infección, el ADN-T tiene la propiedad de poder pasar de la célula bacteriana a las células de las plantas, incorporándose al ADN de los cromosomas de éstas. Dicho de forma muy esquemática, la manipulación genética en este caso consiste en incorporar al ADN-T el gen que se desee introducir en la planta. La mayor eficacia de la técnica se consigue utilizando cultivos celulares de hoja o de tallo, pues éstos son capaces de regenerar plantas adultas completas a partir de células que han sido genéticamente modificadas (transformadas) usando como vector el ADN-T (**figura 1**).

Otras técnicas de transferencia de genes consisten en la introducción del ADN en protoplastos (células desprovistas de la pared celulósica por medios enzimáticos o químicos) utilizando el polietilenglicol o la electroporación. También se puede introducir el ADN en las células por bombardeo con microproyectiles formados por partículas de oro o tungsteno recubiertas con ADN del gen deseado. En cualquier caso, después se induce la regeneración

de la planta adulta a partir de los protoplastos o de las células tratadas.

Con las técnicas mencionadas (especialmente utilizando el ADN-T del plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens*) se han obtenido plantas resistentes a virus, a insectos, a herbicidas, etc. Por ejemplo, desde hace más de treinta años se viene utilizando en agricultura y jardinería un insecticida especialmente eficaz contra las larvas de los lepidópteros cuya eficacia reside en la proteína Bt producida por la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Pues bien, la ingeniería genética molecular ha permitido identificar y aislar el gen bacteriano que codifica para la proteína Bt y se ha logrado transferirlo a plantas transgénicas de algodón, papa, tomate y maíz, haciéndolas resistentes a los insectos.

Otro caso interesante ha sido la obtención de plantas transgénicas de tomate, soja, algodón, colza, etc., a las que se les ha incorporado un gen que produce la resistencia al principio activo (por ejemplo, el glifosato) de los herbicidas de amplio espectro, lo cual permite eliminar las malas hierbas de especies de hoja ancha y crecimiento cespitoso tratando los campos con herbicidas que no dañan al cultivo.

También se han obtenido plantas transgénicas de tomate con genes que alargan el periodo de conservación y almacenamiento evitando la síntesis de la poligalacturonasa, que produce el reblandecimiento del fruto.

Por último, podrían citarse también las plantas transgénicas utilizadas como biorreactores para producir lípidos, hidratos de carbono, polipéptidos farmacéuticos o enzimas industriales.²

Por su repercusión en Europa, los casos de la soja y el maíz transgénicos resultan de especial relevancia. La soja se utiliza en un 40-60% de los alimentos procesados: aceite, margarina, alimentos dietéticos e infantiles, cerveza, etc. Europa importa anualmente nueve millones de toneladas de Estados Unidos por un importe de unos 1.400 millones de dólares. España, que importa 1,5 millones de toneladas, es el cuarto país importador después de Japón, Taiwan y Holanda.

El 2% de la soja producida en Estados Unidos es transgénica, de la que un 40% se exporta a Europa. A la soja transgénica, que fue obtenida por la compañía Monsanto, se le ha transferido un gen que produce resistencia al glifosato, que es el elemento activo del herbicida "Roundup", dándose la circunstancia de que es también la misma compañía la que fabrica el herbicida. Este hecho, que es absolutamente lícito, es interpretado por algunos como un abuso de la compañía; algo así como si fuera juez y parte, ya que produce el herbicida y la semilla resistente al mismo.

Otro aspecto puede ser desde el punto de vista bioético, el hecho de introducir en la información genética de las plantas de soja el

gen o genes denominados coloquialmente como *terminator* (con la carga emotiva intencional que tal nombre sugiere), anularía la posibilidad de que el agricultor utilice parte de la semilla obtenida como simiente para el año siguiente por tratarse de una especie autógena.

Ante la protesta de los movimientos ecologistas y la posibilidad de que esta semilla sea rechazada, los exportadores la mezclan con semilla de soja normal para evitar su identificación. Sin embargo, ya algunas compañías (por ejemplo, Genetic ID, en Iowa, Estados Unidos) ha comercializado un test de diagnóstico que permite saber si la semilla de soja (o de maíz, que tiene el mismo problema) es transgénica o no; es decir, si

Tabla.

Mejora genética de plantas

Se refleja en aspectos como:

- Productividad	Aumenta la capacidad productiva potencial de los individuos.
- Resistencia	Obtiene genotipos resistentes a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas.
- Características agronómicas	Obtiene nuevos genotipos que se adaptan mejor a las exigencias y aplicación de la mecanización de la agricultura. Por ejemplo, tales son los casos del sorgo enano o la remolacha monogermen.
- Calidad	Atiende, por ejemplo, al valor nutritivo de los productos vegetales obtenidos
- Extensión	Adapta las variedades de las especies ya cultivadas a nuevas zonas geográficas con características climáticas o edafológicas extremas, como ocurrió con el trigo en los países nórdicos europeos.
- Nuevas especies	Transforma especies silvestres en cultivadas con utilidad y rentabilidad para el hombre.

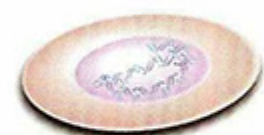
lleva el gen de resistencia al herbicida. Es importante señalar que la comercialización de la soya transgénica está autorizada en Estados Unidos, Canadá, Japón y la Unión Europea (en esta última desde abril de 1996).

Otro caso parecido es el del maíz transgénico producido por la multinacional Novartis. Este maíz, además de resistente al herbicida "Basta", lo es también al "taladro", un insecto que horada el tallo de la planta destruyéndola. La resistencia la produce el gen procedente de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que, como se ha señalado anteriormente, produce la proteína Bt que es tóxica para la larva de los dípteros. El problema que puede presentar este maíz transgénico es que la manipulación genética realizada ha unido el gen Bt a otro gen utilizado como marcador genético que produce resistencia a antibióticos betalactámicos (incluyendo la ampicilina). Los movimientos ecologistas han alertado sobre la posibilidad de que las bacterias del tracto intestinal animal y humano puedan incorporar directa o indirectamente la información genética que da la resistencia a tales antibióticos, con el consiguiente peligro sanitario. En este aspecto hay que decir que no hay evidencia científica alguna de que ello pueda ocurrir en la práctica, aunque fuera teóricamente posible. Por lo tanto, podría decirse que la probabilidad es cero.

La comercialización del maíz transgénico está autorizada en Estados Unidos (donde supone un 1-2% del maíz cultivado), Canadá, Japón y también en la Unión Europea desde enero de 1997.

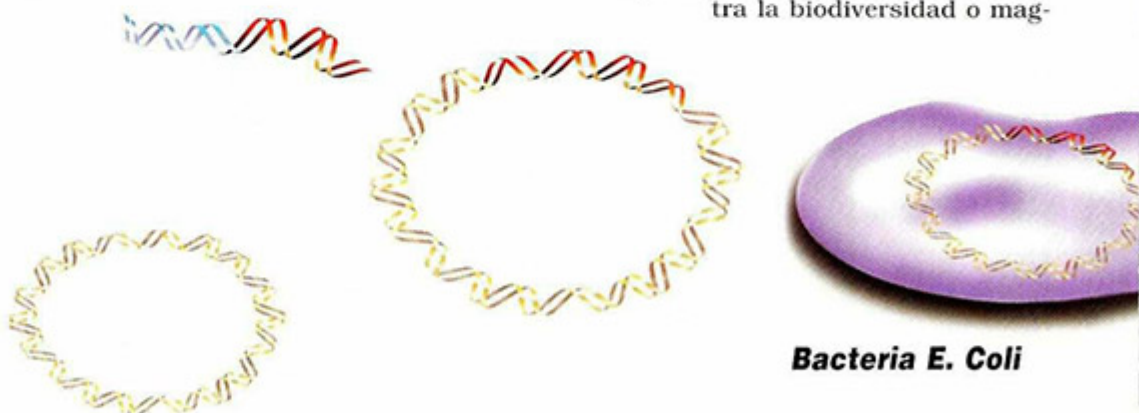
Aspectos bioéticos y jurídicos de la utilización de plantas y alimentos transgénicos

La sociedad vive en un continuo estado de alarma ante determinados avances científicos, tales como la clonación en mamíferos o los cultivos transgénicos y su utilización en la producción de alimentos. Como señala Moreno, el debate sobre los alimentos transgénicos se ha producido como consecuencia de los intereses enfrentados de la industria biotecnológica (léase las grandes compañías multinacionales productoras de las plantas transgénicas) y los agricultores avanzados, por un lado, y los grupos ecologistas y determinadas ONGs y asociaciones de consumidores, por el otro.³ ¿A qué se debe el clima de desconfianza y rechazo hacia las plantas y los alimentos transgénicos que se ha producido en una buena parte de la sociedad? En cierto modo -dice Moreno- puede achacarse a la falta de transparencia informativa y a una serie de estrategias poco afortunadas por parte de los más interesados en la rápida comercialización de estos productos. Además, el debate social está contaminado por la escasa participación de los agentes sociales en su desarrollo, por el lenguaje equivoco utilizado por determinados grupos de presión en forma de metáforas inapropiadas (por ejemplo, "transgénico como sinónimo de alterado", "transgénico como sinónimo de dañino", "lo natural como sinónimo de inocuo, y lo artificial de nocivo") y por el exceso de contenido retórico y falta de rigor científico y técnico en los argumentos utilizados. Por ejemplo, publicar en los medios masivos de comunicación que se ha demostrado, sin que haya un informe científico serio que lo avale, que los alimentos transgénicos son dañinos (por aquello de que "de la calumnia algo queda") o asegurar que las plantas transgénicas atentan contra la biodiversidad o mag-



Célula

Figura 1. Plantas transgénicas: Se introduce, de una célula, el gen deseado en un plásmido de *E. Coli* y luego se transfiere de esta bacteria al *Agrobacterium Tumefaciens*, bacteria que tiene el potencial de transferir el gen deseado al genoma de las plantas.



Plásmido T.

Bacteria E. Coli

Bacteria E. Coli

nificar los riesgos y apelar al "principio de precaución" para aconsejar la prohibición de los cultivos transgénicos o tachar de "vendidos a las multinacionales" a los científicos que honradamente defienden la utilización de plantas y alimentos transgénicos. Todo ello supone, a mi juicio, una enorme y grave manipulación social.

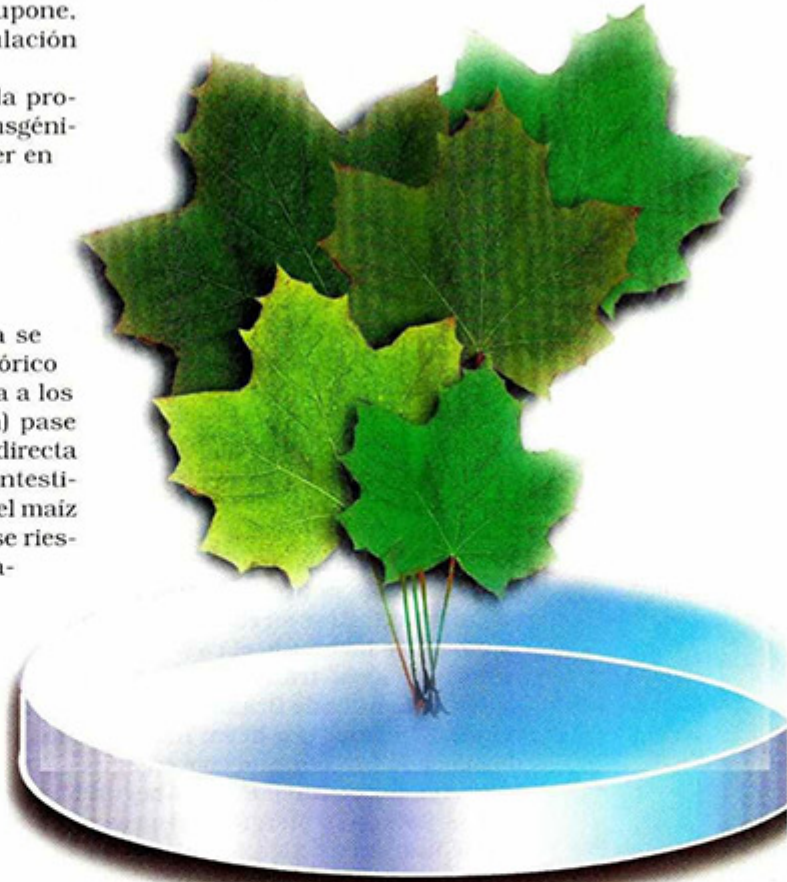
¿Cuál es la perspectiva bioética de la producción y utilización de las plantas transgénicas? En el contexto bioético hay que tener en cuenta dos aspectos: el sanitario y el ecológico.

Aspectos sanitarios

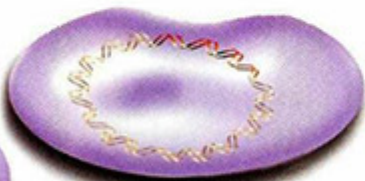
Desde el punto de vista sanitario ya se ha indicado anteriormente el riesgo teórico que supone que el gen que da resistencia a los antibióticos beta-lactámicos (ampicilina) pase a bacterias del tracto intestinal humano directa o indirectamente vía bacterias del tracto intestinal de los animales, que se alimenten con el maíz transgénico no procesado. ¿Justificaría ese riesgo potencial con una probabilidad prácticamente nula la prohibición del maíz transgénico con el gen Bt de *Bacillus thuringiensis*? Posiblemente no. Por otro lado, nunca se ha demostrado que un gen consumido por boca haya sido transmitido a una bacteria del tracto intestinal.

Como señalaba Jones, en el *British Medical Journal* del 27 de febrero de 1999, "en el fragor del debate es fácil olvidar que el ADN es, y siempre lo ha sido, parte de nuestra dieta diaria. Cada uno de nosotros

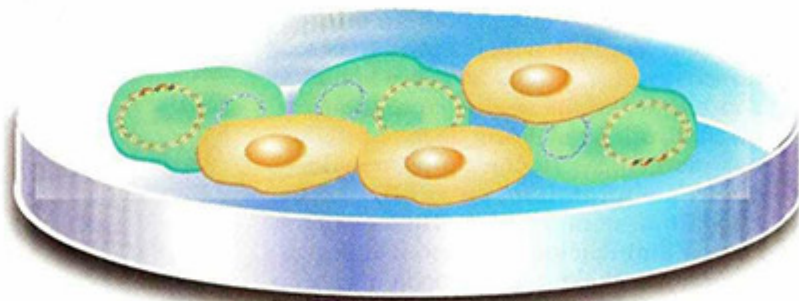
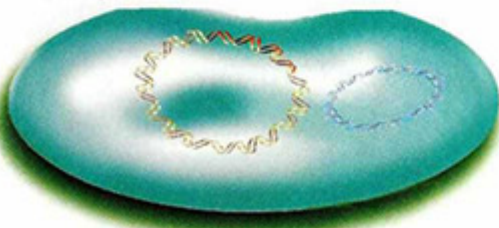
consume todos los días millones de copias de miles de genes. Muchos de estos genes son totalmente funcionales en el momento de ingerir y en la mayoría de los casos no conocemos su



E. Coli



Agrobacterium tumefaciens



**El ADN es,
y siempre lo
ha sido, parte
de nuestra
dieta diaria.**

función. ¿Cuánta gente se detiene a considerar los genes desconocidos y todavía funcionales que come en el tomate?, ¿en el pepino o en la lechuga de una ensalada?, ¿los genes bovinos de un filete de carne?, ¿el ADN fragmentado de muchos alimentos procesados? y ¿los genes de multitud de microorganismos que respira y traga?.⁴ A este respecto, y como exponente de la falta de información y desconocimiento de algunos ciudadanos, podría mencionarse aquí que, en encuestas sociológicas

realizadas sobre alimentos transgénicos, muchos encuestados respondían que ellos solamente querían comer "tomates sin genes".

Otro aspecto sanitario es el de la aparición de alergias insospechadas por el consumo de alimentos transgénicos. Por ejemplo, los planes que se habían hecho para comercializar colza y judías genéticamente modificadas para aumentar su valor nutritivo incrementando su contenido en cisteína y metionina usando la albúmina de reserva 2S rica en metionina procedente de la nuez de Brasil, se abandonaron al descubrirse su elevado poder alergénico. También se ha citado el caso de alergia producidas por soya transgénica manipulada con genes de la nuez de Brasil⁵ o de fresas resistentes a las heladas por llevar incorporado un gen de pescado (un pez que vive en aguas árticas a bajas temperaturas). En este segundo supuesto, las personas alérgicas al pescado podrían sufrir una crisis alérgica al ingerir las fresas transgénicas en el caso de que la proteína que confiere la resistencia a las heladas fuera ella misma alérgica.

En relación con los problemas alérgicos, las autoridades que han de establecer la normativa adecuada confían que el efecto alergénico de las proteínas no ensayadas pueda ser predicho con cierta fiabilidad por su análisis estructural. La mayoría de las proteínas alergénicas tienen un peso molecular comprendido entre 10 y 70 kilodalton, comparten ciertas secuencias de aminoácidos y resisten la degradación por el calor así como la digestión ácida y por peptinasa, que semejan las condiciones naturales del estómago.

La capacidad de los alimentos alergénicos de alcanzar la mucosa intestinal es un prerrequisito para su alergenicidad y ello implica, obviamente, su supervivencia a la digestión gástrica producida por la pepsina secretada en el estómago. Por ello

son de mucho interés los estudios de estabilidad de los alimentos alergénicos a la digestión *in vitro* con un fluido gástrico simulado.⁶

Las situaciones anteriormente descritas justifican la petición hecha por organizaciones de consumidores y ecologistas de que los productos elaborados con plantas transgénicas lleven la etiqueta correspondiente.⁷ Y, en efecto, lo consiguieron: el 15 de mayo de 1997 entró en vigor el Reglamento CE nº 298/97 "sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios" aprobado por el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea el 27 de enero de 1997.

Aunque en un principio este Reglamento consideraba (Art. 1.2.) fuera de su aplicación a los productos derivados de la soya y maíz transgénicos -cuya comercialización había sido autorizada con anterioridad, respectivamente, el 3 de Abril de 1996 (Decisión 96/281/CE de la Comisión) y el 23 de Enero de 1997 (Decisión 97/98/CE de la Comisión)- sin embargo, el 26 de Mayo de 1998 se aprobó el Reglamento (CE) Número 1139/98 del Consejo, que exige el etiquetado de los alimentos e ingredientes alimentarios fabricados, total o parcialmente, a partir de maíz y de semillas de soya modificados genéticamente. Dicho Reglamento entró en vigor a los noventa días de su publicación en el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* (3 de Junio de 1998). Tal como se deduce de los considerandos del Reglamento, la normativa aprobada puede presentar muchos problemas técnicos a la hora de su aplicación.

En España, el Real De-



creto 951/1997, del 20 de junio, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución de la Ley 15/1994, de 3 de junio, "por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente", supone la actualización y puesta en obra de la normativa comunitaria y, además, crea la Comisión Nacional de Bioseguridad, como órgano colegiado de carácter consultivo adscrito al Ministerio de Medio Ambiente. Esta importante Comisión debería haberse creado en el plazo de tres meses a partir de la entrada en vigor de la Ley 15/1994; así pues, sólo ha nacido con tres años de retraso. Nunca es tarde, si la dicha es buena.

En relación con el aspecto de la salud humana, es importante poner de manifiesto que desde 1990 organizaciones como la FAO, la OMS y la FDA norteamericana vienen evaluando con rigor los pros y los contras de los alimentos transgénicos y no se han opuesto a su utilización.

En cualquier caso, puede suceder que, a no ser por razones alérgicas o de tipo ético, incluyendo una postura ecologista antitransgénica visceral, los consumidores reaccionen ante el etiquetado transgénico como los fumadores que compran las cajetillas de tabaco donde se anuncia claramente que el fumar perjudica seriamente la salud; es decir, que no hagan caso a la advertencia.

De cualquier manera, como señalaba Moreno, la presión social ejercida por grupos ecologistas y determinadas asociaciones parece que, de momento, están ganando la batalla al conseguir convencer al gran público que los alimentos transgénicos son antinaturales y perjudiciales para la salud humana y las plantas transgénicas ecológicamente dañinas.

Aspectos ecológicos

Desde el punto de vista ecológico se ha denunciado la posibilidad de que al crear las variedades transgénicas resistentes a herbicidas se incrementará notablemente el uso de éstos con los posibles efectos secundarios negativos de contaminación del suelo y del agua. Otros, sin embargo, defienden la postura contraria. Pues, la obtención de resistencia

genética a diferentes plagas y enfermedades implicaría un menor uso de pesticidas.

Por otro lado, en especies alógamas (de fecundación cruzada) existe la posibilidad de que una parcela sembrada con plantas transgénicas contamine con su polen a otras parcelas vecinas no transgénicas del mismo cultivo. Por ejemplo, si el polen de un campo de maíz transgénico poliniza plantas normales de una parcela próxima, la semilla que se produzca en esta parcela puede haber incorporado el gen *Bt* transmitido por el polen; es decir, sería transgénica. También podría ocurrir que la resistencia al herbicida de una variedad transgénica se transfiriera por fecundación interespecífica espontánea a una especie silvestre afín, con el consiguiente daño para la agricultura. ¿Se va a legislar respecto a medidas de aislamiento (distancia, barreras naturales, etc.) de los cultivos transgénicos? Aunque estas medidas se aplican durante el periodo de experimentación, ¿es posible mantenerlas una vez autorizada su comercialización? De hecho, es importante señalar que ya se ha descrito un primer caso de transferencia de un gen que da resistencia a un insecticida en plantas transgénicas de colza a plantas de rábano cultivadas cerca de ellas, poniendo de manifiesto que se ha hecho realidad una posibilidad teórica.⁸ Sin duda alguna, esta evidencia científica dará más fuerza a las argumentaciones de los que se oponen a la utilización de las plantas transgénicas. No obstante -sin menoscabo de la prudencia aconsejable en relación con la utilización de cultivos transgénicos- es importante poner de manifiesto que situaciones similares pueden producirse con plantas mejoradas mediante procedimientos genéticos convencionales y nunca nadie ha manifestado su alarma.

Desde el punto de vista de la biodiversidad, se ha planteado también la posibilidad de que las plantas transgénicas *Bt* resistentes a insectos puedan influir a largo plazo sobre otros insectos que no son blanco de la acción directa de la toxina *Bt* o, incluso, sobre aves y mamíferos. Como está ocurriendo ya de forma recurrente en esta polémica, los primeros resultados experimentales obtenidos son contradictorios.⁹

Las conversaciones de 1999 en Cartagena de Indias, Colombia, encaminadas a efectuar un nuevo tratado global para minimizar el posible impacto ambiental adverso de las semillas transgénicas, fracasaron porque los gobiernos, los ecologistas y la industria estaban en amplio desacuerdo sobre los riesgos ecológicos de los cultivos modificados genéticamente.

Las plantas transgénicas son un reto para la biotecnología actual, pues se ha creado un



cierto grado de alarma social consecuencia, en cierto modo, del temor a lo desconocido y novedoso. De todas formas, es bueno y necesario que se plantee en la sociedad un debate serio y riguroso, sin "ecologismos" demagógicos, que permita el avance de la ciencia, evitando a la vez peligros y riesgos innecesarios. De cualquier manera, en relación con el riesgo es importante tener en cuenta los siguientes aspectos que destacaba García Olmedo:¹⁰

- En general, la ciencia ha avanzado a ciegas en cuanto al riesgo, pero alerta a sus síntomas

- Hay que distinguir entre el riesgo de la investigación básica y el riesgo de la aplicación del conocimiento adquirido

- Existen discrepancias entre la importancia objetiva de un riesgo y su percepción subjetiva, ya que, el riesgo voluntario causa menos temor que el riesgo impuesto, el riesgo de origen natural causa menos temor que el de origen industrial, el riesgo que se produce en un entorno familiar causa menos temor que el que se produce en un escenario exótico, y el riesgo que es difuso en el tiempo o en el espacio causa menos temor que el que se concreta en hora y lugar.

- No existe el riesgo cero: Toda actividad humana conlleva un cierto riesgo que ha de ser evaluado en función de los beneficios que tal actividad reporta

Además, hay que tener en cuenta también que natural no es sinónimo de inocuo, pues hay productos naturales que llevan sustancias mutagénicas y cancerígenas; por ejemplo, la pimienta negra (safrol), las setas comestibles (hidrazinas), el apio (psolareno), los frutos secos (aflatoxinas de hongos), etc.; y además, es necesario considerar que no todo lo artificial es nocivo. Ninguno de los conservantes autorizados llega a ser tan peligroso como las toxinas que pueden producir las bacterias y los hongos que éste evita.

Finalmente, podrían mencionarse también las paradojas que se están produciendo en el debate social de los alimentos transgénicos, pues los titulares alarmistas de los medios de comunicación social contrastan con el hecho de que la regulación de la ingeniería genética es mayor y más transparente que cualquier otra tecnología del pasado y por otra parte, los ecologistas activistas han destruido en ocasiones los campos de experimentación establecidos para estudiar el impacto ambiental de los cultivos transgénicos.

Mientras la transferencia interespecífica de información genética (no sólo genes, sino incluso genomas completos) se viene realizando

en la mejora de plantas convencional desde hace mucho tiempo, la obtención de plantas genéticamente resistentes a enfermedades y plagas fue, precisamente, el método preconizado por la pionera ambientalista Rachael Carson frente al uso de fungicidas e insecticidas.¹¹



Referencias

1. **Rodríguez Villanueva, J.** *Perspectivas de la investigación biomédica y farmacéutica en España.* Discurso de Ingreso en la Real Academia de Farmacia, 94 pp., 1986.
2. **Trends in Biotechnology. Special Issue: "Plant-product and crop biotechnology".** Vol. 13, No. 9, pp. 313-409, 1995.
3. **Moreno, M.** *Argumentos, metáforas y retórica en el debate sobre los alimentos transgénicos.* Comunicación presentada en las Jornadas sobre Ciencia, Tecnología y Valores. Santa Cruz de Tenerife, 5-9 Abril 1999
4. **Jones, L.** *Science, medicine, and the future. Genetically modified foods.* British Medical Journal, 318:581-584, 1999.
5. **Nordlee, J.A.; Taylor, S.L.; Townsend, J.A.; Thomas, L.A.; Bush, R.K.** *Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans.* N.Engl.J.Med., 334:688-692, 1996.
6. **Astwood, J.D.; Leach, J.N.; Fuchs, R.L.** *Stability of food allergens to digestion in vitro.* Nature Biotechnology, 14:1269-1273, 1996.
7. **Benoit Browaeys, D.** *El etiquetado de los "nuevos alimentos".* Mundo Científico, 182: 717-719, 1997.
8. **Chevre, A.M.; Eber, F.; Baranger, A.; Renard, M.** *Gene flow from transgenic crops.* Nature, 389: 924, 1997.
9. **Butler, D.; Relchhardt, T.** *Long-term effect of GM crops serves up food for thought.* Nature, 398:651-656, 1999
10. **García Olmedo, F.** *La tercera revolución verde. Plantas con luz propia.* Editorial Debate S.A., 209 pp., 1998.
11. **Dixon, B.** *The paradoxes of genetically modified foods.* British Medical Journal, 318:547-548, 1999.

Lecturas recomendadas:

- Lacadena, J.R.** *El mercado de transgénicos.* Nueva Revista (Madrid), 52: 61-75, 1997.
- Lacadena, J.R.** *Plantas y alimentos transgénicos.* Revista de la Sociedad Internacional de Bioética (SIBI) (Gijón, España), 1:17-23, 1998.
- Lacadena, J.R.** *Alimentos transgénicos: Verdades y mentiras.* En Nutrición (B.Sanz y G.Varela eds.), Real Acad. Farmacia, Madrid (en prensa), 1999.

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia

Colmena 010-4500246931

Bco. Popular 160-203196

Credencial Credibanco Dineros

Tarjeta N°

Vence ____ / ____ / ____ N° cuotas ____

N° Seguridad ____ / ____ / ____

Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta de crédito

Acepto Renovación Automática: Sí No

FIRMA

C.C.

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

SUSCRIPCIÓN PERSONA NATURAL

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

SUSCRIPCIÓN INSTITUCIONAL

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

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

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito

Consignación: Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia

Colmena 010-4500246931

Bco. Popular 160-203196

Credencial Credibanco Dineros

Tarjeta N°

Vence ____ / ____ / ____ N° cuotas ____

N° Seguridad ____ / ____ / ____

Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta de crédito

Acepto Renovación Automática: Sí No

FIRMA

C.C.

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

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

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

De:

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

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

A close-up photograph of a green leaf with a large, irregular brown necrotic area. Several ants are visible on the leaf, particularly on the brown area. The title 'Hormigas' is written in a yellow, outlined, serif font across the top of the image.

Hormigas

Fernando Fernández C.
Biólogo,
Instituto Von Humboldt,
Villa de Leyva, Colombia.
e-mail: humboldt@openway.com.co



no tan sociales

Las hormigas han sido vistas normalmente como el insecto social "por excelencia". Recientes estudios muestran otra cosa: sociabilidad a regañadientes, matricidios, conformados por machos, partenogénesis obligada... Esta nueva biología del comportamiento compromete además la explicación tradicional sobre el origen y evolución de la sociabilidad.

Cuando se piensa en hormigas es inevitable pensar en el insecto social por excelencia. Todas las hormigas son sociales (algunas formas son secundariamente parásitas), mientras que sólo algunas avispas y algunas abejas son sociales (las termitas también son sociales en su totalidad de especies, pero son un grupo filogenéticamente alejado de las hormigas, avispas y abejas). Desde tiempos inmemoriales se ha exaltado la diligencia de las hormigas en la protección de sus nidos, y desde los tiempos de Linneo

se ha tomado su comportamiento social como una "cúspide" en la evolución de los artrópodos. De hecho, ha sido inevitable que diversos naturalistas en el pasado hayan realizado analogías entre hormigas y humanos.

Una colonia normal de hormigas está compuesta por una *reina* que se ha apareado sólo una vez antes de iniciar una colonia y de todas sus hijas que pueden ser miles o decenas de miles. Éstas se llaman *obreras* y no sólo son estériles sino que llevan a cabo todas las labores de construcción y mantenimiento de la colonia; en algunas especies existen obreras especializadas en la defensa que se conocen como *soldados*. El *macho* tiene una aparición fugaz, apenas para procrearse con la futura reina y después fallecer. Así, la colonia tradicional consiste en una sola mamá, que se ha apareado sólo una vez, y multitud de hijas estériles que se encargan de la progenie de la reina, es decir, de sus hermanas. En las hormigas, como en los demás himenópteros, el sexo está determinado por el número de cromosomas, con las hembras *diploides* (complemento cromosómico doble, como la mayoría de seres vivos) y los machos *haploides* (mitad de cromosomas que la hembra).

Sin embargo, investigaciones recientes han mostrado que las colonias de hormigas tradicionales pueden ser menos comunes de lo pensado, y que aquellas formas de comportamiento "anómalas" son más comunes de lo creído: colonias con múltiples reinas, reinas con múltiples apareamientos, reinas y obreras polimórficas, nidos sin reinas, obreras que asesinan a sus reinas, nidos con intercambio de obreras y aceptación de reinas extrañas, machos longevos, entre otras. Las estrategias de comportamiento social en las hormigas son mucho más variadas, ricas y sorprendentes de lo que se había considerado hasta hace poco. Estos nuevos estudios comprometen la propuesta realizada en los setenta para explicar el alto grado de "sacrificio" o altruismo en estos insectos.

Si la genética bajo la mira neodarwinista no puede explicar todas las manifestaciones "anómalas" en el comportamiento social de las hormigas, ¿dónde puede estar la luz en el túnel? Recientemente algunos investigadores piensan que la teoría y principios de la auto organización pueden ayudar a entender.

La selección parental

Para Carlos Darwin los insectos sociales eran un "abominable problema" para hacer de la selección natural una respuesta satisfactoria para la evolución de las especies. Si las obreras de una colonia son estériles y no dejan descendencia ¿cómo puede actuar la selección sobre ellas? Este "abominable" problema no tuvo una aparente solución sino hasta mediados de este siglo, cuando Hamilton, un biólogo, propuso la *selección parental*, como un compromiso entre



genética, parentesco de obreras y selección para explicar la evolución y mantenimiento del comportamiento altruista en las hormigas y en otros himenópteros sociales.

En organismos donde el padre y la madre son diploides, cada hijo hereda la mitad de los cromosomas de cada padre, y cada hijo comparte en promedio la mitad de sus genes con cualquier hermano. En hormigas, el hecho de que el macho sea haploide crea un desbalance en la repartición genética de la progenie en una colonia. Así, en una colonia con una sola reina, un solo padre y todas las hijas estériles, existen proporciones definidas de genes compartidos entre sus miembros. La reina comparte el 50% de sus genes por igual con cualquiera de sus hijos. Cada una de sus hijas (obreras) comparte un 75% con cualquiera de sus hermanas. Si una de estas obreras pudiera procrear, estaría compartiendo un 50% de sus genes con cada miembro de su progenie: los descendientes de esta obrera compartirían menos del 40% de sus genes con sus tías. Entonces, para una obrera es mejor "invertir" energía en cuidar hermanas (con las cuales comparte más genes) que criar su propia descendencia (con la cual comparten menos genes).

Desde mediados de la década de los sesenta la propuesta de Hamilton gozó de aceptación y recepción entre evolucionistas y etólogos, como una explicación a la existencia de división de la reproducción en himenópteros sociales. Para Hamilton, el desbalance genético causado por la



Fotografía: Cristina Uribe H.

haplodiploidía es la clave en la evolución de la sociabilidad en himenópteros sociales. En la colonia típica puede ser más conveniente para una obrera cuidar y mantener a sus hermanas que tener sus propias hijas. Al "invertir" energía en sus hermanas está salvando más de sus propios genes, y puede ser una estrategia más provechosa que arriesgarse a fundar y mantener su propia colonia.

Una obrera está compartiendo sólo un 25% con cada uno de sus hermanos, y la reina estaría compartiendo también 25% con cualquiera de sus nietas. Así, entre todas estas opciones de parentesco, conviene a las reinas evitar que sus hijas sean madres, y a las obreras les es más provechoso renunciar a la procreación y cuidar de la colonia, aún a costa de sus vidas.

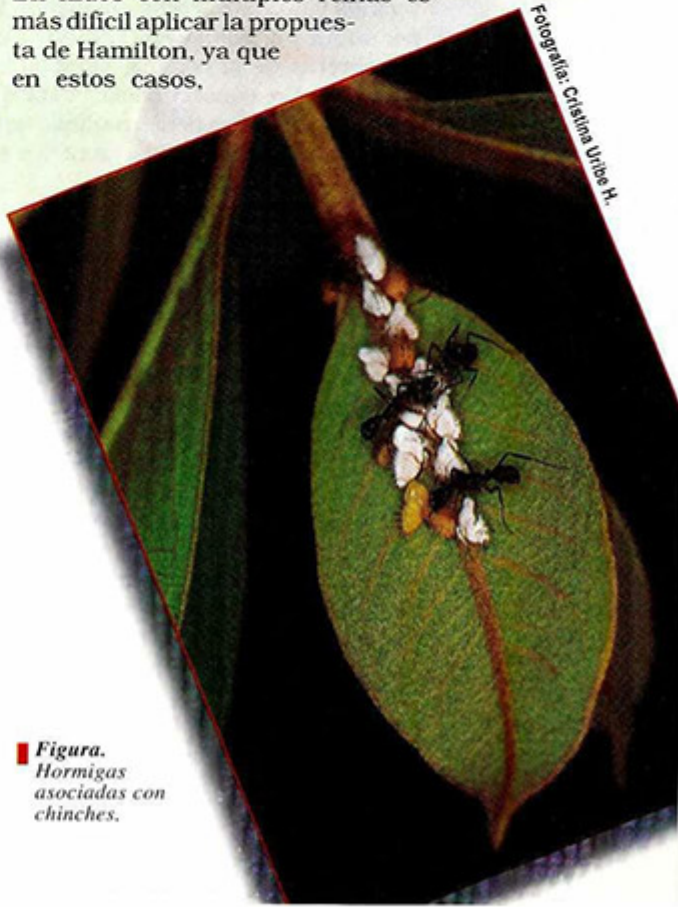
La propuesta de Hamilton no es la única para explicar la sociabilidad en insectos. En 1974 Alexander propuso que en estos insectos la reina manipula a sus hijas para su propio beneficio, obligándolas a cuidar de su prole e impidiéndoles engendrar: esta es la hipótesis de la *manipulación parental*. Cuatro años después Mary J. West, especialista en avispas sociales, propone que una obrera puede aumentar su éxito reproductivo colaborando en la colonia, en lugar de fundar su propio nido (hipótesis *mutualista*).

Para algunos evolucionistas, cada una de estas propuestas puede explicar el fenómeno de la sociabilidad en los himenópteros, aunque la elegancia y matemática de Hamilton han hecho

de la selección parental la favorita en el estudio de la sociabilidad en hormigas y otros himenópteros.² De hecho, para algunos investigadores las aparentes violaciones a esta propuesta (colonias poligínicas, por ejemplo) pueden explicarse dentro del cuerpo teórico de las ideas de Hamilton, sin afectar seriamente su robustez.³ Por otra parte, las termitas son sociales pero no son haplodiploides, por lo cual el sesgo genético no puede aplicarse a ese orden de insectos.

Número de reinas

Además de las colonias monogínicas (con una sola reina), existen aquellas donde coexisten varias reinas funcionales (poliginia). Las especies mono tienden a diferir en varios atributos con las poligínicas. Por ejemplo en el primer caso, las reinas suelen ser de larga vida en colonias que se reproducen por haplometrosis, mientras que en el segundo caso, las reinas suelen ser más pequeñas, de corta vida, y las colonias se pueden expandir por pleometrosis o fisión del nido. También se cree que el número de reinas es una estrategia como respuesta a factores ambientales, riesgos de fundación sin ayuda, costos de dispersión, entre otros.⁴ Lo destacable es que el número de reinas incrementa las probabilidades de que las obreras del nido tengan poca relación entre sí, pues comparten pequeñas fracciones de genes. En nidos con múltiples reinas es más difícil aplicar la propuesta de Hamilton, ya que en estos casos,



Fotografía: Cristina Uribe H.

Figura.
Hormigas asociadas con chinches.



Fotografía: Cristina Uribe H.

Figura:
Hormigas y
piojos.

muchas obreras estarían defendiendo un nido y manteniendo progenies nuevas de obreras con las cuales compartirían escasas relaciones de sangre.

Poliandría

Aunque algunas reinas se aparean sólo una vez (monandria), algunas se aparean varias veces con diferentes machos (poliandria) antes de fundar un nuevo nido. Algunos de estos machos son del mismo nido, otros provienen de nidos vecinos y aún otros más de lugares lejanos. Esto, por supuesto, influye en el grado de parentesco de las obreras de la colonia, como en el caso de la poliginia. En consecuencia, como las reinas de colonias poliginicas tienen múltiples apareamientos, el grado de heterogeneidad genética es aún mayor.

Gamergates

En muchas especies de hormigas cazadoras (Ponerinae), se han detectado nidos con obreras que se aparean y ponen huevos fértiles (gamergates). Estas obreras reproductoras reemplazan la función de la inexistente reina. En algunos casos se ha observado que hay contiendas y peleas ritualizadas (raras veces terminan en heridas graves) entre obreras dominantes para lograr el preciado puesto de reproductora de la colonia. Las subordinadas, aunque acepten a la dominante, están continuamente al acecho para desbancar a la líder o destruirle sus huevos. A este comportamiento no podemos llamarle precisamente altamente social: las obreras subordinadas parecen hacer su oficio a "regañadientes".

Partenogénesis obligada

El nacimiento de machos de huevos no fertilizados (hecho común en himenópteros) co-

responde al tipo de partenogénesis "arrenótoca". Pero el otro tipo de partenogénesis, "telitoca", que implica el nacimiento de hembras de madres no fertilizadas, es raro en hormigas. Sin embargo, en Japón se han estudiado dos especies de hormigas, *Pristomyrmex pungens* y *Cerapachys biroi* donde existe partenogénesis telitoca obligada.

En una serie de interesantes experimentos Tsuji mostró que los nidos de *Pristomyrmex* carecen de machos y hembras fértiles.⁵ Por lo menos un gran grupo de obreras (las intranidales) poseen ovarios desarrollados y pueden poner huevos viables. El hecho de que no exista una casta reproductora (la reina) que se diferencie por morfología y comportamiento de una casta infértil (las obreras) hace difícil aplicar a esta especie los parámetros aplicados a formas.⁶

Parasitismo y esclavismo

Aunque en porcentaje pequeño, algunas especies de hormigas han dejado las complejidades del comportamiento social para tomar ciertos atajos. Algunas especies han perdido la casta obrera y sólo poseen belicosos soldados que atacan nidos de hormigas, saquean huevos y larvas y las transportan hasta sus propios nidos. Las obreras que nacen servirán a sus raptoras (y no a sus hermanas originales) y quedarán en condición de esclavas de por vida. Cuando mueran, las esclavistas buscarán otro nido y repetirán el ciclo. En un extremo mayor, en algunas pocas especies, las reinas invaden nidos ajenos y los explotan temporal o permanentemente para el beneficio de su propia descendencia.⁷ Estas prácticas parasíticas son también variadas, desde coexistencia hasta eliminación total de la reina o hembras asaltadas.

Algunos términos usados en biología de hormigas:

Haplometrosis	Fundación de un nido por una sola reina.
Pleometrosis	Fundación de un nido en "asocio" entre varias reinas.
Monoginia	Colonia con una sola reina fértil.
Poliginia	Colonia con más de una reina fértil.
Monódoma	Una colonia que ocupa un nido.
Polídoma	Una colonia que ocupa varios nidos.
Unicolonial	Nidos sin límites entre sí, donde las obreras pueden mezclarse.
Multicolonial	Colonias distintas con escasa o nula tolerancia entre sus miembros.
Admisión de reinas	Cuando una colonia admite o adopta nuevas reinas.
Ergatoide	Hembra fértil parecida a una obrera, sin alas.
Gamergate	Una obrera que reemplaza las funciones de la reina.
Partenogénesis	Hembras que producen progenie sin concurso del macho. Los machos que nacen de huevos no fertilizados (haploides) comprenden la partenogénesis arrenótoca. La partenogénesis que produce hembras se llama telitoca.
Diploide	Organismo con dos complementos de cromosomas (2n).
Haploide	Organismo con un complemento de cromosomas (n).
Selección Parental	Cuando la propagación de unos genes se afecta por la influencia que sus poseedores puedan tener en sus parientes, quienes también llevan esos genes.

Al parecer, los lazos de sangre entre madres e hijas es lo menos importante cuando llega el fatal momento de escoger una sola reina.

¿Matricidios?

Las hormigas del fuego (*Solenopsis* grupo *geminata*) son de las más estudiadas entre los formicidos gracias a su importancia económica. Recientemente Balas y Adams estudiaron la mortalidad de reinas en *Solenopsis invicta*.⁸ En esta especie, que ha invadido el sur de Estados Unidos, existe la fundación de nuevas colonias con el concurso de varias reinas (pleometrosis). Con el nacimiento de las obreras, aumenta la inestabilidad de las reinas produciendo agresividad entre ellas. Las propias obreras contribuyen a la eliminación de reinas. Los experimentos de estos investiga-

dores mostraron, sorprendentemente, que en casos donde la mayoría de obreras correspondían a una sola reina, esta no tenía (como era de esperarse) buenas opciones para sobrevivir. En otras palabras, el hecho de ser la madre principal no evitaba que pudiese ser eliminada por sus propias hijas. El matricidio no es de esperarse en estos insectos considerados altamente sociales. Al parecer, los lazos de sangre entre madres e hijas es lo menos importante cuando llega el fatal momento de escoger una sola reina.

Conflicto de intereses

Los apartados anteriores han mostrado, en pocas palabras, la gran heterogeneidad genética que se puede observar dentro de hormigas. Esto ha hecho pensar que existe un conflicto de intereses entre reinas y obreras por la producción de machos. En colonias monogínicas y monandrias las obreras comparten más genes con sus hermanas que con sus hermanos. Algunos piensan que las obreras preferirían invertir más recursos en otras hermanas (con las cuales comparten más genes) que en sus hermanos (menos genes compartidos), en oposición a la reina, la cual invierte recursos iguales en cada sexo (hijas e hijos) pues con cada uno de éstos comparte genes en proporciones iguales.

En 1976 Trivers y Hare propusieron que, debido al conflicto entre reinas y obreras por la producción de la progenie, éstas invertirán tres veces más en la producción de hermanas que en machos.⁹ Ésta es la famosa proporción 3:1, en oposición a la de la reina, 1:1. Esto crea un balance de fuerzas entre madre e hijas, donde ésta tenderá a evitar que aquellas tengan sus propios hijos (por partenogénesis), pues éstos (los nietos) compartirán apenas un 25% de genes con la abuela.

Existen datos poco uniformes sobre la extensión de este conflicto y su resolución. Algunos resultados sugieren que son las obreras las que "ganan" en este conflicto, pero aparentemente en la contienda se usa sin contemplación el engaño y la agresión.¹⁰

¿Es suficiente la selección parental para explicar la eusociabilidad?

Se debe a Hamilton la formulación matemática y teórica de aquello que se acuñaría como selección parental.¹ En Bourke y Franks se define así: "Selección parental es la selección natural de genes para acciones sociales por vía de los genes compartidos entre el protagonista de la acción y sus parientes".³ Estos autores consideran esta propuesta como una teoría de "nivel



Figura:
Arrietas.

profundo" y no una "hipótesis local". En efecto, como teoría que genere estudios de corroboración, produjo un gran impacto en la biología evolucionaria y del comportamiento,¹¹ y, de hecho, cierta sensación de poder explicativo.¹²

Pero, ¿realmente se trata de una teoría fuerte? Una primera objeción, señalada arriba, es que, al descansar sobre sistemas haplodiploides sólo es aplicable a himenópteros. Las termitas, todas sociales, son diploides. Existe incluso un mamífero social (rata topo de África) y recientemente se encontró un crustáceo marino social (aparentemente diploide). Por otro lado, existen algunos artrópodos (p.e. en escarabajos y ácaros) donde hay haplodiploidía pero no comportamiento social.

Si nos limitamos sólo a los himenópteros, la sociabilidad es un fenómeno poco frecuente. De las más de 200000 especies descritas sólo un pequeño porcentaje es altamente social, alrededor de 16000 especies, menos del 8%.¹³ Puesto que la proporción de nuevas especies que se están descubriendo (o que se estiman) es mayor en las formas solitarias que en las sociales,¹⁴ por lo tanto, el porcentaje de sociales puede ser aún más pequeño. ¿Por qué la sociabilidad no es más alta en un orden tan diverso y tan antiguo? Se conocen los himenópteros desde el Triásico, hace más de 200 millones de años.

Se argumenta que en estos insectos ha existido una serie de atributos que los han "predispuesto" para la sociabilidad, como construcción elaborada de nidos, uso de feromonas, comportamiento cooperativo en hembras, posesión de aguijón. Así, la selección parental estaría reforzada por estos atributos y no necesariamente por sí sola sería la explicación de la sociabilidad en Hymenoptera. Sin embargo, existen varios linajes de avispas y abejas con todos estos requisitos y sin ningún asomo de sociabilidad. En las avispas cazadoras de arañas (Pompilidae), no hay eusociabilidad sino a lo sumo cierto grado de construcción coopera-

tiva de nido de barro en especies de *Agentella*. En otra familia importante y con ricos repertorios de construcción y aprovisionamiento de nidos, como Sphecidae, hay algunas formas semisociales, pero la alta sociabilidad sólo se conoce en un género, *Microstigmus*.

Algunos de los apartados anteriores han mostrado una serie de comportamientos que se consideraban "inusuales" en hormigas. Bajo la perspectiva de la selección parental sus adherentes han visto estos casos como excepciones o desviaciones que se pueden "acomodar" al cuerpo de la teoría hamiltoniana. Sin embargo, a medida que crecen las evidencias de que los comportamientos "inusuales" no son tan inusuales, puede ser cada vez más engorroso acomodar las nuevas observaciones a la teoría defendida. Quizás podría ser mejor buscar otras explicaciones y examinar otras teorías por si el edificio hamiltoniano se cae estrepitosamente.

Auto organización y sociabilidad

Nacida dentro de la física y química para "describir la emergencia de patrones macroscópicos más allá de procesos e interacciones definidas en el nivel microscópico",¹⁵ la teoría de la auto organización se ha extendido al campo de la biología, particularmente el de la etología, y finalmente a los insectos sociales.¹⁶ La teoría se ha aplicado a diversos patrones de comportamiento en hormigas (p.e. *Leptothorax*, *Solenopsis* y *Pheidole*), abejas (*Apis*), avispas sociales (*Polistes*) y termitas (*Macrotermes*).

Bonabeu y colegas definen la auto organización como "el conjunto de mecanismos dinámicos por los cuales aparecen niveles globales en un sistema a partir de interacciones entre sus componentes de bajo nivel". Se trata de una "propiedad emergente" más allá de ser una propiedad impuesta sobre el sistema por una influencia externa.¹⁵

La auto organización posee cuatro "ingredientes": 1. Reacción positiva (amplificación): acciones simples que promueven la creación de estructuras (p.e. el reclutamiento de hormigas a una fuente de alimentos); 2. Reacción negativa: contrapeso a la reacción positiva, por ejemplo, al ayudar a la estabilización de un patrón colectivo (saturación, agotamiento, competencia), cuando el número de obreras disponibles es insuficiente para explotar una fuente de alimento, o llegan hormigas de otra colonia o especie a esta fuente de alimentación; 3. Amplificación de fluctuaciones: acciones al azar, que ocurre cuando hormigas buscan alimento, pero caminan sin rumbo fijo, sin embargo, descubren soluciones espontáneamente, es decir,

encuentran una rica e inexplorada fuente de alimento; 4. Interacciones múltiples: bajo una "mínima densidad de individuos mutuamente tolerantes" un individuo de una colonia puede generar una estructura auto organizada. En consecuencia, los autores de esta propuesta resumen tres características de la auto organización: a) la creación de estructuras espaciotemporales en un medio inicialmente homogéneo; b) La posible coexistencia de diferentes estados estables ("multiestabilidad"); y c) La existencia de bifurcaciones en frente de parámetros variables.

La aplicación de las ideas antes expuestas a varios aspectos en el comportamiento de los insectos sociales ha mostrado algunas consecuencias interesantes. Sus investigadores se apresuran a aclarar que la auto organización no es "mecanismo universal" y que variadas acciones de comportamiento en insectos sociales pueden tener otra explicación (p.e. el uso de la feromona por la reina para el control de la colonia). Estas personas piensan que su teoría puede incluso coexistir con otras propuestas.

Existen dos aspectos atractivos en la auto organización: el primero, se puede aplicar a todos los insectos sociales: La selección parental descansa en el mecanismo de la haplodiploidia, universal en Hymenoptera, pero ausente en Isoptera (termitas). El segundo, supera el problema de los bajos grados de cercanía genética entre individuos de una misma colonia (p.e. poliginia, poliandria, reinas adoptadas), el cual ha sido un problema importante para la selección parental. Pero, acerca del origen y evolución de la sociabilidad, la auto organización no ofrece respuestas completas. No explica, aspectos como el origen de comportamiento social en los artrópodos, aunque, según sus autores, "no contradice sino que complementa las teorías en evolución". De hecho, sus propagadores piensan que puede hablarse de selección operando sobre sistemas auto organizados, y que algunos de éstos puede ser "favorecidos por la evolución".

Perspectivas

Probablemente, como en otras áreas de la ciencia, no encontremos nunca un mecanismo universal que explique de manera satisfactoria el origen y mantenimiento de la sociabilidad en los artrópodos y otros organismos. Puede que cada una de las teorías expuestas someramente en este artículo tenga parte de la respuesta, sin excluirse mutuamente. Quizás necesitemos de nuevas formas de enfrentar el fenómeno: aunque sólo un pequeño porcentaje de especies en

el mundo es social, su preponderancia en los ecosistemas terrestres es indiscutible.

Agradecimientos

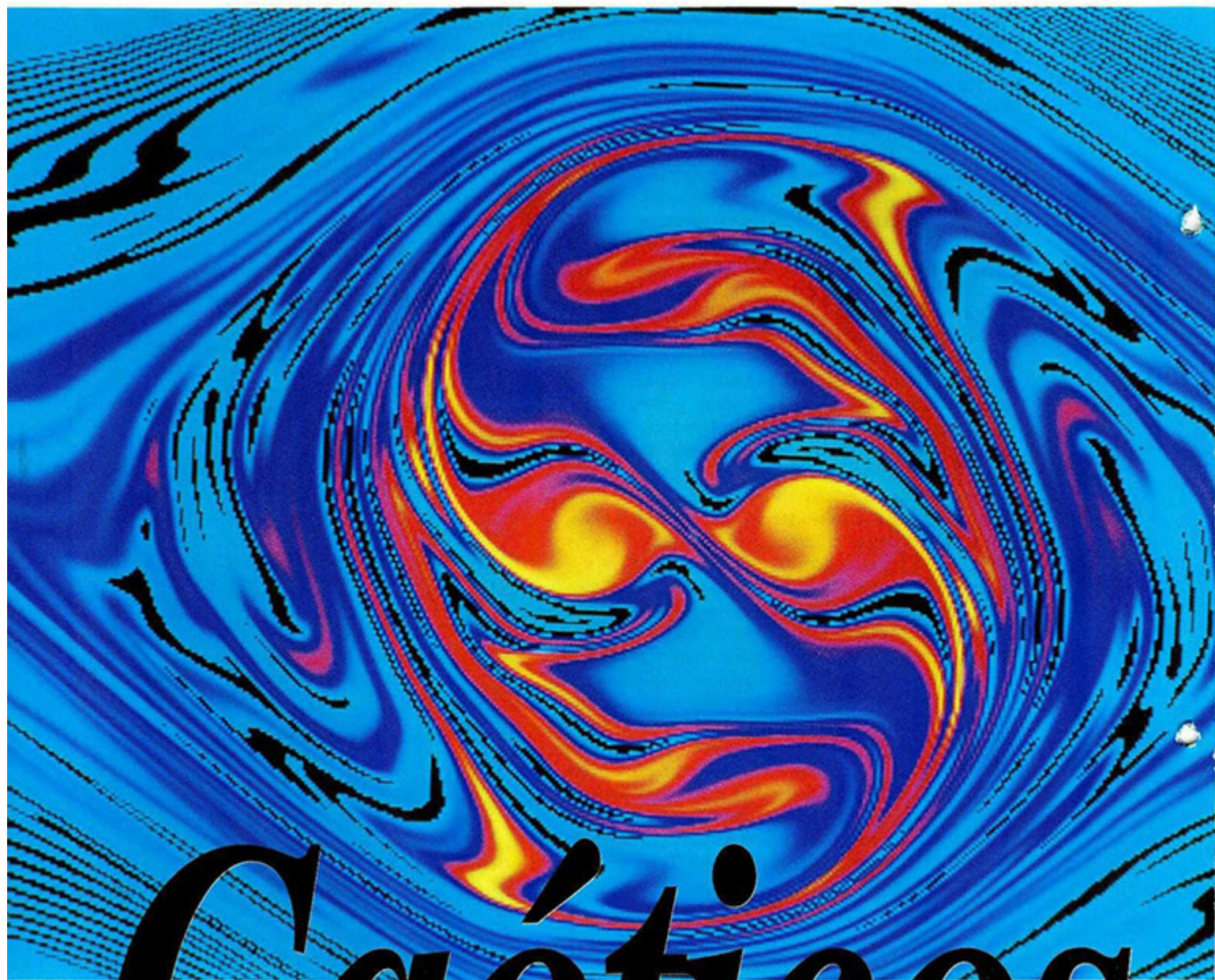
Estoy en deuda con los doctores Carlos R. F. Brandao (Universidad de Sao Paulo), Jürgen Heinze (Instituto Theodor Boveri, Würzburg) y Kazuki Tsuji (Universidad de Toyama, Toyama) por su valioso apoyo bibliográfico.



Referencias

1. Hamilton W.D. The genetical evolution of social behavior *Journal of Theoretical Biology* 7:1-52, 1964.
2. Wilson, E.O.: *The Insect Societies* Harvard University Press, 1971.
3. Bourke, A.F.G. & Franks, N.R.: *Social Evolution in Ants*. Princeton University Press, 1995.
4. Heinze J. & K. Tsuji.: *Ant Reproductive Strategies Research and Population Ecology* 37(2):135-149, 1995.
5. Tsuji, K.: *Obligate parthenogenesis and reproductive division of labor in the Japanese queenless ant *Pristomyrmex pungens**. *Behavioral and Ecological Sociobiology* 23:247-255, 1988.
6. Hölldobler, B. & E.O., Wilson.: *The Ants* Harvard University Press, 1990.
7. Buschinger: *Regulation of worker and queen formation in ants with special reference to reproduction and colony development pp. 37-57. En: W. Engel (ed) Social Insects. An evolutionary approach to castes and reproduction. Springer Verlag., 1990.*
8. Balas, M.T. & Adams, E.S.: *The dissolution of cooperative groups: mechanisms of queen mortality in incipient fire ant colonies* *Behavioral and Ecological Sociobiology* 38:391-399, 1996.
9. Trivers, R.L. & H. Hare: *Haplodiploidy and the evolution of the social insects* *Science* 191:249-263, 1976
10. Heinze J., B. Hölldobler & Peeters, C.: *Conflict and Cooperation in Ant Societies* *Naturwissenschaften* 81:489-497, 1994.
11. Futuyma, D.J.: *Evolutionary Biology* (3 ed) *Sinauer., 1998.*
12. Dawkins, R.: *The extended phenotype* W.H. Freeman & Co., 1981.
13. Snelling, R.R.: *Systematics of Social Hymenoptera pp. 369-453 en H.R. Hermann (ed) Social Insects Vol. II Academic Press, 1981.*
14. LaSalle, J. & Gauld, I.: *Parasitic Hymenoptera and the biodiversity crisis. Redia, Appendice* 74(3):315-334, 1991.
15. Bonabeau, E.; Theraulaz G.; Deneubourg J. L.; Aron S. & Camazine S.: *Self-organization in social insects* *TREE* 12(5):188-193, 1997.
16. Aron, S. et al.: *Self organizing spatial patterns in the Argentine ant *Iridomyrmex humilis* (Mayr) pp. 438-451 en R.K. Van der Meer, K. Jaffé y A. Cedeño (eds) Applied Myrmecology: A world perspective. Westview Press., 1990*

Sistemas



Caóticos

Juan Diego Urbina G.

Físico,

Grupo sistemas hamiltonianos, caos y complejidad,

Departamento de Física,

Universidad Nacional de Colombia,

Santa Fe de Bogotá, Colombia.

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



La construcción teórica que denominamos mecánica clásica comprende esencialmente las ideas y postulados que introdujo Newton y que le permitieron describir, con técnicas matemáticas, el problema del movimiento de los cuerpos macroscópicos que se puedan en alguna medida considerar como partículas. Esta forma de describir el fenómeno del movimiento ha sido posteriormente refinada con el uso de herramientas matemáticas cada vez más sofisticadas. De esta forma, los postulados fundamentales introducidos por Newton junto con las técnicas del análisis y el cálculo variacional conducen a lo que se denomina mecánica lagrangiana y hamiltoniana (Lagrange 1780, Hamilton 1840). En un lenguaje altamente sofisticado y potente denominado geometría diferencial, la descripción clásica del movimiento se reduce al estudio de la geometría propia de ciertos espacios abstractos.

El punto fundamental en la discusión que abordaremos es que en todas las posibles formulaciones de la mecánica clásica, los principios filosóficos fundamentales de la teoría son los mismos que introdujo Newton y son los que, dejando de lado el aparato matemático involucrado, dotan a la mecánica clásica de su rango de ser como ciencia exacta.

La ruptura trascendental en nuestra visión del universo, que marcan los fundamentos filosóficos de la mecánica clásica, es imposible de ignorar y ha determinado nuestra concepción de ciencia desde su nacimiento. Esta relevancia no es de ninguna manera fruto de los prejuicios de varias generaciones, sino del extraordinario acierto con que la mecánica de Newton describió y resumió de forma simple y elegante un sinnúmero de observaciones astronómicas que, hasta ese momento, parecían inconexas. Es importante anotar que el surgimiento de nuevos paradigmas científicos, que describen los fenómenos naturales a velocidades comparables con la velocidad de la luz (la relatividad especial) y a escala atómica (la mecánica cuántica), no alteran los fundamentos mismos de la mecánica clásica sino su

rango de aplicabilidad. Más aún, las suposiciones fundamentales de determinismo, predictibilidad y reproducibilidad inherentes a la visión newtoniana del universo, se llevan de manera casi intacta a todas las demás ramas de la física, lo que muestra cómo las ideas y fundamentos filosóficos de la mecánica clásica dan forma casi universal a nuestra concepción de saber científico.

En este artículo se discute una serie de cuestiones que tienen que ver con la forma en que los sistemas caóticos exigen que revaluemos algunas ideas que históricamente se han asumido como paradigmas de la física, que repercuten a veces de forma catastrófica en otras ramas del conocimiento científico. Éstos no son de ninguna manera problemas de una alta elaboración matemática sino que caen en el ámbito de los primeros principios.

Comenzaremos con la necesidad de abandonar el concepto de trayectoria como objeto de la predicción en mecánica clásica y la consecuente urgencia por incorporar las herramientas de la mecánica estadística en la física de pocos grados de libertad. Mostraremos cómo el uso de éstas permite darle forma matemática precisa a la idea de complejidad en sistemas caóticos.

Luego discutiremos brevemente la idea de lo incompleto en la descripción física de la naturaleza en el sentido de no abarcar, tal y como la conocemos, la problemática de la estabilidad.

Como a lo largo de este artículo se utilizará una serie de términos que tienen una definición matemática precisa, a continuación se ilustra de manera sencilla.

Un sistema clásico se refiere a un sistema físico que puede ser descrito con las herramientas de la mecánica newtoniana. Dentro de éste contexto clásico la evolución temporal (o como se le denomina, el estado) del sistema se representa por medio de una curva continua, denominada trayectoria del sistema, en un espacio $2n$ -dimensional llamado espacio de fase del sistema, cuyos ejes coordenados son las n componentes cartesianas de la posición y las n componentes cartesianas de la velocidad. El número de coordenadas necesarias para especificar la posición espacial del sistema, es decir las n componentes cartesianas de posición, se denomina número de grados de libertad.

Veamos un ejemplo. Si se quiere especificar la posición espacial de un péndulo simple, basta conocer el ángulo que forma con un eje vertical. Por lo tanto, este sistema clásico tendrá un grado de libertad, su espacio de fase tendrá dos dimensiones y su trayectoria será una curva cerrada continua en el plano como se observa en la **figura 1**.

Por otro lado, uno de los más grandes éxitos de la formulación de la mecánica clásica, es el de poder describir un sistema de muchas partículas, construyendo de una manera sencilla el espacio de fase total a partir del número total de posiciones y velocidades de todas las partes que lo componen.

Aunque este programa puede sonar prometedor, cuando se considera un sistema con un gran número de partículas, es decir, con un gran número de grados de libertad, la descripción usual en términos de la trayectoria en el espacio de fase no sólo se vuelve una tarea inacabable en términos prácticos sino que pierde su utilidad predictiva sobre el sistema. Por ejemplo, un gas está formado por cerca de 10^{23} a la 23 moléculas (un uno seguido por veintitrés ceros) por centímetro cúbico, de modo que tendríamos un espacio de fase de 3×10^{23} a la 23 dimensiones aproximadamente. El propósito de conocer en cada instante de tiempo la posición y la velocidad de cada una de las partículas implicaría resolver tantas ecuaciones como dimensiones del espacio de fase, tarea que además de ser en extremo complicada, es innecesaria puesto que en tal sistema no nos interesa conocer la posición y velocidad de cada una de las moléculas, sino el comportamiento "macroscópico", caracterizado por cantidades, tales como su temperatura o su volumen. Este cambio de visión hacia una descripción global de los sistemas de muchos grados de libertad ha tenido un éxito contundente y se enmarca dentro de lo que se denomina mecánica estadística clásica. No pretendemos entrar en detalles técnicos aquí, pero es importante subrayar que la mecánica estadística es una ciencia de carácter esencialmente probabilístico, es de-

cir, su formulación se basa en la carencia del conocimiento preciso del estado del sistema, y se pregunta entonces por la probabilidad de un evento físico particular.

Determinismo, predictibilidad y reproducibilidad

La mecánica clásica, como paradigma de ciencia positiva, sólo tiene sentido en la medida en que sus predicciones sean susceptibles de ser corroboradas experimentalmente. Por ejemplo, Adams y Larrier, en 1842, utilizando la teoría gravitacional de Newton predijeron la existencia del octavo planeta en el sistema solar, a partir de desviaciones observadas en la órbita de Urano. Tal predicción fue plenamente confirmada por Galle en 1843, quien encontró a Neptuno a un grado de diferencia respecto a las predicciones teóricas. Por el contrario, si tal planeta no se hubiera observado, esto señalaría una falla en la teoría newtoniana de la gravitación

En este ejemplo podemos ubicar tres conceptos fundamentales de la mecánica clásica. En primer lugar, ésta es una ciencia determinista, es decir, está formulada de manera que las condiciones del sistema en un instante de tiempo dado junto con las ecuaciones de movimiento determinan de forma precisa el estado del sistema en un instante posterior. En nuestro ejemplo, esto significa que la teoría de Newton predijo no sólo la existencia, sino la ubicación espacial y temporal de Neptuno. En segundo lugar, existe una cantidad predecible, llamada trayectoria en el espacio de fase, que puede ser medida y que la predijo la teoría clásica. En tercer lugar, tácitamente se supone que si se realiza el mismo experimento varias veces, bajo condiciones experimentales tan parecidas como sea posible, se deberá obtener el mismo resultado o uno muy similar, y éste constituye el pilar de la utilidad de la física como posibilidad tecnológica.

Veremos a continuación como la sola existencia de lo que denominamos sistemas clásicos caóticos, pone en tela de juicio la suposición tácita de que estos tres conceptos tienen carácter absoluto.

Los sistemas mecánicos caóticos

Consideremos un sistema mecánico sencillo como, por ejemplo, una partícula que se mueve en el espacio tridimensional. Supongamos además que su estado es conocido en un ins-

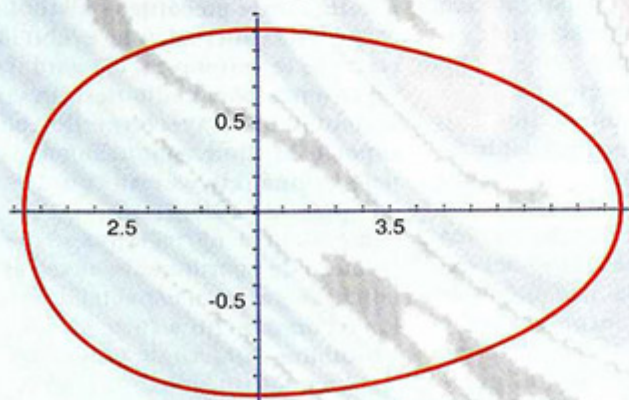


Figura 1. Estructura de una trayectoria del péndulo simple en el espacio de fase. El eje horizontal es la posición (ángulo respecto a la vertical) y el vertical la velocidad angular. Obsérvese cómo estas dos cantidades permanecen siempre en un rango finito de valores y cómo después de un cierto tiempo (denominado periodo) la trayectoria vuelve a su posición inicial.

Existen cantidades de carácter estadístico que son reproducibles en cualquier tipo de sistema físico.

tante determinado de tiempo, es decir, conocemos su posición y su velocidad en ese momento. Según la física clásica, el estado de la partícula en un instante de tiempo posterior puede ser predicho con absoluta precisión. De hecho, toda la mecánica clásica reposa en la firme convicción de que las trayectorias en el espacio de fase de los sistemas naturales se pueden predecir.

Hagamos un análisis más detallado de lo que está ocurriendo. Primero que todo, si el objetivo del experimento es medir directamente el estado del sistema, la trayectoria en el espacio de fase es por definición predecible, y la mecánica clásica que la predice en forma exacta es por definición determinista. Podemos decir entonces que el conjunto de enunciados y

técnicas que denominamos mecánica clásica es como una máquina que toma el estado único del sistema en un instante de tiempo y nos proporciona su correspondiente único estado en un instante posterior.

Pero, ¿y qué pasó con el experimento?, ¿dónde se ubica éste en el contexto que estamos analizando? Claramente, hasta el momento todo lo que se ha dicho puede aplicarse a cualquier conjunto de conocimientos que pretenda de una u otra forma describir el mundo, pero la física de hecho describe un mundo que es susceptible de ser medido cuantitativamente, y sólo en esta medida debe ser concebida como ciencia exacta.

Supongamos entonces que una persona elabora una situación experimental en la cual se va a medir de alguna forma el estado de nuestro sistema. Para poder confrontar las predicciones de la teoría, el experimentador parte con un estado inicial particular que sólo está determinado hasta los límites de medición de sus instrumentos y, por lo tanto, no es matemáticamente idéntico al estado inicial exacto utilizado en el cálculo teórico.

Es de suma importancia aclarar que esta imposibilidad de asignar un conjunto de números al estado de un sistema desde el punto de vista del proceso de medición, no es un límite que se pueda evitar en la medida en que la precisión de los instrumentos aumente, sino que constituye una limitación fundamental que, la mayoría de las veces, no es considerada en sus verdaderas dimensiones.

Sigamos con nuestro ejemplo. Una vez puestos de acuerdo en las condiciones iniciales del

experimento (el cálculo teórico sobre condiciones matemáticamente exactas y el resultado experimental a partir de unas condiciones ligeramente diferentes) permitiremos que nuestro sistema evolucione libremente durante un cierto lapso de tiempo al cabo del cual comparemos el estado predicho por la teoría (que llamaremos S_t) y el medido experimentalmente (que llamaremos S_e).

Intuitivamente es de esperar que si los estados iniciales son parecidos, los estados finales S_t y S_e sean parecidos también, de manera que el único efecto de la discrepancia inicial sea un error "pequeño" que se propaga de cierta forma en el tiempo. Observemos que este argumento respeta claramente las suposiciones de determinismo y predictibilidad en la medida en que se predice una cantidad medible y el resultado es un único estado final.

Supongamos ahora que se realiza un segundo experimento cuyas condiciones iniciales, como ya sabemos, diferirán tanto de las teóricas como de las del primer experimento. Al terminar tenemos entonces el estado final predicho por la teoría, y los dos estados finales medidos en los dos experimentos. Otra vez, la intuición nos dice que estos tres resultados se diferenciarán por un error pequeño en la medida en que los experimentos se realizan en las condiciones más parecidas posibles.

Ahora viene el punto central del concepto de caos. Claramente la idea de reproducibilidad supone en su esencia misma que los errores pequeños permanecen pequeños en el transcurso del tiempo, es decir, presupone algún tipo de estabilidad de manera que puedan ser comparadas las predicciones y los resultados experimentales entre sí. Los sistemas físicos que presentan tal estabilidad se denominan regulares. Sin embargo, y debemos ser enfáticos en esto, esta suposición no reposa sobre ningún tipo de resultado físico y no puede ser considerada una cualidad fundamental de la naturaleza. De hecho, uno de los resultados más impresionantes en el estudio del caos en sistemas clásicos es que la inmensa mayoría de los sistemas físicos presenta un comportamiento tal, que el error inicial crece de forma exponencial en el tiempo, es decir, los sistemas físicos son esencialmente inestables, lo cual junto con la exigencia de que el sistema evolucione en una región acotada del espacio de fase, define lo que se denomina un sistema mecánico caótico. La tendencia de las trayectorias cercanas a alejarse entre sí y la necesidad de que estén definidas sobre una región finita, produce un proceso de "doblado" y "comprimido" que genera el tipo de estructura observado en la **figura 2**.

Hay que anotar que en el marco de la formulación matemática de este problema (lo que se denomina teoría de la sensibilidad a condiciones iniciales), la respuesta a la pregunta sobre la reproducibilidad no es tan tajante como un sí o un no, sino que involucra cotas para el intervalo temporal y el tamaño de los errores iniciales, así como el grado de inestabilidad propio de cada sistema sobre los cuales, es posible la reproducibilidad. En términos prácticos esto significa que siempre es

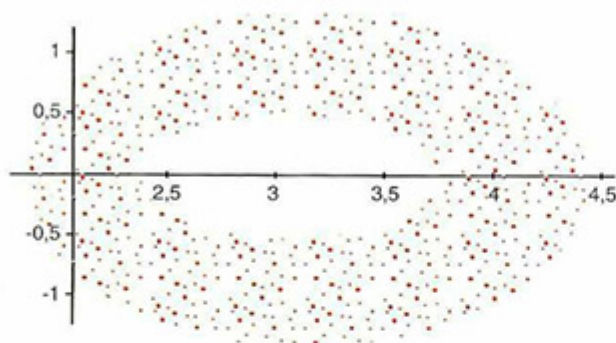


Figura 2. Espacio de fase asociado con el movimiento del electrón activo de un átomo alcalino sometido a un campo magnético. Obsérvese la pérdida de la regularidad, comportamiento característico de los sistemas caóticos.

posible encontrar intervalos de tiempo para los cuales la predicción y posterior reproducibilidad de los resultados está garantizada. Estos intervalos de tiempo, si bien varían de tamaño de forma drástica entre los diferentes sistemas y los diferentes grados de inestabilidad, es claro que no son infinitos, es decir, no es posible extender los mecanismos de predicción y reproducibilidad para tiempos infinitos. Éste es un resultado matemáticamente sustentado de la mecánica clásica. Cómo tratar con esto, es el tema que nos ocupará de aquí en adelante.

El punto aquí es que a nivel de fundamentos, la reproducibilidad es un concepto que requiere una reevaluación profunda, de hecho, debe ser abandonado de entrada como exigencia para denominar a un conjunto de enunciados "ciencia positiva", ya que la misma física no lo satisface en su totalidad.

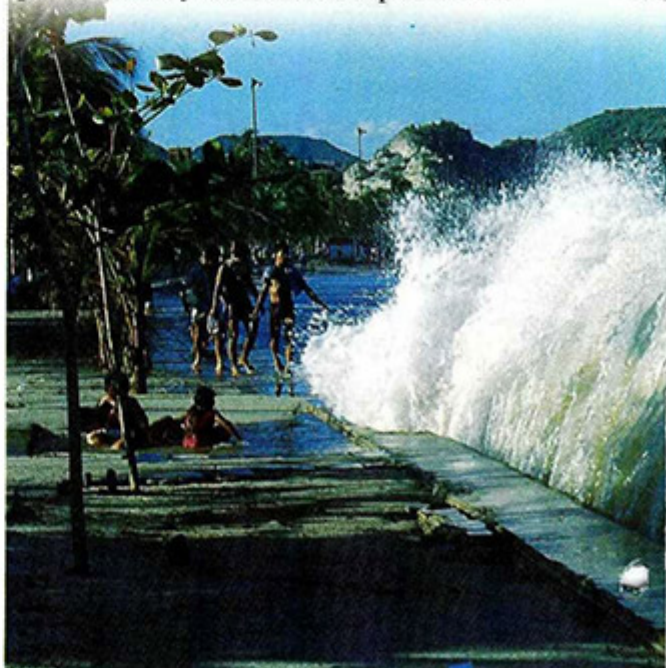
Por otro lado, existe aún otra categoría de inestabilidad que no hemos mencionado. Aparte del error en la determinación experimental en el estado inicial del sistema, claramente las condiciones externas que afectan al experimento no pueden ser exactamente las mismas, generando otro tipo de inestabilidad ahora respecto a cambios pequeños en el entorno mismo del sistema, denominada inestabilidad estructural. El estudio matemático de este

concepto ha permitido demostrar también que el comportamiento regular es estructuralmente inestable, en tanto que el comportamiento caótico es estructuralmente estable.

En este punto, se podría tratar de abordar esta aparente inconsistencia de la mecánica clásica a un nivel epistemológico ubicando en un contexto preciso la idea de reproducibilidad, su relación con determinismo y predictibilidad, para así, tratar de dilucidar su verdadera utilidad o necesidad en ciencias exactas. Sin embargo, como físicos, preferimos encontrar alternativas al interior de la mecánica clásica misma, cosa que sugerimos a continuación.

La inclusión de técnicas estadísticas en los sistemas de pocos grados de libertad

Toda la discusión acerca de la reproducibilidad en sistemas caóticos reposa en una idea básica, la de que el objeto por excelencia de la predicción en la mecánica clásica es la trayectoria en el espacio de fase. De hecho, la propia definición matemática de sensibilidad a condiciones iniciales, se realiza mediante unas cantidades que miden el grado de inestabilidad local de las trayectorias del sistema denominadas exponentes de Lyapunov. Esto plantea una serie de posibilidades y preguntas respecto a cómo afrontar la aparición de inestabilidad. Por un lado, puede demostrarse que el comportamiento general de los sistemas mecánicos tiene regiones de comportamiento regular mezcladas con otras zonas plenamente caóticas y, por lo tanto, si encontramos una medida para caracterizarlas podremos escoger la zona regular y confiar plenamente en las predicciones y su carácter reproducible.



Desde este punto de vista, el problema lleva a la pregunta acerca del carácter reproducible de los exponentes de Lyapunov de manera que permita identificar las regiones donde la reproducibilidad es fundamentalmente posible. Por suerte puede demostrarse que bajo condiciones bastante generales dadas en una amplia variedad de sistemas, los exponentes de Lyapunov (es decir, la estabilidad o no de la trayectoria) son cantidades reproducibles. Según esto, ya tenemos un buen criterio para saber cuando confiar en que las predicciones teóricas representan adecuadamente los resultados experimentales, escogiendo una zona regular.

De todas formas aún continúa el interrogante de cómo predecir de forma reproducible en las regiones caóticas. Hasta el momento, la única respuesta, vigente desde hace casi un siglo, la proporciona la mecánica estadística clásica con sus técnicas propias. Para entender esto consideraremos una formulación alterna de la mecánica clásica conocida desde el siglo pasado denominada formulación de Liuville. La formulación de la mecánica clásica sobre la cual están basadas las consideraciones anteriores es conocida como la formulación de Hamilton, y su objetivo directo es la determinación del estado del sistema en cualquier instante de tiempo a partir del conocimiento de éste en un instante dado. En este sentido, la formulación de Hamilton es puntual en la medida que predice la trayectoria única seguida por el sistema en el espacio de fase. Por otro lado, la formulación de Liuville no apunta al conocimiento de trayectorias particulares sino a la determinación de comportamientos generales de conjuntos completos de ellas, siendo una formulación de carácter global.

La formulación de Liuville es el corazón de la mecánica estadística clásica ya que es la forma más natural de estudiar sistemas cuyo espacio de fase puede dividirse en muchas partes, proporcionando la base para la utilización de técnicas estadísticas. Desde el punto de vista formal que nos interesa, puede demostrarse que la ecuación que gobierna la densidad de puntos en el espacio de fase (denominada ecuación de Liuville) es tal que no puede presentar sensibilidad a condiciones iniciales y por lo tanto se tiene un resultado fundamental: existen cantidades de carácter estadístico que son reproducibles en cualquier tipo de sistema físico.

De esta forma, la inclusión de técnicas estadísticas en la mecánica clásica de pocos grados de libertad permite construir una serie de cantidades reproducibles que caracterizan de otra forma el estado del sistema aunque este sea caótico. De todas formas, este logro tiene sus limitaciones, ya que la pregunta acerca de la posición y velocidad de una partícula en un sistema caótico ya no puede ser contestada de manera reproducible. Las nuevas cantidades tienen una esencia totalmente diferente y, en general, representan características de índole estructural.

Finalmente es interesante anotar cómo, de todas maneras este cambio de visión requerido por la mecánica de sistemas caóticos, lleva implícito un giro en nuestra forma de acercarnos a los sistemas naturales, llevándonos ahora hacia una descripción en términos más complejos y globales, para lo cual tenemos las herramientas matemáticas adecuadas y cuya ampliación a otros ámbitos del saber tiene consecuencias que apenas comenzamos a entrever.



Lecturas recomendadas:

Thom: *Structural Stability and Morphogenesis*, W. A. Benjamin, 1975.

Gultzwiler: *Scientific American*, January, 1992.

Tolman: *The principles of statistical mechanics*, Dover, 1979.

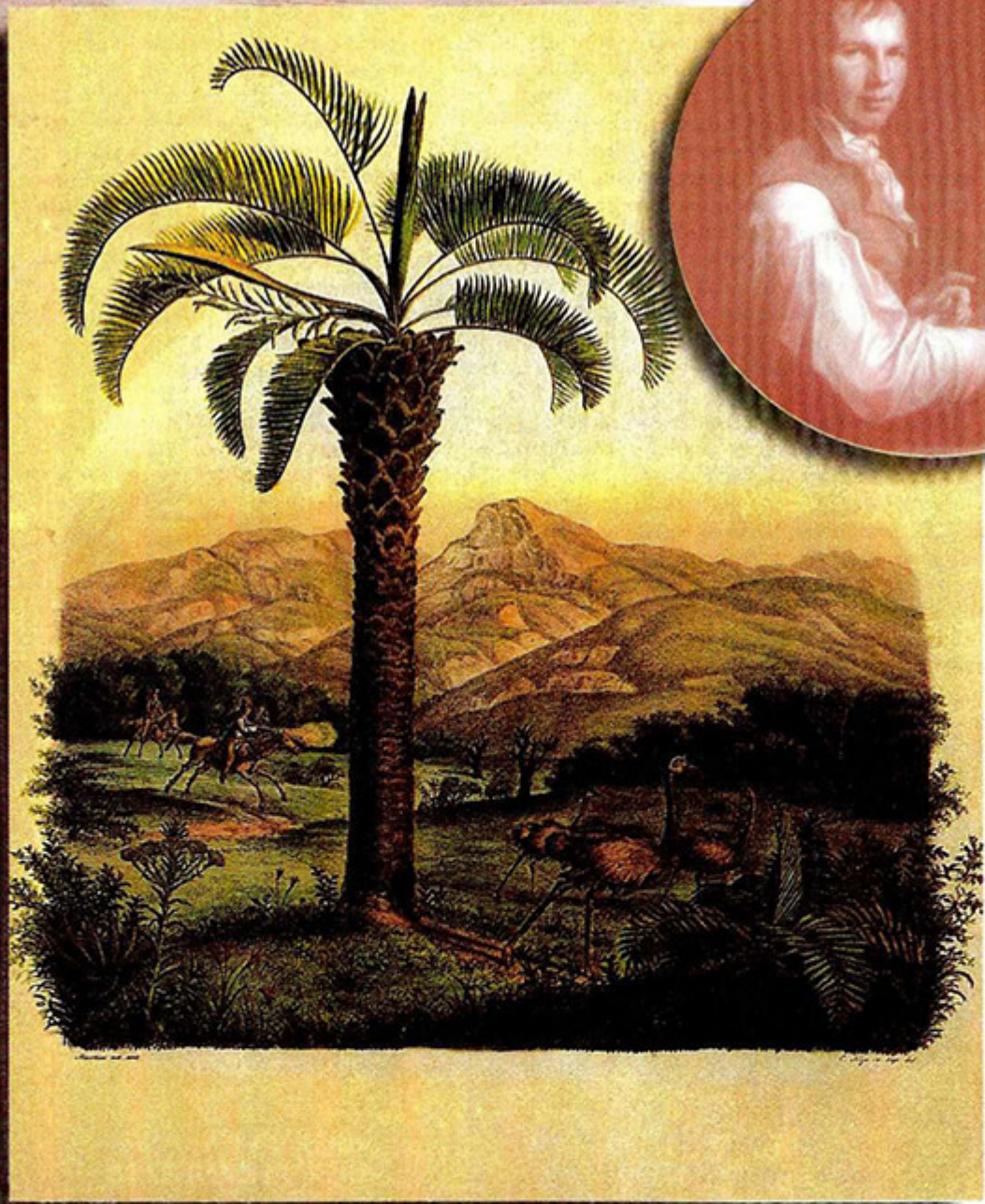
Prigogine: *Tan solo una ilusión*, Tusquets, 1982.

Urbina: "Átomo alcalino en presencia de campos magnéticos intencionales: dinámica clásica del electrón activo", Tesis de grado, U. N., 1997.

Mardsen, A.: "Fundations of mechanics", Benjamin - Cummings, 1978.

Campos: *Caos cuántico y principio de correspondencia: Un problema en evolución. El maestro de ciencias Universidad Nacional de Colombia*, 1996.





Estética y territorio en los trabajos de
Alejandro de Humboldt

Alberto Castrillón A.
Profesor Asociado,
Departamento de Historia,
Universidad Nacional sede Medellín,
Medellín, Colombia.
e-mail: ajcastri@perseus.unalmed.edu.co

Vegetación y estética

Con el fin de formar un nuevo campo de saber acerca de la vegetación –la geografía de las plantas–, en el cual los problemas planteados con respecto a la distribución geográfica de los vegetales, posibiliten el análisis y la comprensión de la relación vegetal-medio exterior. Alejandro de Humboldt recoge datos muy precisos sobre las posiciones de los picos más notables de la superficie terrestre, en longitud y en latitud, en los que establece su elevación, la acción de las fuerzas magnéticas, el grado de humedad, la temperatura, el estado eléctrico y la transparencia del aire; la fosforescencia del mar, la intensidad de la luz astral; la superposición de las capas terrestres y los fósiles que las caracterizan; la altitud relativa de las rocas y de las plantas; las formas y los aspectos del paisaje; el clima y su incidencia sobre los seres vivos.

Los biógrafos que han escrito sobre Humboldt establecen la importancia de los trabajos del viajero y señalan la amplitud de su formación intelectual que incluye estudios en las Universidades de Frankfurt, Berlín, Gotinga y en la Academia de ingenieros de Freiberg, además destacan el valor científico de sus corresponsales (Wildenow, Goethe, de Zach, Wilhem von Humboldt, Aragó, Gay-Lussac, Freisleben, Friedlander, etc.). Humboldt se menciona no sólo por el hecho de haber enriquecido la colección botánica existente en esa época, sino por las colecciones de rocas que el naturalista alemán envió a Berlín y a Madrid, aparte de las semillas y las plantas vivas que recopiló especialmente para el Museo de Historia Natural de París. Sin embargo, a estos autores lo que más parece haberles llamado la atención es su largo y peligroso viaje a América, cuyo recorrido

comenzó el 16 de julio de 1799 en Cumaná (Venezuela); así como la amplitud de su obra, treinta volúmenes de los cuales diez y seis están consagrados a investigaciones botánicas. Todo ello contribuye a subrayar la importancia de Humboldt en la historia de las ciencias de la vida.

Otros análisis –ya no de índole biográfica–, confirman la autoridad intelectual de la cual gozaba el naturalista alemán,¹ entre otros, se destacan su contribución en la formación de la biogeografía,² el papel determinante que desempeñó su viaje como modelo para los viajeros naturalistas³ y su relación con la *Naturphilosophie* y con los aportes científicos del romanticismo alemán.⁴ Estos trabajos permiten comprender mejor, tanto el estudio de la distribución de los vegetales que emprende Humboldt con su *Essai sur la géographie des plantes*, como sus condiciones de emergencia.

Nuestro propósito en este texto consiste en mostrar que la geografía de las plantas procede de una concepción estética amplia, que relaciona todas las ciencias naturales con el fin de fundamentar la distribución geográfica de los vegetales y de todos los seres vivos, sobre las características singulares de las diferentes regiones.

Exploración de nuevos territorios

El viaje de Humboldt se inscribe en un proceso de estudio de la vegetación que se había iniciado en el siglo XVI, que pone menos acento sobre la naturaleza como totalidad, que sobre las diferencias que presentan los fenómenos naturales. Esta manera de concebir el mundo, que se afirma desde el Renacimiento, permite al hombre volverse el observador de los elementos de la naturaleza y develar sus misterios para hacerlos visibles, especialmente a través de la descripción de la morfología de las plantas, de los minerales y de los animales. Esta posición de observador define también el lugar en donde se coloca el sujeto en el proceso de conocimiento. El hombre en tanto que sujeto, se encuentra opuesto a los elementos de la naturaleza, el objeto. Para elaborar un conocimiento de las leyes de la naturaleza, el sujeto debe *representarse* sus elementos. Ese estatuto de la representación es la condición de posibilidad de su descubrimiento. Es en esta posición sujeto-objeto, donde se ubica el proyecto científico de clasificación, nomenclatura y catalogación de la naturaleza. Este proyecto está determinado por la observación de las características externas que, en tanto que descripción de lo visible, implican un privilegio de la vista. El naturalista, simplemente viendo

**El naturalista,
simplemente viendo
una hoja o un fruto
puede deducir el
conjunto del árbol
o del vegetal.**



una hoja o un fruto puede deducir el conjunto del árbol o del vegetal.⁵ Es así, apto para descubrir

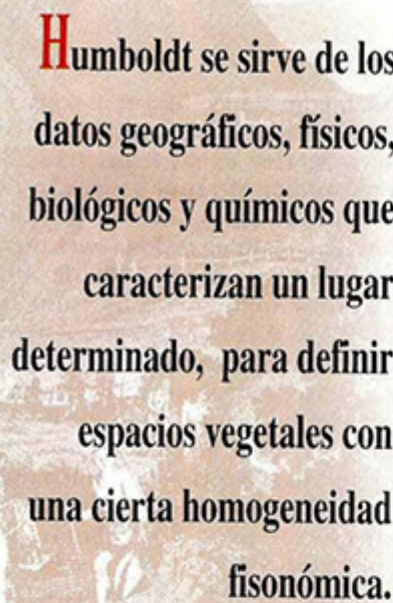
nuevas plantas y clasificarlas, pues su objetivo es acrecentar el número de las especies que pertenecen a ese conjunto continuo que se llama naturaleza. Este científico busca sobre todo verificar la existencia de un orden en la organización de las plantas, de los animales y de los minerales, a través de la constitución de herbarios, casa de fieras, parques zoológicos, gabinetes de historia natural, galerías de minerales y galerías de zoología.⁶ Estos espacios confirman la existencia de un orden en la disposición divina del mundo. Ellos son la representación y la reproducción del espacio natural.

El naturalista es también un viajero que quiere conocer lugares naturales constituidos de manera diferente a los de Europa. El viajero-naturalista se forma a partir de su experiencia

de viaje. Se sabe actualmente que la clasificación linneana fue muchas veces cuestionada especialmente en razón de la conformación diferente de las plantas de las regiones tropicales que los viajeros naturalistas observaban. Por ejemplo, Michel Adanson consideraba que era necesario cambiar las referencias de la clasificación pues, para las plantas tropicales, no siempre es la flor la que predomina. En consecuencia, consideraba imperativo tomar en cuenta todas las partes presentes en una planta. A partir de esta concepción propone entonces una división en sesenta y cinco grupos de plantas y no un sistema definido según la diferencia en la disposición de los elementos en la flor. Una interrogación del mismo orden comienza a abrirse paso cuando Alejandro de Humboldt estudia las criptógamas, en Freiberg (Sajonia), y la flora de las regiones tropicales en América Central y en América del Sur. Durante su estadía en Freiberg como alumno de la Academia de Minas, dirigida entonces por A.G. Werner, Humboldt observa que la débil luz de la lámpara de un minero, era suficiente para producir una pigmentación verde en los musgos y en los líquenes de grutas y de minas. A partir de estas observaciones, realiza los primeros ensayos del efecto de la luz en el crecimiento de las plantas, y produce su primer ensayo de fisiología vegetal. Éste y sus primeras herborizaciones sobre una zona específica, desembocan en la publicación de su *Florae subterranea Fribergensis*, en 1793. Este ejercicio de introducir experiencias con el fin de conocer las condiciones en las cuales crece una planta, significa "contaminar" la observación "pura" del sujeto-viajero naturalista del siglo XVIII.

Las primeras observaciones que hace Humboldt sobre la localización de especies en América y las comparaciones que comienza a precisar entre sus formas de asociación y sus relaciones con un territorio específico, son, en nuestro sentir, una de las condiciones de posibilidad para la elaboración posterior de su teoría sobre la distribución geográfica de las plantas.

Otro momento importante en la vida intelectual de Humboldt es su estadía en Gotinga. La entrada de Alejandro de Humboldt a la Universidad de Gotinga ocurre en la primavera de 1788. En aquella época, ésta era la universidad más importante de Alemania. C.G. Heyne, profesor de filología clásica, presenta a Humboldt a George Forster (1754-1794). Este encuentro fue, según Humboldt, fundamental



Humboldt se sirve de los datos geográficos, físicos, biológicos y químicos que caracterizan un lugar determinado, para definir espacios vegetales con una cierta homogeneidad fisonómica.

para su orientación científica. Para Forster la experiencia es el viaje y éste debe ser una expedición científica que combina el razonamiento con la imaginación, pues sólo así se produce un relato que propone un equilibrio entre la información científica y el decorado estético. Su obra *A voyage around the world*, publicada en Londres por primera vez en 1777, es un ejemplo de esta combinación. Forster tenía en esa época treinta y seis años y había acompañado a su padre en

el segundo viaje alrededor del mundo del capitán James Cook. Él relató a Humboldt toda la historia de esta experiencia, y lo invitó a emprender un pequeño recorrido a lo largo del Rin. La práctica geológica fue la actividad principal de este viaje y permitió la producción de un escrito de juventud de Humboldt, *Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein*, Schulbuchhandlung, Braunschweig 1790.

Fundamentos para una geografía de las plantas

La relación de Humboldt con Goethe también fue determinante para la apertura de un nuevo campo de saber con respecto a la vegetación. Goethe buscaba leyes generales que respondieran a una concepción de la naturaleza en tanto que forma armoniosa: sirviéndose de la noción de *Urtype*, muestra que existe una forma original a partir de la cual se pueden reconstruir todas las otras formas naturales. El trabajo del naturalista sería (para Goethe y luego para Humboldt), descubrir la o las formas originales (*Urtype*) del universo, con el fin de develar su armonía universal. Son las leyes generales las que muestran la relación entre las formas originales. El trabajo de Humboldt es, de alguna manera, la síntesis de muchas corrientes de pensamiento: con sus primeros trabajos sobre la flora de Freiberg, sus experiencias con respecto a la incidencia de la luz débil sobre los musgos y los líquenes, sus estudios sobre los protocolos teóricos de Blumenbach, de Kant, de Goethe: el naturalista integra vías estéticas regionales y experimentales, con el fin de con-

cretar las relaciones entre las plantas y su medio, y de los grupos de plantas entre ellos. En efecto, Humboldt utiliza concepciones estéticas estrechamente asociadas a concepciones científicas, con el objetivo de conocer las formas originales y las leyes generales que confirmarían la existencia de un equilibrio natural; para ello divide las plantas en grupos y estudia la interacción de cada uno de ellos. La concepción estética amplía que desarrolla Humboldt, le permite encontrar diferencias en la organización de conjuntos de vegetales, tales como la homogeneidad en la forma de las coníferas que crecen en las regiones templadas y la heterogeneidad de las formas de los árboles en una selva tropical. En sus trabajos, Humboldt se esfuerza en descubrir a la vez formas originales y leyes generales que rigen las diferencias en la distribución de las especies, en condiciones geográficas y climatológicas específicas.

La relación que Humboldt establece entre la configuración de una planta y su medio, le permite elaborar una teoría en la cual diferencia quince regiones fisonómicas, tanto por sus formas, como por su relación con un medio particular. Observaciones geológicas, mediciones de temperatura, medidas de presión atmosférica, estudios higrométricos, la latitud y la altitud van a permitirle precisar las relaciones de las plantas con su medio. La relación entre la planta y su medio deja de ser sólo un dato que hace más clara la clasificación o que brinda una referencia geográfica precisa. El científico alemán propone más bien otra posibilidad de observación que no conduce al perfeccionamiento de la clasificación, sino a un nuevo estudio, el del medio. El medio deviene entonces una preocupación que no es del orden de la taxonomía, es decir, de la observación de los elementos que definen tal o cual estructura en una planta, en un animal o en un mineral. El concepto de medio se vuelve autónomo: sale de la clasificación para entrar en la constitución de experiencias que no están determinadas por un sistema de conocimientos pre-establecidos, sino por condiciones específicas, a partir de las cuales, los fenómenos naturales se diferencian entre sí.

La emergencia de la noción de región templada, tropical, montañosa o rocosa, introduce una modificación en el concepto de naturaleza. Ésta entonces estaría conformada por conjuntos con características comunes y relaciones específicas con un medio dado. La percepción de las diferencias entre las regiones permite la constitución de un saber, la geografía de las plantas, que sirve para comprender la distribución espacial de los vegetales.

La geografía de las plantas

La constitución de la geografía de las plantas tiene lugar gracias a los primeros estudios de Humboldt sobre la flora regional de América Central y de América del Sur, a los contactos intelectuales que tuvo en Gotinga, a las ideas de viaje sugeridas por su amigo Forster y a su consideración estética de la fisonomía de las plantas, lo que desemboca en una concepción de la naturaleza en espacios diferenciados según la homogeneidad morfológica de las especies, que permite la formación del concepto de *región natural*.

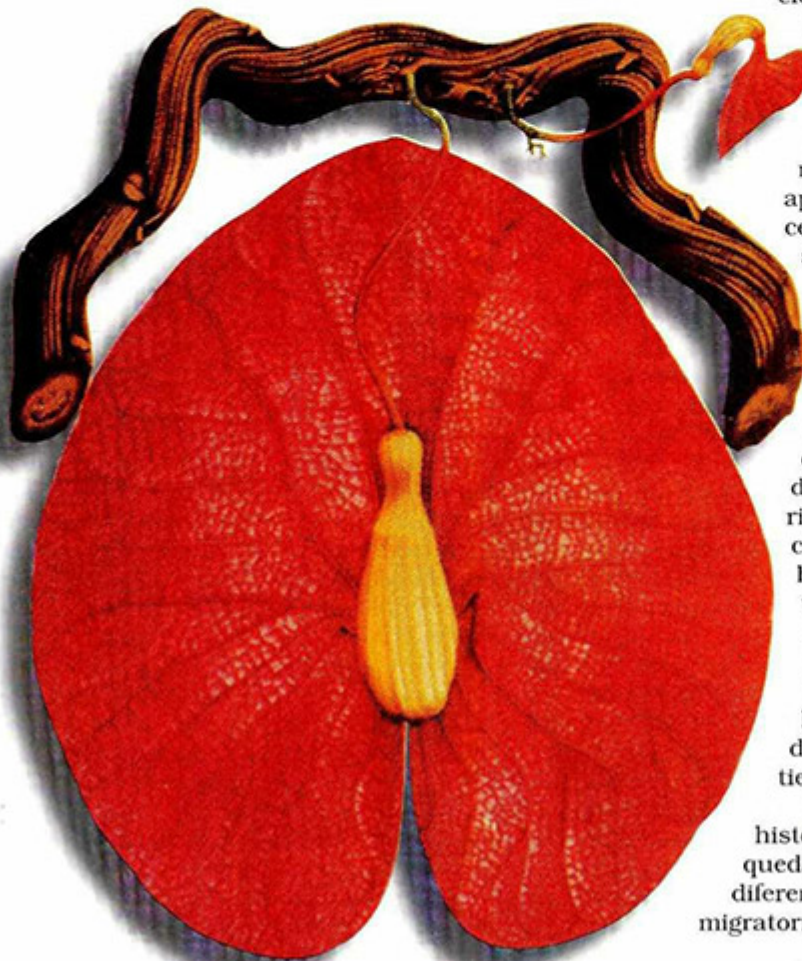
La geografía de las plantas va a introducir un problema capital en la concepción de la naturaleza, puesto que el concepto de *región natural* supone una fragmentación de la superficie de la Tierra. La naturaleza deja de existir en tanto que unidad. Humboldt se sirve de los datos geográficos, físicos, biológicos y químicos que caracterizan un lugar determinado, para llegar a definir espacios vegetales con una cierta homogeneidad fisonómica, diferenciados unos de otros, pero que tienen una relación

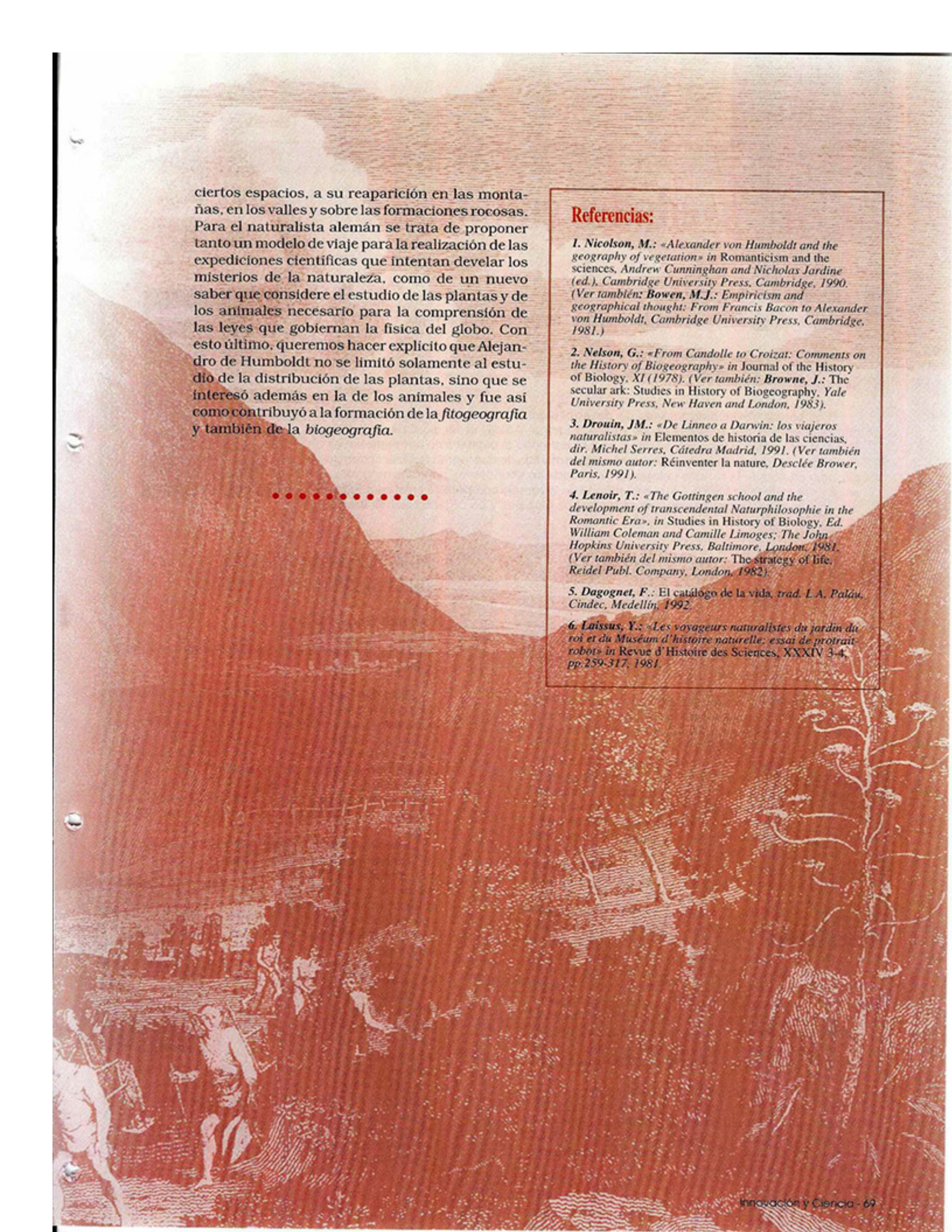
singular con un medio dado. Sin embargo, el valor principal que define la homogeneidad de un conjunto de vegetales es su fisonomía. El proyecto de constitución de una geografía de las plantas suscita un gran interés por las divisiones regionales posibles de los vivientes y permite el desarrollo de un análisis de sus diferencias, que utiliza también las herramientas provenientes de la taxonomía botánica, ya que el carácter distintivo de cada flora regional, se establece enumerando las especies de plantas presentes en ella y precisando la clasificación particular de cada planta. Entre la caracterización de cada planta y la explicación de sus diferencias regionales, existe un mecanismo de despliegue que modifica la botánica. Así, ésta disciplina no se apoya más sobre el punto de referencia de todo un aparato descriptivo, sino que ella comienza a considerar los análisis de los procesos constitutivos de los vegetales y sus interacciones.

Los vegetales ya no son elementos heteróclitos que esperan su clasificación en los herbarios del museo, sino elementos de la naturaleza definidos como vivientes gracias a la capacidad que tienen para modificar se en función de su medio y a la posibilidad de reaccionar en otras regiones y con otros vivientes.

Establecidas de esta manera, comienzan a existir dos concepciones simultáneamente, incluso si la segunda aproximación implicara una ruptura conceptual con la primera, el registro natural se mezclaría con la cuadrícula determinada por el modelo taxonómico de la primera concepción. Por el contrario, en la segunda, la taxonomía es un elemento de la investigación botánica, que tiene como objetivo analizar las diferencias regionales con el fin de comprender las leyes que gobiernan la distribución de los vegetales. Es necesario precisar que, incluso si la consideración más importante para definir la homogeneidad de los conjuntos de vegetales es su fisonomía, Humboldt analiza la naturaleza no solamente desde un punto de vista morfológico, sino también teniendo en cuenta la dinámica de las interacciones de sus elementos, es decir, integrando en ello la noción de tiempo.

Según la concepción de Humboldt, la historia de la Tierra está asociada a la búsqueda de la distribución geográfica de los diferentes animales y plantas, a sus procesos migratorios, a su extinción, a su desaparición en





ciertos espacios, a su reaparición en las montañas, en los valles y sobre las formaciones rocosas. Para el naturalista alemán se trata de proponer tanto un modelo de viaje para la realización de las expediciones científicas que intentan develar los misterios de la naturaleza, como de un nuevo saber que considere el estudio de las plantas y de los animales necesario para la comprensión de las leyes que gobiernan la física del globo. Con esto último, queremos hacer explícito que Alejandro de Humboldt no se limitó solamente al estudio de la distribución de las plantas, sino que se interesó además en la de los animales y fue así como contribuyó a la formación de la *fitogeografía* y también de la *biogeografía*.

Referencias:

1. **Nicolson, M.:** «Alexander von Humboldt and the geography of vegetation» in Romanticism and the sciences, Andrew Cunningham and Nicholas Jardine (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 1990. (Ver también: **Bowen, M.J.:** Empiricism and geographical thought: From Francis Bacon to Alexander von Humboldt, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.)
2. **Nelson, G.:** «From Candolle to Croizat: Comments on the History of Biogeography» in Journal of the History of Biology, XI (1978). (Ver también: **Browne, J.:** The secular ark: Studies in History of Biogeography, Yale University Press, New Haven and London, 1983).
3. **Drouin, J.M.:** «De Linneo a Darwin: los viajeros naturalistas» in Elementos de historia de las ciencias, dir. Michel Serres, Cátedra Madrid, 1991. (Ver también del mismo autor: Réinventer la nature, Desclée Brouwer, Paris, 1991).
4. **Lenoir, T.:** «The Gottingen school and the development of transcendental Naturphilosophie in the Romantic Era», in Studies in History of Biology, Ed. William Coleman and Camille Limoges; The Johns Hopkins University Press, Baltimore, London, 1981. (Ver también del mismo autor: The strategy of life, Reidel Publ. Company, London, 1982).
5. **Dagobert, F.:** El catálogo de la vida, trad. L.A. Paláu, Cíndec, Medellín, 1992.
6. **Laissus, Y.:** «Les voyageurs naturalistes du jardin du roi et du Muséum d'histoire naturelle: essai de portrait robot» in Revue d'histoire des Sciences, XXXIV 3-4, pp.259-317, 1981.

Novedades editoriales

ARANDO EN EL MAR.

Fuentes ocultas de la creación de riqueza en los países en desarrollo.

Michael Fairbanks y Stacey Lindsay,
McGraw Hill Interamericana Editores S.A.
de C.V., México, 1999.

Los países del mundo en vías de desarrollo están experimentando una revolución nunca antes vista. Las naciones de América Latina, África, el Medio Oriente y Europa Oriental, no ajenas a las conmociones, se han adherido al capitalismo por primera vez en su historia. Su éxito o fracaso dependerá en gran medida de que logren realizar la transición del viejo mundo de la ventaja comparativa -basada en abundantes recursos naturales, luz solar y mano de obra barata- al nuevo mundo de la ventaja competitiva en el cual se toman decisiones estratégicas en una era de mercados globales y de organizaciones en red.♦



EDUCACIÓN: LA AGENDA DEL SIGLO XXI. Hacia un desarrollo humano

Hernando Gómez Buendía.
Prólogo de Carlos Fuentes
Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo,
Tercer Mundo Editores. 1999.

La educación es la clave del siglo que viene. Por eso el programa de Naciones Unidas para el Desarrollo decidió convocar una comisión internacional y un equipo técnico de alto nivel, para revisar la situación y buscar alternativas que permitan el ingreso de nuestros

niños y jóvenes a la sociedad global del conocimiento, donde habrán de vivir, de convivir, de ser felices y de competir. Este trabajo desarrolla preguntas como: ¿Cuáles son las ocho destrezas que debe tener un trabajador en el siglo XXI?, ¿Realmente para qué vamos a la escuela?, ¿Por qué los tigres asiáticos nos cogieron ventaja?, ¿Cómo escoger una buena escuela para sus hijos?, ¿Cuáles han sido los cinco pecados capitales de la educación latinoamericana?, ¿Cómo se aprenden los valores?, ¿Qué están haciendo Corea, Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Israel, Nueva Zelanda y otros países avanzados para mejorar su educación?, ¿Quién está formando sus hijos?, ¿Qué podemos aprender de Chile, Minas Gerais o la Escuela Nueva de Colombia?, ¿Por qué educar es un acto de coraje?, ¿Cuáles son los diecisiete cambios que necesita nuestro sistema educativo?

Este trabajo académico fue adelantado por casi medio centenar de consultores, colaboradores y especialistas en varios países de América Latina y el Caribe. La dirección técnica y la redacción final estuvieron a cargo del analista y escritor colombiano Hernando Gómez Buendía.♦



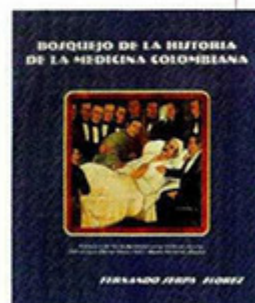
BOSQUEJO DE LA HISTORIA DE LA MEDICINA COLOMBIANA

Fernando Serpa Flórez
Autoridades Académicas
Fundación Universitaria Manuela Beltrán. Santa Fe de Bogotá, 1999

Este Bosquejo de la Historia de la Medicina Colombiana está dedicado al estudioso de la profesión interesado en indagar las raíces que sustentaron en el pasado la carrera del médico en nuestra patria. Su mérito quizá sea el de procurar actualizar algunos datos. Hasta comienzos del siglo XX. Pues, ésta constituye una fecha contemporánea lo suficientemente alejada que permita observar la decantación de los hechos en virtud del paso de los años.

La extraordinaria importancia de las epidemias en la historia y la oportunidad que ha tenido quien dedicó parte de su vida al servicio de la salud pública y, por ende, a la epidemiología, hace que varios capítulos se dediquen a recordar la manera como las enfermedades comunicables se han extendido por nuestro territorio causando dolor y estrago.

El autor considera que la historia le brindará a los médicos la debida y necesaria seguridad y la modestia para ejercer la carrera con la serena tranquilidad de saberse precedidos por muchas generaciones que lucharon contra la enfermedad y el dolor. Estas generaciones dejaron enseñanzas que, de observarlas adecuadamente, de estudiarlas eficazmente y de aplicarlas con sabiduría y prudencia le permitirán a los galenos cumplir en forma satisfactoria los sagrados postulados de la medicina.♦



LA PROFESIONALIZACIÓN ACADÉMICA EN COLOMBIA.. HISTORIA, ESTRUCTURA Y PROCESOS

Fernando Uricoechea
Tercer Mundo Editores,
Santa Fe de Bogotá, 1999



El autor presenta una síntesis completa sobre la historia, estructura y procesos de la academia de las profesiones y, en particular, sobre la delicada responsabilidad de enseñar e investigar que, con el paso de los años, han desarrollado los profesionales dedicados a ser profesores universitarios.

El libro tiene como parámetros de medición, comparación y seguimiento, los datos empíricos que sobre la cultura académica colombiana arrojó el trabajo minucioso de estadísticas, cuadros e indicadores levantados en las universidades Nacional y de los Andes en Bogotá, donde la profesionalización podría conducir a la consolidación de una comunidad nacional de científicos.

Según Fernando Uricoechea, la obra pretende auscultar la situación de los profesionales responsables no sólo de la reproducción del conocimiento sino de la producción del saber para avanzar en la formación de científicos que le den una nueva dimensión a la educación colombiana en el siglo XXI.

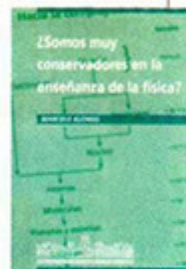
Cada capítulo es un encuentro con las respuestas a preguntas sobre los siguientes tópicos: la profesión académica, el desarrollo de la organización científica en Colombia, Francia en el siglo XIX y Colombia en el siglo XX, los diversos tipos de profesores de la universidad colombiana, actitudes y valores. •

¿SOMOS MUY CONSERVADORES EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA?

Marcelo Alonso
Servicio de Publicaciones,
Universidad de las Palmas de la Gran Canaria, 1998.

El autor es conocido en el ámbito de la física fundamentalmente debido a sus libros de texto sobre física general, física atómica y mecánica cuántica. Las reflexiones que presenta en esta monografía permiten comprender y unificar el conocimiento de su obra docente, que se aparta de la tradicional división de la física. Son reflexiones para profesores que enseñan física, con el objeto de que puedan presentar a sus alumnos una visión ordenada y coherente de los contenidos que forman parte de los diferentes programas universitarios. Considera fundamental la enseñanza "conceptual" de la física en los cursos introductorios de manera que concuerde con las ideas actuales con el fin de que los estudiantes reconozcan que el estudio de la física es una genuina y útil "aventura del pensamiento", como bien dijo Einstein, y no una exasperante pesadilla.

Alonso reconoce que la física se puede enseñar como un agregado de tópicos más o menos inconexos, pero es un defensor de la idea de enseñarla como un conjunto ordenado y coherente, con una cierta unidad conceptual. El autor es partidario de modernizar la enseñanza de la física no sólo utilizando técnicas de información para modelación, simulación y manejo de datos, sino principalmente haciendo una revisión conceptual crítica que debe llevar a los alumnos a entender cómo los científicos desarrollan sus ideas y modelos sobre los fenómenos físicos. •



SITUACIÓN DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN COLOMBIA



Sociedad Geográfica de Colombia, Academia de Ciencias Geográficas,
Director de Publicaciones: Ovidio Oundjian Besnard,
Editora Guadalupe S.A.,
1998.

Dada su naturaleza multivalente, biofísica y humanística, la geografía constituye una disciplina síntesis, puente cognoscitivo entre el hombre, un protagonista y el planeta, un habitat. La geografía integra el estudio de la superficie de la Tierra, el medio, el ambiente, las acciones tendientes a cuidarlos y preservarlos y la sociedad humana, responsable de lo que ahí suceda.

Esta concepción antropogénica y totalizadora señala la importancia intrínseca de la geografía,

establece su enlace con la suerte de la nación y la ubica en el desafiante conjunto que conforman la totalidad de las ciencias de la Tierra.

La Sociedad Geográfica de Colombia, Academia de Ciencias Geográficas presenta esta publicación de convergencia como medio de difusión encaminado a promover una visión compartida de las geociencias, iniciativa que no constituye de manera alguna competencia o duplicación de lo que cada quien realiza individual o institucionalmente.

El libro consta de cuatro capítulos. El primero aporta el contexto y el marco conceptual en el que se desenvuelve el trabajo en ciencias de la Tierra; el segundo presenta el diagnóstico testimonial y documental y las salidas que ofrecieron los geocientíficos en las dos reuniones interinstitucionales; el tercero contiene la disertación de los ponentes en la reunión realizada en el auditorio de Ingeominas y el cuarto contiene una muestra del trabajo que se realiza en Colombia en siete disciplinas de las geociencias, en artículos especializados con los cuales colaboraron para esta publicación trece expertos y tres instituciones. •

COLECCIÓN: JUEGA Y APRENDE A PENSAR

Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano, CINDE.
Centro cooperador de la UNESCO para niñez temprana en América Latina. Sabaneta - Antioquia, 1999

Esta colección de materiales didácticos interactivos e impresos se considera como una estrategia lúdica de apoyo pedagógico tanto para docentes como para padres de familia y agentes educativos.



Está dirigida a potenciar el desarrollo del pensamiento lógico y la creatividad del niño. Son el fruto de un proceso de conceptualización, sistematización y prueba de los procesos seguidos por los niños

al desarrollar habilidades intelectuales para aprender a pensar, iniciados desde 1964 por el doctor Glen Nimnicht, con los programas New Nursery School en Colorado, Estados Unidos y los del Far West Lab en San Francisco, que luego se convirtieron en bandera de los programas nacionales Head Start y Follow Through en ese país. Los mismos que amplió y pusiera a prueba con la doctora Marta Arango, primero en Venezuela y luego en Colombia, a través de diversas investigaciones y programas de CINDE.

Los resultados logrados con los programas realizados, en cuanto a mayor desarrollo intelectual y mejoramiento en el desempeño escolar, son reflejo de los objetivos para los que han sido diseñados. Entre ellos están: desarrollar la memoria, la concentración, el pensamiento lógico, el pensamiento inductivo, el pensamiento flexible, la habilidad para la solución de problemas y el mejoramiento del autoconcepto.

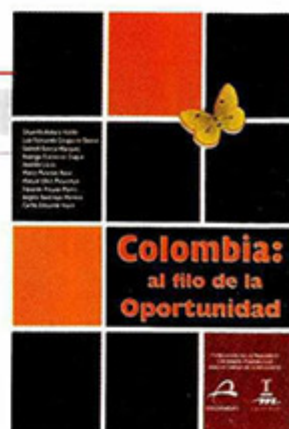
La colección está estructurada por niveles crecientes de complejidad, constituido cada uno por un manual guía para el adulto en el que se presentan por secciones los juegos que pueden realizarse con los niños y por un cuadernillo de juguetes desprendibles, en cartulina, para el niño. •

COLOMBIA AL FILO DE LA OPORTUNIDAD

Presidencia de la República,
Consejería Presidencial
para el Desarrollo Institucional,
Colciencias, Tercer Mundo Editores, 1999.

El libro resume las posiciones, análisis y recomendaciones sugeridos por los miembros de la Misión *Ciencia, Educación y Desarrollo*, más comúnmente llamada Misión de sabios. Se trata de una mirada comprensiva de lo que hemos sido y de lo que somos, y una invitación a formular los escenarios posibles de lo podemos llegar a ser. De reconocer que tenemos que reinventar el país para que los niños nos enseñen a verlo, mientras nosotros, hombres y mujeres, nos empeñamos en aclarar y simplificar lo que ha estado demasiado confuso en la educación, la ciencia y el desarrollo. Varias de las recomendaciones aquí formuladas han sido acogidas y puestas en práctica por el gobierno y el sector privado. La Misión interpretó algo que saltaba a la vista: la necesidad de producir un cambio de grandes dimensiones, ajustándose a una manifiesta voluntad existente en la sociedad colombiana, la de fortalecer la vigencia y la buena marcha de una cultura científica.

Esta es una propuesta dirigida a todas aquellas personas interesadas en este cambio que Colombia espera. Los responsables del mismo son todos los ciudadanos, quienes a través de una lectura de este primer aporte podrán desplegar sus propios enfoques, sus diversas aproximaciones, sus rutas transversales y divergentes hasta completar un propósito y un quehacer que nos haga a todos más conscientes, responsables, creativos y comprometidos. •

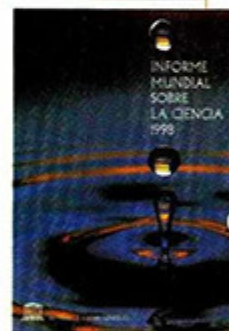


INFORME MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA 1998

UNESCO
Grupo Santillana de Ediciones,
S. A., Madrid,
1998.

El tercero de una serie bianual de publicaciones de la UNESCO, el *Informe mundial sobre la ciencia 1998*, observa el estado actual de la ciencia alrededor del mundo a través de los ojos de un equipo internacional de expertos. ¿Quiénes están desarrollando investigaciones, dónde y con qué medios? ¿Qué ha cambiado en los últimos años? Cada uno de los ensayos, formativo y estimulante para el pensamiento, describe cómo están organizadas la investigación y el desarrollo en regiones determinadas o en un grupo de países e identidades. Además, discute las tendencias emergentes en investigación y ciencias de la educación, incluyendo asuntos específicos de la región o el país. La opinión del autor, donde resulta posible, está respaldada por datos numéricos presentados de una manera accesible como cuadros o gráficos.

La segunda parte del *Informe* examina tres asuntos contemporáneos que tienen en común su naturaleza global y sus ramificaciones para toda la sociedad. Los capítulos separados observan la manera en que la ciencia ayuda a salvaguardar nuestras dos materias primas básicas, los alimentos y el agua, en un contexto de rápido crecimiento demográfico y presión medioambiental. La globalización, un *leit motif* durante toda la primera parte del informe, es también la materia del capítulo final donde se discute su impacto sobre las comunidades científicas en los países en desarrollo. •



ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología y política científica.

■ LENGUAJE

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

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

■ EXTENSION

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

■ FORMATO

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

■ MATERIAL GRAFICO

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

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

■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

1. Artículo de revista científica:

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

2. Artículo de libro:

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

■ RESUMEN

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

■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

■ RESTRICCIONES

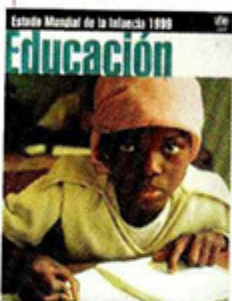
No serán aceptados para publicación:

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

ESTADO MUNDIAL DE LA INFANCIA 1999: EDUCACIÓN

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, UNICEF

Cerca de 1,000 millones de personas -de las cuales dos tercios son mujeres- van a entrar en el siglo XXI sin los conocimientos necesarios para leer un libro o firmar su propio nombre. Y estas personas, tal como ocurre hoy en día,



vivirán en una pobreza mas desesperada y en un peor estado de salud que aquellos que sí pueden realizar las tareas mencionadas. Son los analfabetas funcionales del mundo, y su número es cada vez mayor.

El *Estado Mundial de la Infancia 1999* narra las historias de una comunidad mundial que no está dispuesta a aceptar las consecuencias del analfabetismo o

La denegación del derecho humano a la educación. Con la convención sobre los Derechos del Niño como marco de referencia, los gobiernos, los encargados de la formulación de políticas, los educadores, los trabajadores del desarrollo, los dirigentes locales, los padres y madres y los propios niños, avanzan juntos hacia una revolución en la educación. Su meta: La educación para todos.

El suyo es un concepto ampliado sobre la educación: como un derecho humano y una fuerza en pro del cambio social; como el elemento más importante en la lucha contra la pobreza, ya que potencia a la mujer, protege a los niños de la explotación, promueve los derechos humanos y la democracia, protege el medio ambiente y controla el crecimiento de la población. De esta manera allana el camino hacia la paz y la seguridad de las naciones. •

GESTIÓN TECNOLÓGICA, DIMENSIONES Y PERSPECTIVAS

Francisco Javier Mejía Osorio,
Programa ICFES-TECNOS,
Editora Guadalupe,
Santa Fe de Bogotá, 1999.

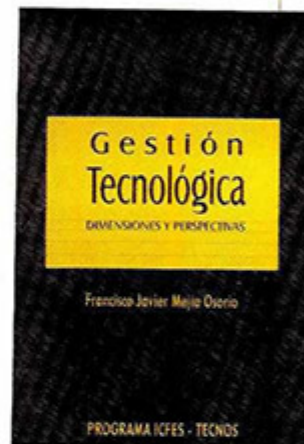
El autor analiza cuatro dimensiones muy importantes de la gestión tecnológica: el recurso humano frente al cambio tecnológico, La valoración tecnológica de la empresa, el mercadeo interactivo de servicios tecnológicos y la gestión universidad empresa. Estos cuatro capítulos cubren tanto la gestión interna como la externa, necesarias ambas para el aumento de la competitividad empresarial.

El recurso humano frente al cambio tecnológico resalta la importancia de desarrollar en forma consciente un talento humano proactivo, que sepa enfrentar la incertidumbre y que cultive permanentemente el aprendizaje. Hace énfasis en la filosofía y cultura empresarial como fundamentos esenciales para lograr una buena dirección.

En la valoración tecnológica de la empresa se explica claramente el porqué de una gestión tecnológica especialmente orientada a la innovación, enmarcada en un sistema administrativo eficaz y se puntualiza la necesidad de saber la posición tecnológica con el fin de poder construir la competitividad.

El mercadeo interactivo de servicios Tecnológicos se constituye en una herramienta fundamental para que aplicada por los centros de desarrollo tecnológico, promueva una mayor coherencia y efectividad en la búsqueda y uso de nuevas tecnologías.

La Universidad como parte del sistema de innovación debe generar vínculos con la empresa que mejoren el potencial de los recursos de ambas instituciones. Hace un recuento real de una relación y propone una metodología. •



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

Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea
**INNOVACION
Y CIENCIA**

Suscribase ya por sólo \$ 19.000 al año

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





FUNDACION FES
FUNDACION ANTONIO RESTREPO BARCO



Explorando el conocimiento y la formación social para el progreso

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

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

REVISTA ALEGRIA DE ENSEÑAR

El material de consulta preferido por maestros e investigadores colombianos



El Largo y Sorprendente Viaje de las Pleyades



Manuales de Autoevaluación y Fortalecimiento de Instituciones de Protección



Evaluación de Proyectos Sociales



La Reforma Ambiental en Colombia

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

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