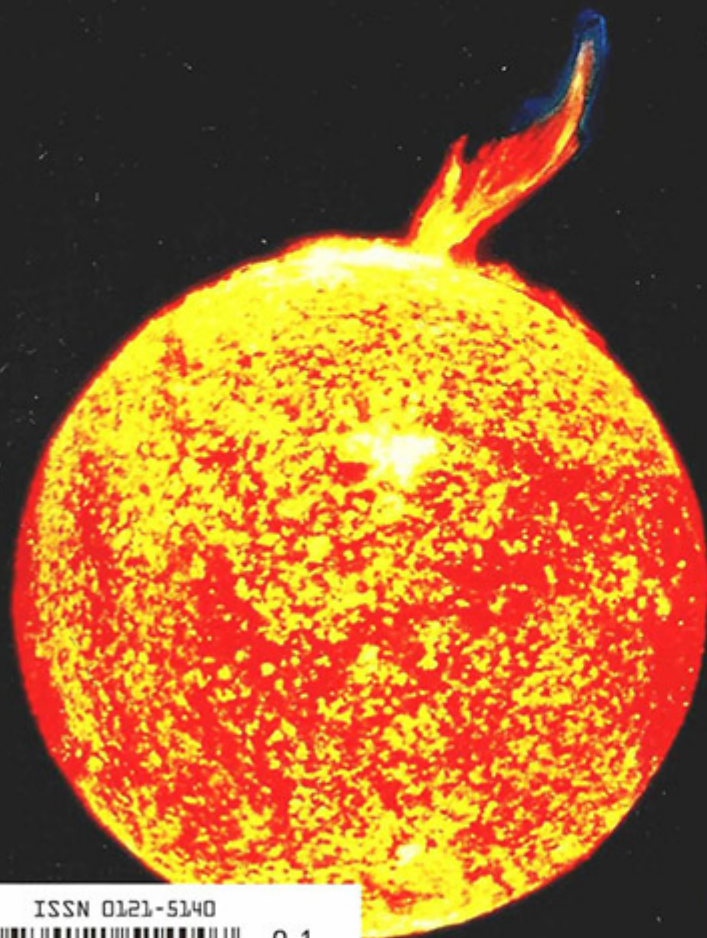


Innovación y Ciencia

VOLUMEN VII, N° 1, 19

Los secretos del so



El fenómeno
de El Niño

Homosexualidad
y psicología

ARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$6.200.00

ISSN 0121-5140



0 1

9 770121 514007

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



Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología

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

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



Un paso adelante en ciencia y tecnología

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

...Lea
**INNOVACION
Y CIENCIA**

Suscríbese ya por
sólo \$ 29.000 al año

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





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

Presidente
Eduardo Posada F.

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-Piña,
Efraim Otero, Mansel Elkin Patarroyo,
Jorge Rodríguez Arbeláez

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

Publicidad
Clara López, Gloria Zamora

Secretaría
Yenny Yuliett Arias

Corrección de estilo
Beatriz Peña

Diseño gráfico y Producción
Vesalius - Arte y Ciencia Ltda

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

Preprensa electrónica
Elograf Ltda

Impresión
Printer Colombiana S. A.

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

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

Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447
del 9 de octubre de 1992. ISSN 0121-5140.
Tarifa postal reducida N° 769 de Adpostal.
Venc. dic 98.
A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camilo Torres. A.A. 92581.
Fax: 2216950. Tels: 2213313 - 2217348 - 3150734.
e-mail: acac2@col1.telecom.com.co
Santafé de Bogotá - Colombia.

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

CONTENIDO



Portada:
Aunque el sol esconde
aún muchos misterios,
algunos de ellos pueden
ser revelados durante los
eclipses totales de sol.

NOTA DEL EDITOR

Y ahora ¿qué?

7

NOTICIAS Y COMENTARIOS

Los secretos del Sol

8

La magnetita: un óxido todoterreno

12

El fenómeno de El Niño. Efectos sobre el café

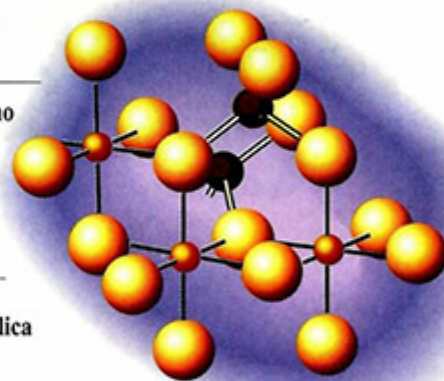
16

La cosmología se complica

20

¿Deben los científicos participar en política?

24



VISTAZOS

Carros que se manejan solos
CAD/CAM para aplicaciones dentales
Asimetrías cerebrales en la rata
El sentido maternal, cuestión de genes
El estrógeno, ¿una hormona femenina?
Conexión entre herpes y esclerosis múltiple
Novedosa película superconductora
Hardware que imita la evolución biológica
La cohesión social reduce la violencia en los vecindarios

26

ARTICULOS

El maravilloso mundo de los medios granulares

Los medios granulares se encuentran omnipresentes en la minería, en la industria y en muchas facetas de nuestra vida diaria, pero sus propiedades asombrosas aún siguen sin ser comprendidas.

32

¿Por qué hay tantas hormigas en los árboles?

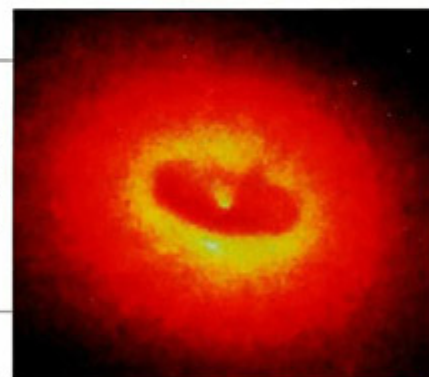
Los árboles de las regiones tropicales del mundo están repletos de hormigas. Recientes estudios ofrecen explicaciones sobre por qué hay tantas hormigas, cómo se distribuyen y cómo afectan a otros animales

42

Las misteriosas explosiones cósmicas de rayos gamma

Gracias a sofisticados satélites, diariamente se detectan explosiones repentinas de rayos gamma provenientes de todo el universo. Al comienzo, estas explosiones se consideraron un alto secreto militar, pero ahora, a pesar de que se han propuesto decenas de teorías sobre su causa y ocurrencia, constituyen uno de los más grandes misterios con que se enfrentan los astrónomos.

50



El fenómeno de El Niño y su efecto en el clima de Colombia

Se presenta una síntesis de las causas del fenómeno de El Niño, sus características más importantes y su relación con los fenómenos ENSO. Se tocan aspectos muy generales relacionados con los efectos de El Niño en el clima del país, la precipitación y la temperatura del aire y en la temperatura superficial y el nivel del mar en la costa pacífica colombiana.

56

Homosexualidad y psicología

La homosexualidad como práctica sexual humana ha existido a lo largo de la historia y en la mayoría de las culturas. El autor presenta los últimos descubrimientos relacionados con las diferencias a nivel neuroanatómico entre los homosexuales y los heterosexuales y concluye que el aprendizaje temprano es fundamental en la determinación del comportamiento sexual.

64

NOVEDADES EDITORIALES

70



MAZDA 323 GAIA.

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

HOMO-SAPIENS ES AQUEL QUE CUIDA EL PLANETA CON EL MISMO CARIÑO QUE CUIDA SU MAZDA.

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

NUEVO MAZDA 323



GAIA. SU ALIADO ECOLÓGICO.



Para mayor información marque el número 17 en la Tarjeta del Lect



mazda

NOTA DEL EDITOR

Y ahora ¿qué?

Colombia acaba de elegir nuevos miembros para las dos cámaras legislativas y se apresta a elegir presidente. El nuevo Congreso iniciará sesiones el próximo 20 de julio, y el siguiente 7 de agosto un nuevo huésped ocupará por cuatro años la Casa de Nariño. A la luz de esos cambios, que ojalá sean radicales, conviene analizar con algún detenimiento lo que ha acontecido hasta ahora en un sector de tan vital importancia como el de la ciencia y la tecnología, al igual que lo que esperamos ocurra bajo la iniciativa del próximo gobierno.

No cabe duda de que, en la última década, el país ha vivido un período acelerado de consolidación del sector de la ciencia y la tecnología, que, tras haber estado relegado por muchos años a un recóndito rincón en las preocupaciones de los gobiernos, ha pasado a ocupar un lugar, si no preponderante, por lo menos relativamente importante. El país cuenta hoy con una legislación específica para el sector, ha hecho loables esfuerzos para incrementar la financiación para este campo y ha desarrollado estrategias para estimular la inversión del sector privado e incrementar la velocidad del desarrollo científico y tecnológico. Dichos objetivos corresponden a la meta establecida en el plan de desarrollo del gobierno que termina, de alcanzar una inversión en ciencia y tecnología del uno por ciento del Producto Interno Bruto. Si bien el objetivo era ambicioso para un país en vías de desarrollo, y notable en el ámbito latinoamericano, al compararlo con las cifras que se observan en los países desarrollados o con las de los de reciente industrialización, que alcanzan valores superiores al tres por ciento del PIB, resulta poco menos que irrisorio, sobre todo si se tiene en cuenta que el ingreso per cápita de esas naciones puede llegar a ser diez veces el nuestro.

La situación se torna especialmente dramática si consideramos que, a raíz de la crisis fiscal de los últimos dos años, fue necesario reducir drásticamente la inversión del gobierno, lo cual tendrá como resultado que la muy modesta cifra del uno por ciento se reduzca probablemente a menos del 0,7 por ciento.

Por mencionar un solo caso, un país como Suiza, cuya población es apenas comparable con la de Bogotá, invierte en ciencia y tecnología unos 4.500 millones de dólares al año, es decir, más de ocho veces la cifra que correspondería a nuestra meta del uno por ciento del PIB. Este ejemplo, que podría aplicarse a cualquier nación industrializada, no hace sino ilus-

trar el hecho, hace tiempo aceptado por esos países, de que la mejor inversión a mediano plazo es la que se hace en la generación y apropiación del conocimiento.

Es evidente, por lo tanto, que un país que quiera desarrollarse de manera rápida y ofrecer a sus ciudadanos unas condiciones de vida justas y dignas debe hacer un esfuerzo particular en este campo, fijándose, como lo hicieron en su momento los tan nombrados "tigres asiáticos", metas verdaderamente ambiciosas de por lo menos el tres por ciento o cuatro por ciento del PIB, que permitan un acelerado crecimiento científico y tecnológico que, a su vez, sirva de base a un sólido desarrollo del sector productivo.

Sobra decir que ese propósito debe ir acompañado de una reforma radical de la educación a todos los niveles, para hacerla, según planteamientos de la Misión de Ciencia Educación y Desarrollo, mucho más conceptual, creativa y dinámica, capaz de producir los ciudadanos que necesita un país moderno. Un énfasis particular debe darse a la formación de investigadores en todas las áreas, incluyendo evidentemente las ciencias sociales, y al establecimiento de los mecanismos para que puedan desarrollar su labor en condiciones óptimas.

Con ese fin, es urgente consolidar el sistema nacional de generación y apropiación de conocimiento, fortaleciendo la investigación en la universidad y creando centros de investigación básica aplicada del más alto nivel, capaces de producir ciencia de altura internacional y de servir de motores para el desarrollo de un sector productivo moderno y competitivo.

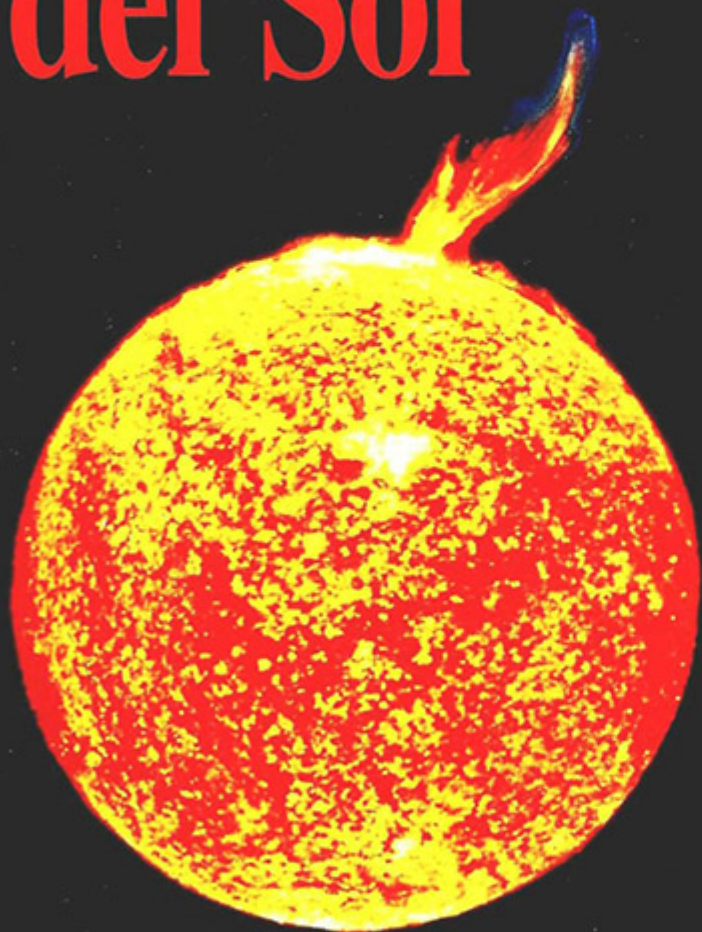
Paralelamente, es indispensable crear estímulos para los investigadores, que hagan a las carreras científicas verdaderamente atractivas y dignas de reconocimiento social, y promover incentivos para el sector productivo, que fomenten el desarrollo de tecnologías propias y la creación de empresas modernas, con un alto contenido tecnológico.

Ojalá que los nuevos legisladores y el próximo gobierno sean capaces de entender los anteriores planteamientos y de fijarse en temas de tan crucial importancia, así como de establecer objetivos realmente ambiciosos que se alejen de la excesiva timidez y, ¿por qué no decirlo?, de la mediocridad que ha caracterizado a nuestros planes de gobierno en el pasado.

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

NOHORA E. HOYOS
Directora Ejecutiva

Los secretos del Sol



Un eclipse total de Sol es, sin lugar a dudas, el espectáculo más espléndido que puede ofrecernos la naturaleza. Durante un breve periodo, mientras la Luna oculta el brillante disco solar y el cielo se oscurece, se hace visible la atmósfera del astro rey, se destacan sus rojas protuberancias y reluce su corona nacarada.

Aunque el Sol esconde aún muchos misterios, algunos de ellos pueden ser revelados durante los eclipses totales. Para poder entender mejor estas revelaciones, tenemos que entender la composición de esta estrella, cuya estructura la muestra dividida en varias capas, unas dispuestas sobre las otras. Las únicas accesibles a la observación son las capas exteriores, fotosfera, cromosfera y corona, que reciben en conjunto el nombre de atmósfera.

Debido a que el material atmosférico del Sol es opaco, es imposible ver el interior de la estrella, cuya estructura sólo podemos deducir a través de modelos teóricos. Debajo de la atmósfera se encuentra el interior; desde éste, el calor se transmite a la superficie a través de capas exteriores, por eleva-

ción de materia a altas temperaturas, la cual vuelve a descender al enfriarse, debido al fenómeno de convección. A niveles inferiores del interior del Sol, el calor se propaga, sin duda, como una radiación pura. Finalmente, encontramos el núcleo, que se encuentra a unos quince millones de grados Kelvin, con una presión de 250 mil millones de atmósferas. Esta alta presión hace que el gas se comprima (en el núcleo) hasta alcanzar una densidad de 158 gramos por centímetro cúbico. Es entonces cuando tienen lugar los procesos nucleares que permiten que el Sol siga brillando.

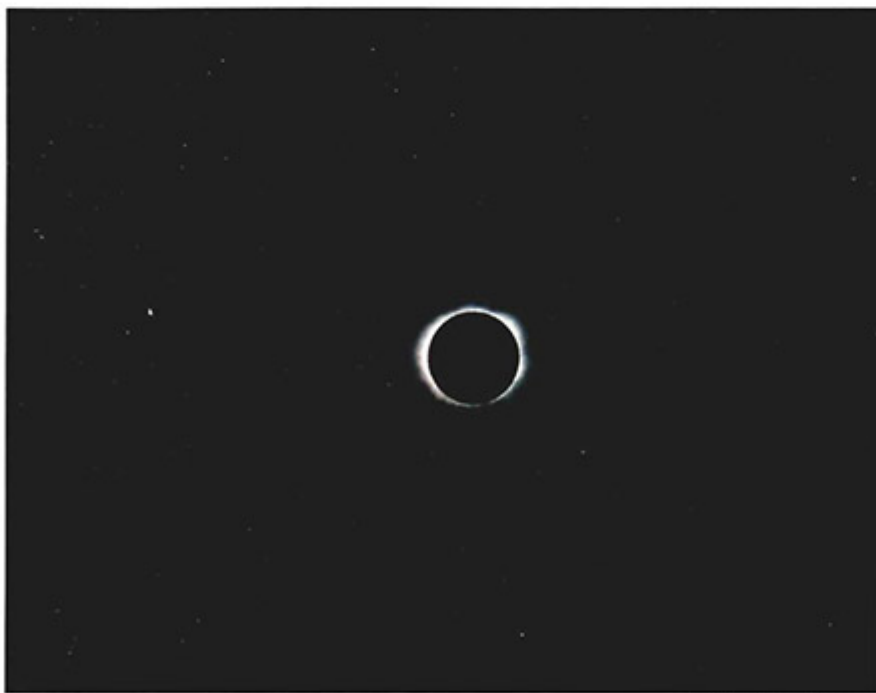
Al estudiar la atmósfera solar, encontramos la fotosfera, que constituye la capa más cercana a la superficie. Así, cuando miramos el Sol, lo único que vemos es esta esfera luminosa, que emite toda la luz que vemos desde la Tierra. Es, en realidad, una "delgada" capa de 200 kilómetros de grosor. Posee gránulos de varios centenares de kilómetros de diámetro, que se encuentran muy juntos entre sí. Dicha granulación se debe a la existencia de columnas de gas más caliente, que se elevan desde abajo

de ella. El espacio que hay entre los gránulos se produce debido a que los gases más fríos se hunden. Los gránulos individuales, con un radio de aproximadamente 500 kilómetros, tienen una vida media de unos pocos minutos y su temperatura es de 300 grados Kelvin, mayor que las partes más oscuras. Estos gránulos parecen agruparse en unidades mayores, o supergránulos, que tienen, en promedio, un radio de 15.000 kilómetros. Otra característica de la fotosfera es la presencia de manchas solares, las cuales son regiones más frías (4.000°C) que las áreas que las rodean, alcanzando una diferencia de 1.500 grados Kelvin con el resto de la fotosfera. Se nos muestran como manchas más oscuras debido a que la superficie de la fotosfera es mucho más brillante. Las manchas solares aparecen aisladas o en grupos que pueden alcanzar diámetros de unos 150.000 kilómetros. Poseen, además, fuertes campos magnéticos. Ninguna mancha es visible durante un periodo superior a los quince días, a causa de la rotación solar. Este periodo de rotación tiene una duración de un poco más de

El magnífico espectáculo de un eclipse total no es fácil de olvidar.

veinticinco días en el ecuador solar, pero es apreciablemente mayor en los polos. Sin embargo, hay momentos en que el disco solar aparece sin manchas. Existe un ciclo muy marcado de once años, en los cuales el número de manchas aumenta considerablemente. Durante el eclipse del pasado 26 de febrero aparecieron algunas grandes manchas, a pesar de estar aún lejos del punto máximo del ciclo.

La siguiente capa de la atmósfera solar es la cromosfera, una capa tenue, casi transparente, de la atmósfera solar. Su parte inferior más densa se extiende hasta una altura de 400 kilómetros, mientras que el nivel más alto llega hasta unos 12.000 kilómetros sobre la fotosfera. La cromosfera está formada por numerosos «picos» llamados espículas, de unos 800 kilómetros de diámetro, los cuales son potentes chorros de gas caliente (de hasta 7.500 grados Kelvin) que alcanzan una altura de 10.000 kilómetros, a razón de 20 kilómetros por segundo, aunque suelen durar sólo unos pocos minutos convirtiéndose en partículas que alcanzan el espacio exterior, produciendo el viento solar. Las espículas se localizan generalmente en las periferias de los supergránulos (que pertenecen a la fotosfera). La cromosfera puede ser observada y analizada por breves momentos en los eclipses totales de Sol. A través del telescopio es posible ver un resplandor rojo intenso a lo largo del limbo lunar, que avanza cuando el resplandor de la



Cortesía: Germán Torres

fotosfera se ha extinguido. Los rayos de la fotosfera, que están encima, permanecen invisibles. Todos los rayos observados en este momento pertenecen a la cromosfera, y su luz es producto de los átomos de hidrógeno. Se localizan como líneas brillantes en la parte roja del espectro solar y son visibles por muy pocos segundos, antes de desaparecer detrás de la sombra de la Luna.

La corona es la capa más externa del Sol; se extiende desde el techo superior de la cromosfera hasta algunos millones de kilómetros de altura, donde gradualmente se convierte en viento solar. Esta capa está compuesta por gases a muy baja densidad, unos 1.014 gramos por centímetro cúbico. Sin embargo, dichos gases se encuentran muy calientes, en el rango de uno a dos millones de grados Kelvin. La causa de esta elevada temperatura no está muy clara, aunque al parecer se debe a efectos magnéticos y a ondas de choque provenientes de la capa de convección, situada inmediatamente bajo la fotosfera, donde hay movimientos violentos. De esta manera se transmiten grandes cantidades de energía a la corona. Debido a esto, el gas se encuentra allí en estado de plasma. La forma y las dimensiones de la corona solar varían de eclipse a eclipse y dependen, de alguna manera, de la actividad solar del ciclo de once años. En especial, en el pasado eclipse total de Sol fue posible observar una corona muy brillante cerca del limbo de la Luna y, aunque su extensión y forma fueron relativamente discretos, fue posible distinguir con claridad varios filamentos que salían de los polos solares, siguiendo las líneas del campo magnético. En ocasio-

nes, la corona sufre grandes perturbaciones que toman forma de enormes burbujas de gas llamadas transientes solares, que atraviesan la corona y producen problemas en las comunicaciones radiales terrestres.

Durante los eclipses totales de Sol se observan enormes llamaradas que salen de la cromosfera, llamadas protuberancias, que llegan a tener unos



Cortesía: Fernando Guevara

150.000 kilómetros de longitud. Las protuberancias, como las manchas solares, resultan afectadas por el ciclo undecenal; su número aumenta cuando se acerca al máximo, y algunas veces están asociadas con grupos de manchas. En ocasiones, el material arrojado se mueve a una velocidad superior a los 600 kilómetros por segundo. El pasado 26 de febrero, durante el eclipse, se observaron muchas y grandes protuberancias alrededor del limbo de la Luna.

Otro estudio que se realiza durante los eclipses totales de sol es el análisis del espectro relámpago, que se registra en el instante del anillo de diamante. El espectro de la atmósfera solar pertenece al tipo de espectros de emisión, pero las rayas aparecen oscuras por la presencia del espectro continuo de fondo. Poco antes o después de la

totalidad, la fotosfera queda oculta y desaparece el espectro continuo; las rayas de emisión de la capa inversora adquieren un súbito brillo y producen el llamado espectro relámpago. Sólo en estos momentos puede verse brillar la atmósfera solar "por sí sola".

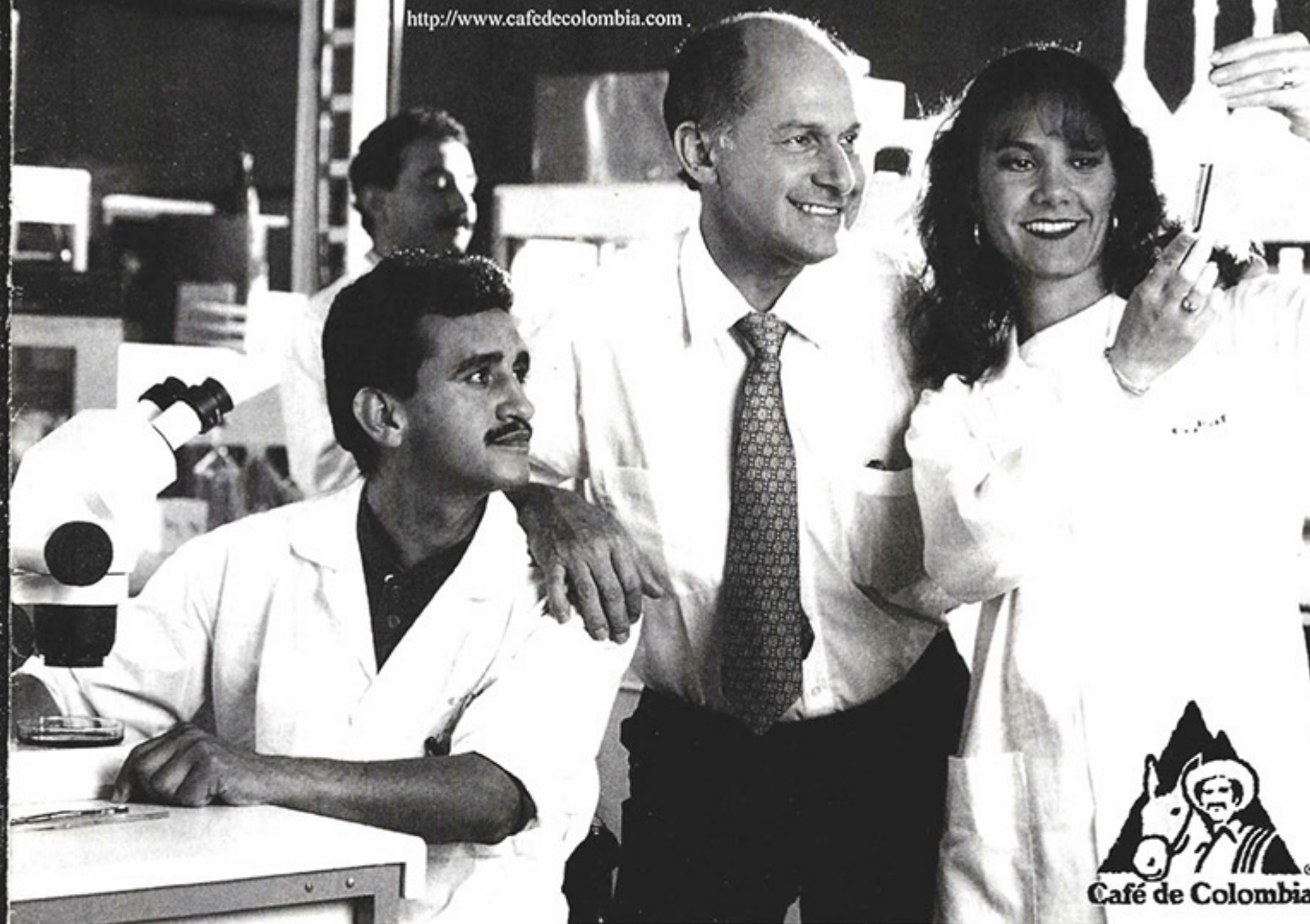
Como conclusión, los eclipses totales de Sol son importantes porque permiten efectuar determinados estudios imposibles de realizar en ningún otro momento. La parte exterior de la corona solar, por ejemplo, es muy tenue, y sólo puede ser bien analizada durante un eclipse total. De la misma manera, estudiar el complejo movimiento de rotación de la Tierra al comparar los tiempos de contacto dados por la teoría y la observación es otro de los estudios que permite un eclipse total.

Tanto para estudiosos como para legos, el magnífico espectáculo de un eclipse total no es fácil de olvidar; para unos porque lograron conseguir valiosa información que les permitirá conocer mejor la física y la evolución de nuestro Sol, y para otros porque tuvieron el privilegio de observar uno de los más bellos fenómenos celestes.

William Enrique Cepeda Peña
 Observatorio Astronómico Nacional,
 Universidad Nacional de Colombia,
 Santafé de Bogotá, Colombia.
 e-mail:
 wcepeda@ciencias.ciencias.unal.edu.co

EL CAFÉ 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.”

EL CAFÉ



Pasos Para Preparar En Casa Un Café Frío



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



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



La magnetita: un óxido todoterreno



Todos la hemos tenido entre las manos, al jugar con arena. Muchos la llevarán en la ropa. Muchos habrán pintado imágenes con ella. Con certeza, todos la llevamos muy dentro y no podemos quitárnosla de la cabeza. La vemos en numerosos objetos, y es posible que nos sirva para pensar precisamente en ellos. Nos referimos a un óxido de hierro muy especial, llamado **magnetita**, dueño de una combinación de propiedades que le permiten aparecer desempeñando diferentes papeles en numerosas aplicaciones de las más diversas naturalezas, participando en procesos biológicos fundamentales, como material de soporte de técnicas tradicionales o como fundamento de futuros desarrollos tecnológicos.

La magnetita, Fe_3O_4 , es un óxido de hierro, ferrimagnético y semiconductor, de un color negro muy intenso. Es relativamente abundante en la naturaleza, se

encuentra diseminado como mineral asociado a rocas ígneas y metamórficas. Muchos de los granitos negros que observamos en la arena de ríos, lagos y mares están compuestos por este material. Es también un componente de la herrumbre, que es la capa que cubre a los aceros y a las aleaciones de hierro cuando se corroen, como consecuencia de su interacción con el ambiente. Allí se forma en la parte interna, donde el acceso de oxígeno es restringido, de manera similar a como se forma en la naturaleza y tal como lo señala la termodinámica. Es un óxido de valencia mixta ($\text{Fe}^{2+}\cdot\text{Fe}^{3+}\text{O}_4$), en el cual algunos iones ferrosos y férricos comparten los electrones de valencia, lo que permite que sea un compuesto frecuentemente no estequiométrico. Además, tiene la capacidad de aceptar en su estructura cristalina la presencia de cationes como Cr^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} . Gracias a estas características, es un material adecuado para

evaluar en laboratorio diversos modelos teóricos, sobre todo, los relacionados con el magnetismo.

A través de diferentes métodos es posible obtener la magnetita en forma sintética, mejorando notablemente su pureza, propiedades y posibilidades de aplicación. Entre dichos métodos se cuentan la hidrólisis de sales de hierro, la técnica sol-gel y la síntesis a partir de otros óxidos.

La magnetita ha sido un pigmento tradicionalmente utilizado en pinturas, linóleo, textiles, vidrios convencionales y vidrios cerámicos, pues produce las tonalidades verde, azul claro y negro. Los pigmentos fabricados a base de óxidos de hierro han ayudado a dar color a ciudades y pueblos por más de sesenta años. Incluso en tiempos remotos, la magnetita fue utilizada como pigmento en obras rupestres. Un ejemplo de esto son las pinturas de las cuevas de Altamira, en España, que datan del año 1600 A.C.



En la última década se ha incrementado notoriamente el uso de magnetita y de otros óxidos de hierro, para colorear ladrillos de concreto usados tanto en construcciones nuevas como en trabajos de restauración. La rápida expansión tecnológica de la humanidad, desde la segunda guerra mundial, ha estimulado la investigación sobre su obtención y sus aplicaciones en campos tan diversos como el magnetismo, la biotecnología, la catálisis, la astronáutica, los nuevos materiales y la medicina.

En el campo del magnetismo, la magnetita es utilizada en la fabricación de imanes permanentes y tiene aplicaciones tecnológicas en dispositivos de alta frecuencia, almacenamiento de datos y grabaciones magnéticas de alta densidad. En estos casos se emplean partículas ultrafinas mezcladas con otro óxido de hierro llamado maghemita, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, con una previa incorporación de cobalto y boro en su estructura cristalina. Su uti-

lización es promisoria porque se pueden obtener polvos a escala nanométrica, que permiten un mayor almacenamiento de datos. Algunas magnetitas sintéticas poseen comportamiento superparamagnético, por lo cual se estudia actualmente su empleo en la elaboración de cartuchos de tinta para impresoras y fotocopiadoras.

En biotecnología, la magnetita ha sido ensayada como inmovilizador de enzimas y de otras sustancias empleadas para precipitar elementos tóxicos de aguas residuales. Por su facilidad para adsorber cationes metálicos y vapor de agua, algunos investigadores están evaluando su utilización en sensores de gases. Así mismo, está siendo utilizada en procesos de catálisis, pues, por ejemplo, se comporta como un excelente catalizador para

la descomposición del peróxido de hidrógeno.

Las ciencias del espacio también están relacionadas con la magnetita, pues la presencia de ésta ha sido detectada en la superficie de Marte. En el meteorito que ha sido centro de intensa discusión por la supuesta forma de vida encontrada en él, se asocia la presencia de magnetita y de otros compuestos a las actividades metabólicas de bacterias extraterrestres. Por otro lado, se ha probado su utilidad en la reducción de dióxido de carbono (CO_2) a carbono, con producción de oxígeno, como método para mantener la regeneración y el suministro constante de oxígeno en las naves espaciales. De esta forma es posible disminuir las posibilidades de fallas en el suministro de oxígeno, tales como las sufridas recientemente por la estación espacial soviética MIR.

En la actualidad se fabrican materiales compuestos para aplicaciones especiales. Se emplean fibras de magnetita para la fabricación de materiales compuestos utilizados en prótesis y en dispositivos para hornos de microondas. Existen, además, materiales compuestos superparamagnéticos, con matriz polimérica y una dispersión de magnetita, con aplicaciones en el campo de la inteligencia artificial.

Es sabido que en ciertos organismos ocurre la biomineralización de la magnetita. Investigaciones recientes han revelado la presencia de ésta en los tejidos. Se sabe que juega un papel básico en el sentido de orientación. Actualmente se desarrollan proyectos para comparar y cuantificar la cantidad de

magnetita presente tanto en muestras de tejidos cerebrales normales

**Quiéralo o no,
usted no podrá
quitarse la
magnetita de la
cabeza.**

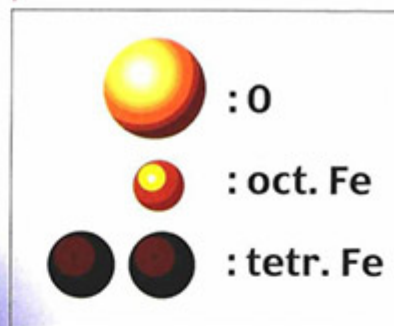
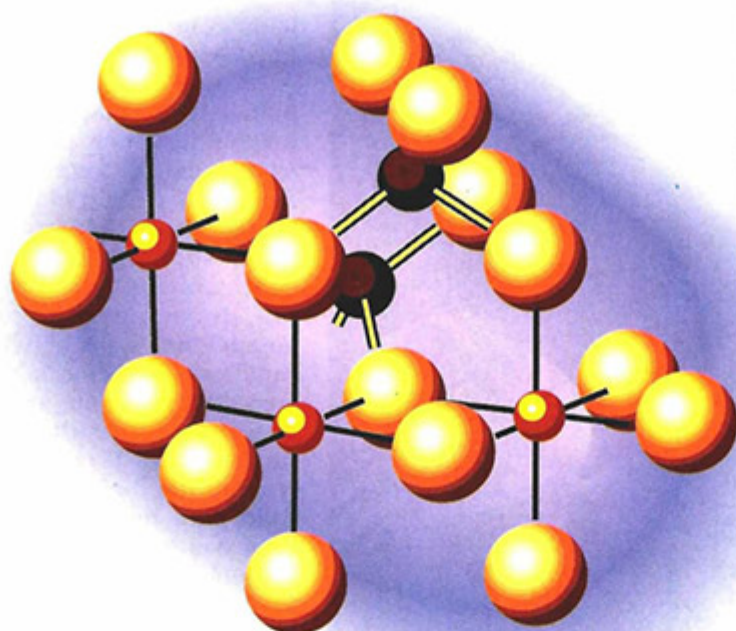


Figura.
Estructura de la magnetita. Modelo atómico de los arreglos octaédricos y tetraédricos.

como en tejidos enfermos, con el fin de evaluar su posible influencia en enfermedades y desórdenes como las fallas de la memoria y como la epilepsia. Además, con base en la presencia de este óxido se estudian mecanismos para relacionar el efecto de la exposición a campos magnéticos externos con discontinuidades en la comunicación entre las células cerebrales y con la interrupción de los procesos celulares normales en el cerebro humano.

Generalmente, antes de que un paciente se someta a un examen de resonancia magnética, debe tomar una dosis de una sustancia denominada "medio de contraste" con el propósito de mejorar el contraste en las imágenes del órgano estudiado; en la formulación de algunos de estos agentes, se incluye la magnetita. Por otro lado, se conocen estudios acerca de la utilización de magnetita en la elaboración de suplementos alimenticios de hierro.

Un grupo de investigación japonés diseñó una unidad de circulación artificial, con el fin de incorporarla a corazones artificiales, con promisorios resultados. Para ensayar la unidad, se utilizó sangre mezclada con partículas de

magnetita, y la circulación del fluido se mantuvo por la aplicación de un campo magnético.

Así pues, la magnetita es un material que está presente en muchos objetos que nos rodean y en nosotros mismos. Como si fuera poco, las nuevas tecnologías también se aprovechan de sus virtudes. Así que, quíéralo o no, usted

no podrá quitarse la magnetita de la cabeza.

Juan Guillermo Castaño G.
Grupo de Corrosión y Protección,
Universidad de Antioquia,
A.A. 1226, Medellín, Colombia.
e-mail: ojgcg172@pakari.udea.edu.co

Referencias

- Schwertmann U.; Cornell V.M.,** *Iron Oxides in the Laboratory.* Weinheim, VCH; 1 - 29, 1991.
- Arroyave, C.,** *El papel del NOx en la corrosión atmosférica del acero, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.* Madrid, 64, 1995.
- McColm I.J.,** *Dictionary of Ceramic Science and Engineering.* Nueva York, Plenum Press, 57, 197, 229; 1994.
- Sami Selim M.; Cunningham L.; Srivastava R.; Olson J.M.,** *Proceedings of the 1995 IS&T's 11th Int. Congress on Advances in non-Impact Printing Technologies. Soc. Imaging Science Technology, Springfield,* 106-109, 1996.
- Vasiliev A.A.; Godovsky D.; Buturlin A.; Gabuzyan T,** *Semiconductor Sensors for Determination of Fluorine-containing*
- Gas Mixtures. Sensors and Actuators B, 13-14: 705 - 707, 1993.*
- Jovilet J.P.,** *The Synthesis of Small Particles and their Importance for Catalysis. Proceedings of ISIAME '96 International Symposium, Johannesburg, noviembre. 1996.*
- Van Beers B.E.; Pringot J.; Gallez B.,** *Iron Oxides As Contrast Agents For MRI of The Liver. J. Radiology, 76: 991- 995; 1995.*
- Mitanura Y.; Wada T.; Okamoto E.,** *ASAIO Journal 24 (5), M402 - M406, 1996.*
- Página web:** http://ccf.arc.nasa.gov/dx/basket/storiesetc/97_32AR.html
- Página web:** <http://www.dunn.magnetite.html>



Universidad Nacional de Colombia

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



El Fenómeno de El Niño



Efectos sobre

Ciertos años, y por la época de Navidad, los pescadores de Perú y Ecuador observaban un calentamiento de las aguas costeras del océano Pacífico y un cambio en la dirección de las corrientes, lo cual afectaba la pesca y producía alteraciones en el ciclo de las lluvias de la costa suramericana¹. Este fenómeno fue inicialmente llamado El Niño (por alusión al niño Jesús) y posteriormente El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), por hacer parte de la circulación atmosférica del océano pacífico tropical.

La influencia del fenómeno de El Niño sobre el cultivo y la producción de café está asociada a una deficiencia de agua en la planta. Si analizamos la curva de crecimiento del fruto del café, viendo las épocas críticas para el desarrollo del grano por falta de agua (Figura 1), observamos que en una primera fase de crecimiento, entre la sexta y la décima semana (uno y medio y dos y medio meses) después de la floración, una deficiencia hídrica puede ocasionar secamiento y caída de los frutos tiernos; en una segunda fase de crecimiento, entre la decimotercera y la decimoséptima (tres y medio a cuatro y medio meses) luego de la floración, la falta de agua puede ocasionar un llenado parcial de los frutos o la formación de grano negro².

El daño de los frutos por falta de humedad se puede clasificar³ así:

- Granos flotantes o vacíos: uno o ambos lóculos del fruto aparecen vacíos, sin que se haya formado el endospermo. Al beneficiarlos, estos granos producen espuma o pasilla.

- Granos parcialmente formados: uno o ambos lóculos del fruto

presentan un endospermo incompleto. Estos granos alcanzan a madurar y producen un defecto llamado averanado (Figura 2b).

- Grano negro: frutos en un estado muy avanzado de desarrollo, con una ligera tonalidad amarillenta, y que al ser partidos muestran una o ambas almendras desarrolladas, de un color café oscuro, casi negro. Al beneficiarlos, estos granos producen espuma o pasilla (Figura 2c).

- Granos pequeños: el fruto se desarrolla, pero adquiere un tamaño final inferior al normal.

El consumo de agua de la planta de café^{4,5,6} es de 100 mm al mes; este valor, ajustado a una evaporación potencial, equivale a 125 mm mensuales, medidos en el tanque tipo A de la estación climática. Una deficiencia de agua superior a este valor, y ocurrida de manera continua, afecta la producción. Si se estima para las regiones cafeteras de Colombia un valor próximo a 4.0

mm de evaporación diaria, se requerirían alrededor de 30 a 35 días continuos sin lluvia para que la producción del café comenzara a verse afectada.

La magnitud de los daños fisiológicos de la cosecha de café está condicionada a la importancia relativa de las floraciones que pueden ser afectadas, lo mismo que a las características de la deficiencia de agua que incide sobre el período crítico de la formación del fruto.

El efecto de los períodos secos prolongados en la región andina colombiana sobre la producción del café debe asociarse a la coincidencia de la deficiencia hídrica con los períodos críticos del desarrollo del fruto. Cuando el déficit hídrico coincide con un período de crecimiento crítico del grano, se incrementa el vaneamiento y se afecta el llenado de los frutos, especialmente en zonas de baja altitud, con altas temperaturas, con suelos de baja retención de humedad o con un manejo defi-

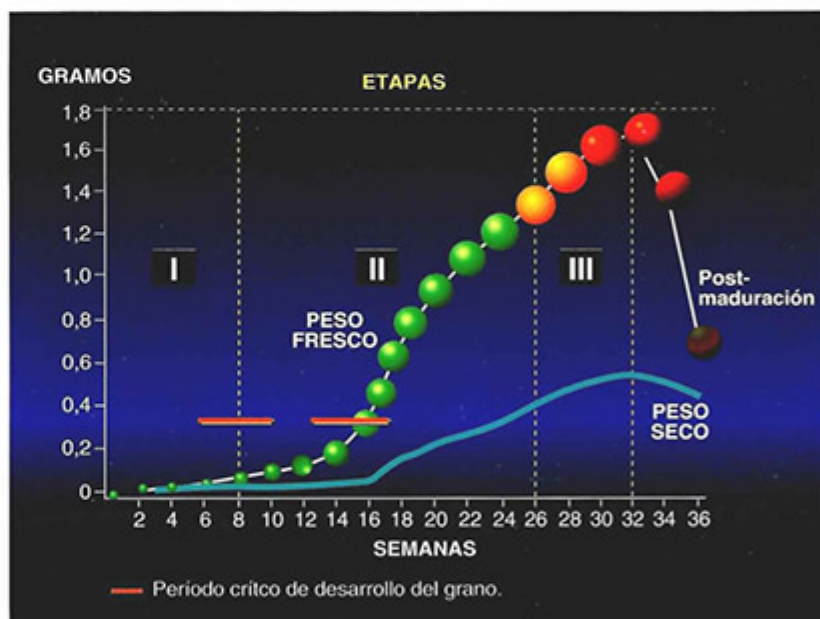


Figura 1. Crecimiento y desarrollo del fruto de café (*Coffea arabica* L.). En barras rojas se marcan las semanas crítica para el desarrollo del grano por falta de agua (seis a diez y trece a diecisiete).

el cafeto

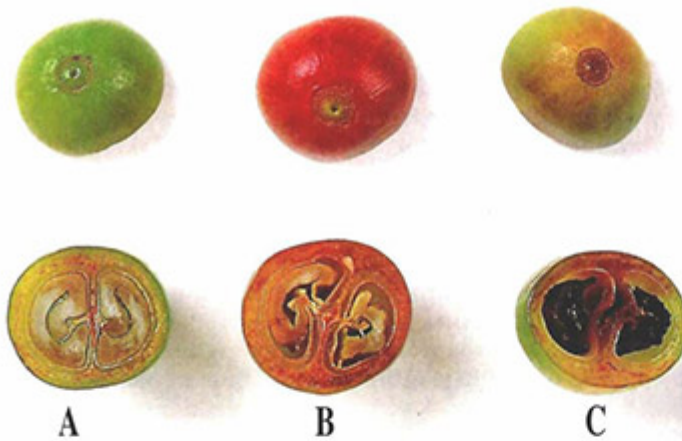


Figura 2. Frutos desarrollados de café con diferentes grados de daño por deficiencia de agua. a) Fruto normal sin problemas de llenado. b) Frutos con llenado parcial. c) Grano negro.

cientemente del cultivo. Sin embargo, los períodos secos no siempre son desfavorables para la producción de café. Por el contrario, pueden ser benéficos para algunas regiones, como las de altitud superior a los 1.600 metros y para las muy lluviosas, en donde la falta de humedad favorece la floración de la planta y la disminución de las enfermedades causadas por hongos.

Alvaro Jaramillo Robledo
José Vicente Baldión Rincón
Orlando Guzmán Martínez
 Investigadores Disciplina de
 Agroclimatología
 CENICAFE - Chinchiná - Caldas,
 Colombia.

Referencias

1. Wallace J.M., Vogel S., *El Niño y la predicción climática. Informes a la nación*, Boulder, University Corporation for Atmospheric Research-NOAA, 1994.
2. Valencia A.G., *Factores que inciden en la formación de grano negro y caída de frutos verdes de café*, *Cenicafé* 24:47-55, 1973.
3. Arcila P.A., *Efecto del verano en el crecimiento del fruto de café*, Informe anual de labores, disciplina de fisiología vegetal, Centro Nacional de Investigaciones del Café, CENICAFÉ, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná (Caldas), 1997.
4. Blore T.W.D., *Further Studies of Water Use by Irrigated and Unirrigated Arabica Coffee in Kenya*. *Journal of Agricultural Science* 67:145-154, 1966.
5. Dagg M., *Water Requirements of Coffee*. *Kenya Coffee* 36 (424):129-151, 1971.
6. Gutiérrez M.V.; Meinzer F.C., *Estimating Water Use and Irrigation Requirements of Coffee in Hawaii*. *Journal of American Horticultural Science*. 119(3):652-657, 1994.
7. Salazar G.M.R.; Chavez C.B.; Riaño H.N.M.; Archila P.J.; Jaramillo R. A., *Crecimiento del fruto del café Coffea arabica L. Var. Colombia*, *Cenicafé* 45(2): 41-50, 1994.



89.9 F.M. ESTEREO

una emisora para la inmensa minoría



FUNDACION FES
FUNDACION ANTONIO RESTREPO BARCO



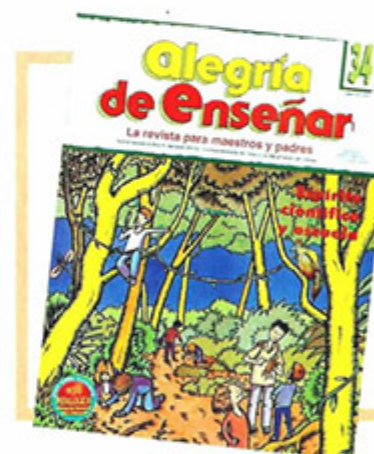
Explorando el conocimiento y la formación social para el progreso

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

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

REVISTA
ALEGRIA DE
ENSEÑAR

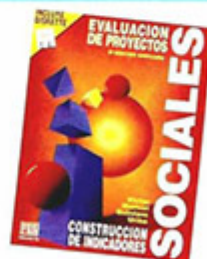
El material de consulta preferido por maestros e investigadores colombianos



El Largo y Sorprendente Viaje de las Pleyades



Manuales de Autoevaluación y Fortalecimiento de Instituciones de Protección



Evaluación de Proyectos Sociales

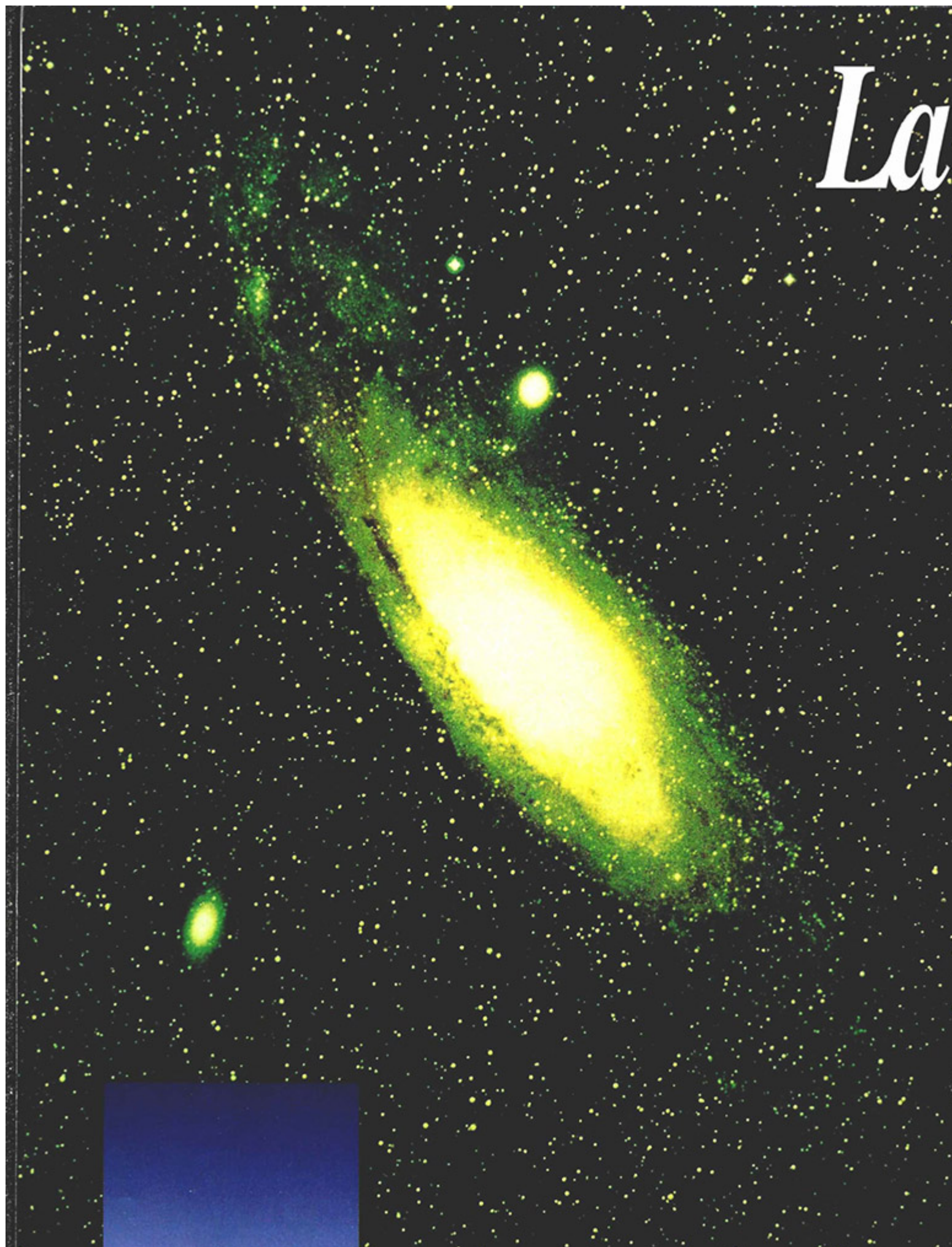


La Reforma Ambiental en Colombia

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

La



cosmología

.....

se

.....

complica

El universo se originó hace más o menos quince mil millones de años, debido a una explosión del espacio. Durante el período de enfriamiento de esta sopa de partículas elementales en expansión, la materia se agrupó en nubes que, luego, con la ayuda de la gravedad, formaron los cuerpos celestes.

Las bases conceptuales sobre las que se desarrolló la teoría de la gran explosión o *big bang*, como F. Hoyle la bautizó, se encuentran en la teoría de la relatividad general, postulada por Einstein, y en la física nuclear.

Desde los primeros conceptos propuestos por Lemaitre, Friedman y Gamow, la teoría del *big bang* ha sufrido algunos cambios, se ha refinado considerablemente y ha acumulado a su favor una buena cantidad de resultados experimentales. Sin embargo, no todo es color de rosa para los cosmólogos. Debido a la disponibilidad de instrumentos cada vez más poderosos, los datos referentes a la estructura y a la dinámica del universo a grandes escalas comienzan a revelarse len-

tamente. Lo que no es muy alentador es que estas observaciones han mostrado graves inconsistencias con la teoría de la gran explosión.

Que el *big bang* tenga problemas no es nada nuevo. La edad del universo y la materia oscura han sido la razones por las cuales un grupo de distinguidos cosmólogos ha desertado de las filas de la cosmología estándar. A estos problemas se agregan dos adicionales, de naturaleza no necesariamente científica: la confusión creada por el cambio acelerado que generan las nuevas observaciones y la mala comunicación de sus implicaciones. Por ejemplo, en los últimos tres meses han surgido importantes resultados que, contrario a lo que se muestra en los medios de comunicación, refuerzan de nuevo la teoría del *big bang*.

La edad del universo

Hasta hace pocos meses una de las inconsistencias más graves de la teoría era la edad del universo, pues algunas estrellas parecían ser más viejas que éste.

Determinar la edad del universo es, en principio, una tarea no muy complicada. Basta con medir la velocidad de recesión de las galaxias a diferentes distancias. Con esta información es posible calcular hace cuánto tiempo estaba toda la materia concentrada en un punto. Para medir la distancia, los astrónomos comparan el brillo observado de una estrella con el brillo absoluto que ésta debe tener. La velocidad de recesión resulta del análisis del espectro de su luz, que, según el efecto Doppler, viene afectado por el movimiento del emisor.

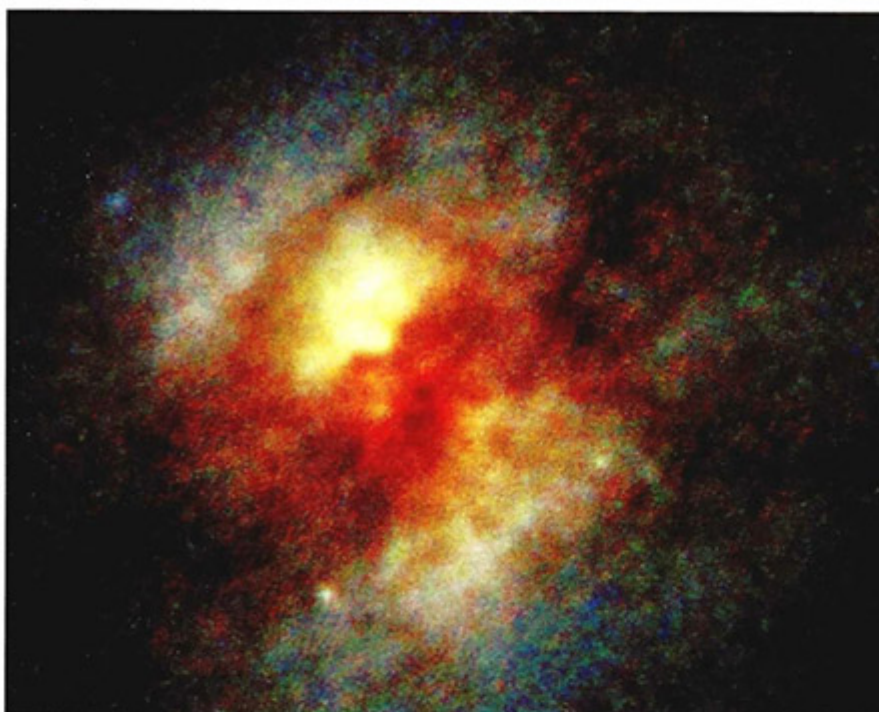
Un grupo de científicos, bajo la dirección de la astrónoma W. Freedman, usó el telescopio espacial Hubble para medir la velocidad de galaxias lejanas, obteniendo valores entre nueve y doce mil millones de años para la edad del universo.

Por otra parte, los astrónomos han determinado la edad de las estrellas más viejas de nuestra galaxia (en los cúmulos globulares), la cual resulta ser de hasta 16 mil millones de años, en discordancia con los valores de la edad del universo.

Problema resuelto

Los instrumentos del satélite Hiparcos, de la Agencia Espacial Europea, completaron recientemente su misión de medir posiciones estelares con una precisión sin precedentes. Un resultado inmediato que se deriva de estas mediciones es una importante corrección a la escala de distancias, la cual era subestimada antes de los datos de Hiparcos. Teniendo en cuenta esta corrección, el cálculo de la edad del universo realizado por el grupo de W. Freedman aumenta hasta quince mil millones de años, y las edades de las estrellas de cúmulos globulares disminuyen a valores compatibles con esta nueva cifra.

Otros astrónomos, Sandage y Tamann, también han realizado mediciones para determinar la edad del universo, pero usando estrellas



supernovas (en vez de estrellas cefeidas variables, como lo hace el grupo de Freedman) y llegando a resultados compatibles (dentro del error) con los quince mil millones de años medidos por Freedman.

El problema de la materia oscura

El problema de la materia oscura es mucho más complicado, y para entender las implicaciones de los resultados, es preciso entrar en detalles técnicos del modelo inflacionario.

Los rusos Starobinski y Linde, y el norteamericano A. Guth, propusieron la hipótesis inflacionaria en la década de los setenta. La propuesta señala que el universo a los 10^{-34} segundos sufrió una etapa de crecimiento exponencial en la que su tamaño aumentó en un factor de 10^{50} .

El modelo inflacionario ganó rápidamente muchos adeptos, gracias a la posibilidad que ofrecía de resolver tres grandes problemas de la cosmología: la homogeneidad del universo, la forma plana del espacio y la ausencia de monopolos magnéticos. Sin embargo, el precio que se debía pagar al aceptar el

modelo inflacionario era alto: el universo debe estar dominado por una gran cantidad de masa de naturaleza exótica, que no se ha logrado detectar.

**Es posible
que el modelo
inflacionario caiga
definitivamente como
resultado de sus
inconsistencias,
pero esto no significa
que la teoría
del *big bang* deba
ser abandonada.**

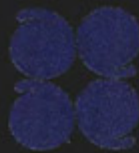
El problema de la materia oscura es un defecto del modelo inflacionario y no de la cosmología de la gran explosión. Mientras que el *big bang* goza de importantes resultados experimentales a su favor, el modelo inflacionario no está ni siquiera cerca de ser confirmado experimentalmente. Hoy, lo único que se puede decir con respecto al sustento experimental del modelo inflacionario es que los datos de anisotropías en la radiación cósmica de fondo, medidos por COBE, no lo contradicen.

En el Simposio de la Sociedad Americana de Astronomía, celebrado en el mes de enero, S. Perlmutter, de la Universidad de California (Berkeley), mostró los resultados de observaciones de estrellas supernovas a gran distancia. De estas observaciones se dedujo que la cantidad total de masa en el universo es mucho menor de lo que el modelo inflacionario predice.

Pocas semanas más tarde, en un simposio sobre materia oscura, el astrofísico A. Filippenko, también de Berkeley, presentó el análisis de observaciones de supernovas, según el cual existe en el universo una forma de energía que causa repulsión entre masas (en vez de atracción como lo hace la gravedad). Este efecto está contemplado en los modelos cosmológicos con constante cosmológica (un término que Einstein introdujo en sus ecuaciones para producir un efecto de presión en contra de la gravedad).

Es posible que el modelo inflacionario caiga definitivamente como resultado de sus inconsistencias, pero esto no significa que la teoría del *big bang* deba ser abandonada.

Sergio Torres Arzayús
Centro Internacional de Física,
Santafé de Bogotá, Colombia.
e-mail: storres@earthlink.net



**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



« Sin duda alguna, muchos de ellos están en situación de aconsejar sobre decisiones con amplias implicaciones sociales y políticas. Al mismo tiempo, sin embargo, sólo se les concede la libertad de tomar aquellas decisiones que han sido aprobadas políticamente o que pueden llegar a serlo »».

David Dickson

¿Deben los científicos participar en política?

Teniendo en cuenta la enorme dimensión de los cambios que se operan al interior de cada uno de nuestros países, un sector considerable de los científicos latinoamericanos ha decidido entrar a participar abiertamente en la solución de una problemática que amenaza, día a día, la estabilidad de nuestras naciones.

En este orden de ideas, su capacidad de respuesta es directamente proporcional a la magnitud de la crisis estructural de la sociedad en la cual desempeñan sus actividades, crisis que exige a este importante sector asumir, ahora, actitudes más comprometidas con la construcción de una paz social, como premisa fundamental para alcanzar un verdadero desarrollo humano sostenible.

Teniendo en cuenta lo anterior, Gabriel Misas sostiene que «En la actualidad nadie duda sobre la importancia que tiene la racionalidad científica en el desarrollo económico y social de cualquier país».¹

Para nuestra fortuna, en Colombia contamos con un amplio sector conformado por un valioso equipo humano de excelentes científicos, cuyo reconocimiento trasciende ya las fronteras nacionales. Es mucho lo que ellos pueden aportar en este lento y largo proceso tendiente a encontrar una vía de desarrollo alternativo, esto es, científico, técnico, humanista y de sostenibilidad ambiental.

Por otra parte, la óptima interacción «ciencia-sociedad» sólo es posible a través de la visión prospectiva de un científico capaz de moldear el futuro probable y deseable para nuestra sociedad. Y es precisamente en este camino cuando el hombre de ciencia pone a prueba no sólo la profundidad de sus saberes, sino la magnitud de su compromiso humanista con su entorno.

En consecuencia, cuando nuestros hombres y mujeres de ciencia se acercan al medio, terminan inevitablemente identificándose con él y, lo que es más interesante, se empiezan a comprometer con las solucio-





nes de fondo ante la problemática social del mismo.

Podría pensarse, entonces, que cuando pasa de la reflexión a la acción, tendiente a la transformación de su entorno, el científico abandona los principios éticos de su disciplina específica. A decir verdad, sucede todo lo contrario, pues la experiencia de trabajar en otros espacios actúa en él como un mecanismo que lo involucra directamente con la comunidad, llevándolo poco a poco a asumir posiciones más beligerantes y contestatarias. Este movimiento de la teoría a la práctica social de sus conocimientos representa el más valioso aporte de la comunidad científica a las diferentes estrategias de desarrollo de nuestras sociedades en crisis.

Son precisamente las profundas rupturas en los patrones éticos y morales las que han sacado a los científicos de la torre de marfil que los mantenía aislados, neutrales y poco comprometidos con las convulsiones de cada una de nuestras

sociedades. Por esta razón, David Dickson afirma que en las sociedades modernas «Los científicos y los tecnólogos están cada vez más vinculados a los mecanismos de poder. El conocimiento y, en consecuencia, la capacidad de asesoramiento de los problemas científicos y tecnológicos se ha convertido en una parte esencial del proceso político»².

En este proceso de implicaciones abiertamente ideológicas, sobre el científico se cierne la sombra de una clase política carente de cultura científica que tratará de hacer de él un idiota útil para sus propósitos. A pesar de ello, y no obstante que muchas prácticas atentan contra la ética y la transparencia de sus principios, el científico debe correr el riesgo, asumiendo el reto que implica una confrontación con amplios matices políticos, pero sin perder en

ningún momento la óptica científico-humanista, binomio muy difícil de encontrar en la mayoría de la clase política.

Fue precisamente la descomposición de un amplio sector de la clase dirigente de nuestros países, aunada a un alarmante deterioro de la calidad de vida, la fuerza que precipitó el paso de numerosos científicos de América Latina de espectadores a actores fundamentales de cambio, armados para ello de la ventaja más poderosa: el conocimiento.

En estas condiciones, y teniendo en cuenta la magnitud de las transformaciones que habrán de realizarse, el impacto social sobre la calidad de vida de la población se ha convertido en un imperativo para las orientaciones investigativas. Por esta razón, la dimensión política e institucional es la llamada a garantizar que tales orientaciones sean de carácter sostenido. De acuerdo con lo anterior, científicos y políticos deben trabajar hombro a hombro, el político abriendo los espacios constitucionales a la ciencia y la tecnología y el científico en calidad de consultor de excelencia en el diseño de las nuevas estrategias de desarrollo.

En consecuencia, la participación de los científicos en los diferentes espacios políticos no sólo es viable sino deseable, máxime en un país como el nuestro, en donde, como afirmamos desde un principio, contamos con los cerebros capaces de presentar alternativas y propuestas coherentes de desarrollo a la luz de las exigencias regionales, nacionales y mundiales.

Científicos y políticos deben trabajar hombro a hombro.

.....

Elsa Beatriz Acevedo
Historiadora,
Departamento de Humanidades,
Universidad Tecnológica de Pereira,
Pereira, Colombia.
e-mail: elsa@col2.telecom.com.co

TECNOLOGÍA

Carros que se manejan solos

Parece mentira pero ya existen: carros que se autoconducen. Recientemente, en San Diego, California, se pusieron a prueba los primeros automóviles que lograron lo que pocos se habían imaginado, mediante un sistema de detección magnética. Este nuevo producto tecnológico es el resultado de más de cinco años de investigación y desarrollo aprobados por una ley de Estados Unidos, promulgada en 1991, y denominada ISTEА (*Intermodal Surface Transportation Efficiency Act*).

La ISTEА no sólo aprobó el presupuesto de la creación de los automóviles, sino también el de las autopistas en las cuales estos carros deben moverse. Por lo menos en esta versión piloto, los carros que se manejan solos requieren marcadores magnéticos colocados en la autopista para poder conservar la dirección. A pesar de este requerimiento, los estudios de prueba dirigidos por Terry Quinlan demuestran que podrían reducir notablemente la tasa de



accidentalidad, atribuida en un 90 por ciento a errores humanos.

Del 7 al 10 de agosto anterior se realizó la prueba definitiva en un tramo de 7,6 millas, en la autopista I-15, cercana a San Diego, según informó *Science News*, de septiembre 13. En total, 1.350 conductores se sintieron pasajeros de su propio carro. Tranquilamente, ellos pudieron dedicarse a escribir en un computador portátil o a cualquier otra actividad que sería absolutamente arriesgada en una situación normal.

Aún esta tecnología no saldrá al mercado, debido a la necesidad de los marcadores magnéticos sobre las autopistas. No obstante, en el futuro podrán hacerse "milagros", tales como el que una persona ciega conduzca un automóvil.

Además, cuando salga al mercado, este producto tecnológico permitirá a los usuarios en general un uso más racional de combustible y causará menos polución. Sin embargo, estos logros sólo serán presenciados hasta el siglo XXI.

CAD/CAM para aplicaciones dentales

La empresa japonesa Advance Co., con sede en Tokio, desarrolló recientemente un sistema CAD/CAM (Diseño Asistido por Computador/Manufactura Guiada por Computador) para aplicaciones dentales, denominado "Dental Cadim", según se informó en la revista *New Technology Japan*, de diciembre de 1997, en la sección de biotecnología y ciencia médica.

Este sistema compacto le permitirá a los odontólogos medir, modelar y manufacturar piezas dentales, con alta precisión y con la flexibilidad que exigen las diferencias individuales de los pacientes. El costo de este sistema en Japón es de seis millones de yenes.

El campo de modelado se despliega en tres ejes, de la siguiente manera: 150 mm en el eje X y 100 mm en las direcciones Y y Z. Gracias a esta tecnología se pueden diseñar piezas o subpiezas (como coronas y puentes) en diferentes materiales como cerámica y titanio, este último imposible de trabajar con las técnicas convencionales.

Todas estas ventajas se logran mediante un conjunto que comprende una unidad de medición, un sistema de control, una máquina pulidora y un computador personal. El diseño y la manufactura de piezas dentales, que normalmente demoraban varios días, podrán realizarse desde ahora en menos de un día y con mayor exactitud.

Asimetrías cerebrales en la rata

La revista *Science*, del 17 de octubre pasado, publicó un estudio experimental que demuestra la asimetría cerebral de la rata en comportamientos asociados con la consecución de alimento. El experimento fue llevado a cabo por los psicólogos Nicholas P. La Mendola y Thomas G. Bever, de la Universidad de Arizona.

La investigación sobre las asimetrías lleva ya más de un siglo, pero sigue siendo muy controvertida, especialmente la relacionada con humanos. Esta situación ha llevado a los científicos del comportamiento a realizar experimentos (estudios más controlados) con diferentes especies animales, como simios, aves y ratas.

Actualmente, la teoría de las asimetrías incluye tres tipos de dominancia: 1. La dominancia general de un hemisferio sobre otro (p.e., en humanos, el hemisferio izquierdo en el lenguaje y el derecho en la visión); 2. La dominancia como reflejo de una mayor atención en la periferia contralateral (p.e. superioridad en muchas tareas de lenguaje gracias al campo visual derecho y superioridad en muchas tareas visuales gracias al campo visual izquierdo); y 3. Dominancia general acompañada de una capacidad complementaria del otro hemisferio (p.e., en la visión, el hemisferio izquierdo procesa la información categórica y el derecho la información métrica).

Partiendo de ese antecedente, La Mendola y Bever examinaron en ratas las diferencias en el uso de los bigotes

(izquierdos y derechos) para desenvolverse dentro de un laberinto radial con ocho brazos, con el fin de hallar comida. Esta situación simula en buena medida el ambiente natural de estos animales, cuya complejidad es enfrentada en parte con ayuda de los sensores ubicados en sus bigotes.

Sintetizando resultados, los psicólogos experimentales encontraron que las ratas aprenden mejor el camino correcto hacia la comida con ayuda de los bigotes del lado derecho que con los del lado izquierdo. Por otra parte, encontraron (luego de hacer lesiones cerebrales selectivas) que aprenden mejor con el hemisferio izquierdo que con el derecho. Este resultado confirma la eficacia de la contralateralidad hemisferio izquierdo-bigotes derechos en el aprendizaje de forrajeo (conducta de consecución de alimento).

Además, La Mendola y Bever hallaron que la contralateralidad opuesta (hemisferio derecho-bigotes izquierdos) funciona mejor cuando se cambia la posición de la comida mediante rotación, una vez han aprendido el camino correcto. En conclusión, al igual que en los humanos, cada hemisferio cerebral de la rata hace contribuciones cualitativamente diferentes a conductas naturales complejas.

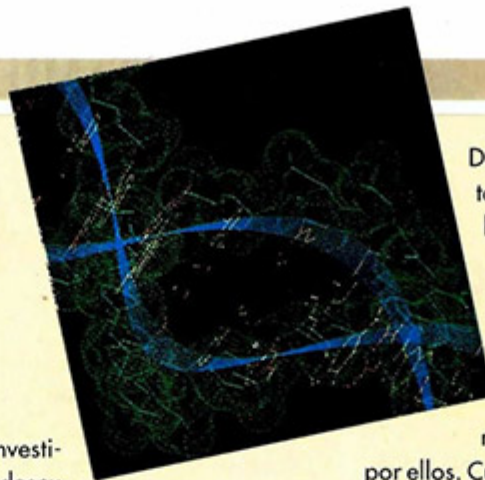
GENÉTICA

El sentido maternal, cuestión de genes

El sentido maternal es una de las directrices más fuertes que tienen los seres vivos y, al igual que muchas otras características, está regulado por el código genético. Un grupo del Instituto Médico Howard Hughes, de Seattle, creó hace un tiempo una raza de ratones que carecía del sentido maternal, debido a que se le provocó una mutación en el gen que codifica la enzima dopamina beta hidroxilasa. Esta enzima produce norepinefrina, sustancia clave en la comunicación intercelular de las células nerviosas.

Los investigadores descubrieron que los fetos de estos mutantes morían antes de nacer, aparentemente por deficiencias cardíacas. Encontraron también que al añadir al alimento de las madres un precursor sintético de la norepinefrina, los fetos llegaban a término. Este precursor, conocido como DOPS, necesita una segunda enzima para convertirse en norepinefrina.

Una vez gestados, los ratones se desarrollaban normalmente, sin necesidad de que se les administrara más



DOPS. Los investigadores notaron que aquellos ratones hijos de madres que carecían de la enzima morían pocos días después de nacer, puesto que no tenían la capacidad para alimentarse, y sus progenitores no mostraban mayor interés por ellos. Curiosamente, estas ratonas sí podían alimentar a los recién nacidos que ya habían sido entrenados por otras madres para alimentarse y, si se les administraba DOPS a estas madres, podían cuidar adecuadamente a sus hijos. Las observaciones anteriores les llevaron a concluir que la norepinefrina está íntimamente relacionada con el sentido maternal y la capacidad para atender a los hijos, y que esta capacidad puede restaurarse una vez perdida.

FERTILIDAD

El estrógeno, ¿una hormona femenina?

El estrógeno no beneficia únicamente a las mujeres. Estudios recientes han demostrado que esta hormona está relacionada también con la fertilidad masculina. Un grupo de investigadores de la Universidad de Duke, de Carolina del Norte, encontró que unos ratones mutantes que producían estrógeno, pero carecían del gen que codifica el receptor de la hormona, eran infértiles, mientras que las hembras se desarrollaban normalmente.

Los investigadores observaron que los testículos de estos ratones se degeneraban debido a la falta de absorción del estrógeno. Estos machos no podían drenar el líquido seminal que se acumulaba en el epidídimo, lugar donde maduran los espermatozoides antes de la fecundación. Los investigadores creen que cantidades anormales de fluido retenido diluyen los elementos necesarios para una fecundación exitosa. Si la densidad de los espermatozoides en el líquido seminal es baja, se reduce también la fertilidad.

Esta investigación hace pensar en los efectos directos de los estrógenos del medio ambiente en la fertilidad masculina. Por ejemplo, el DDT y otros polutos que imitan al estrógeno pueden acarrear graves consecuencias para la re-

producción. De hecho, según un reporte publicado en la edición de noviembre de 1997 de *Environmental Health Perspectives*, se ha detectado, desde 1970, una disminución en el número de espermatozoides de los hombres occidentales. La reducción equivale a más del 1% anual, o sea, a 1,5 millones por mililitro por año en Estados Unidos y a 3,0 millones por mililitro por año en Europa.

Otro aspecto importante de esta investigación es que muestra cómo la retención de fluido, por fallas en el drenaje de los vasos deferentes, o tubos que comunican los testículos con el epidídimo, puede ser causa de infertilidad masculina. Adicionalmente, estos descubrimientos pueden dar ideas para una nueva generación de anticonceptivos.

Conexión entre herpes y esclerosis múltiple

La roséola es una enfermedad eruptiva infantil relativamente inofensiva. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que el virus herpes, que produce la roséola, puede volver a emerger, años después, en personas que padecen esclerosis múltiple. Este virus está presente en el 90 por ciento de las personas saludables y puede reactivarse cuando el sistema inmune está estresado por infección o por problemas emocionales. Los científicos sospechan que el herpes es responsable de causar la esclerosis múltiple, enfermedad del sistema nervioso caracterizada por debilidad muscular, pérdida de visión y parálisis.

La esclerosis múltiple, que ataca entre los veinte y los cuarenta años, es posiblemente inducida por una serie de factores que los científicos no han logrado dilucidar. Parece existir una predisposición genética hacia ella, y se sospecha también que pueda ser una enfermedad autoinmune en la cual el organismo rechaza la mielina, que es la envoltura de las células nerviosas. En los lugares donde la mielina ha sido atacada se desarrollan lesiones o esclerosis y, con el tiempo, aparecen lesiones en numerosos sitios.

La relación entre el herpes y la esclerosis ha sido estudiada a raíz de la obtención del virus de la roséola o virus herpes humano (HHV-6), del cerebro de cadáveres de personas que padecieron la enfermedad. En un estudio reciente realizado en el Instituto Nacional de Desórdenes Neurológicos de Bethesda,

Estados Unidos, se analizó la sangre de 102 voluntarios, de los cuales 36 padecían esclerosis múltiple, 31 presentaban otro tipo de enfermedad neurológica, incluyendo Parkinson, 21 tenían otro tipo de enfermedad inflamatoria, tal como lupus, enfermedad autoinmune, y 14 personas saludables. Los investigadores detectaron anticuerpos contra el virus HHV-6 en el 66 por ciento de los pacientes con esclerosis múltiple en la fase recurrente. Otro estudio encontró el ADN del virus, en la fase de replicación, en 15 de 50 pacientes investigados. Adicionalmente, se detectó la presencia de proteínas del HHV-6 en lugares del cerebro donde la mielina había sido destruida, mientras no se encontró en las regiones sanas del cerebro.

Aunque existe una conexión, la pregunta persiste: ¿Es el herpes HHV-6 realmente el causante de la esclerosis o es una consecuencia de esta enfermedad? Los científicos tienden a creer que el herpes la causa, puesto que ataca el sistema nervioso y permanece latente por largos períodos, al igual que la esclerosis múltiple. Es posible también que el virus actúe para mantener las lesiones y no necesariamente para causarlas. A pesar de que se ha demostrado una relación, la curación de la esclerosis está aún lejana, ya que hasta el momento no ha sido posible eliminar el virus sin deteriorar la envoltura de las células nerviosas.

Novedosa película superconductora

Las películas delgadas superconductoras y policristalinas que se producen actualmente tienen el inconveniente de que las fronteras de grano se comportan como enlaces débiles que dificultan el paso de la corriente. Un grupo de investigadores de la Universidad de Illinois, en Urbana, Champaign, ha desarrollado una técnica para producir películas superconductoras cuya microestructura elimina los enlaces débiles y puede hacerlas competitivas en las aplicaciones de potencia tales como motores eléctricos, líneas de transmisión o electroimanes.

Los investigadores inventaron el proceso tras inspirarse en uno que se utiliza en la fabricación de cerámicas. Una suspensión de partículas de cerámica superconductora (YBCO) se coloca en un recipiente situado bajo el orificio de un electroimán superconductor de bobina dividida, que produce un campo magnético intenso.

Un sustrato de plata se desliza en el recipiente, se recubre con la suspensión y se hace pasar luego por el campo magnético, el cual hace que las partículas se alineen uniaxialmente, como ladrillos en una pared, lo cual produce la microestructura deseada.

Posteriormente se añade platino al solvente. Durante el tratamiento térmico posterior, el platino interactúa con el YBCO, y las impurezas son extraídas de las fronteras de grano durante el endurecimiento del material, lo cual produce contactos más nítidos.

El próximo paso será el de mejorar las propiedades intrínsecas de la película, para hacerla más delgada y, por ende, más flexible.

Hardware que imita la evolución biológica

Los pasos que están dando la ciencia y la tecnología hacia la explicación, la predicción y el control de la vida son cada vez más impresionantes. El año pasado, las imágenes de la oveja clonada por un científico inglés dieron la vuelta al mundo. Ahora, desde varios laboratorios de informática en el globo, aparece otro avance, no tan espectacular pero de similar importancia: la creación de *hardware* que imita la evolución biológica.

Ya desde los años cincuenta, el campo de la inteligencia artificial había producido *software* que autoevolucionaba: se trataba de los algoritmos genéticos. Tales simulaciones generaban "individuos virtuales", consistentes en posibles soluciones a un problema determinado (p.e., reconocimiento de patrones de letras). A medida que se ponían a prueba los individuos, a lo largo de muchas generaciones, se seleccionaban ciertos "genes" (cadenas de información que conforman al individuo) que se adaptaban mejor a las exigencias ambientales, en este caso, al problema planteado.

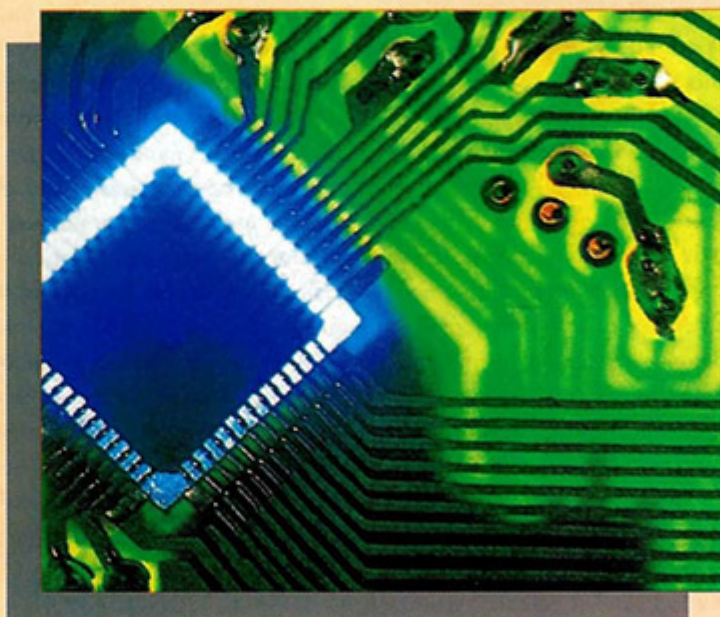
No obstante, dicha simulación de la evolución biológica era puramente virtual y restringida por las características físicas del computador donde corría el algoritmo. Esta restricción motivó a investigadores norteamericanos, japoneses, suizos e ingleses a

desarrollar varias versiones de *hardware* especializado en un problema, que puede evolucionar de una forma real y no virtual.

En un número especial de la revista *Science*, del 26 de septiembre de 1997, dedicado a computadores, Gary Taubes publicó un reportaje que resalta este avance tecnológico reciente. El *hardware* evolutivo individual consiste básicamente en un "chip" cuyo circuito tiene la posibilidad de reprogramarse. En un primer momento, el chip es programado electrónicamente para dar una solución al problema específico, pero, una vez se pone a prueba, el dispositivo se va

adaptando digitalmente para resolver el problema.

Uno de los investigadores, John Koza, de la Universidad de Stanford, explica que el chip reprogramable puede hacer en un tiempo mínimo el equivalente a 100.000 instrucciones de *software* en serie. Además de imitar realmente la evolución biológica, el *hardware* evolutivo permitirá a los diseñadores de robots crear individuos más "vivos", es decir, no solamente conformados por *software* inteligente, sino también por "silicio inteligente", capaz de mutar y de reproducirse.



La cohesión social reduce la violencia en los vecindarios

La violencia en los barrios de las ciudades norteamericanas ha estado normalmente asociada con un bajo *status* socio-económico de sus habitantes o con la inestabilidad de los residentes. Esto es lo que normalmente han demostrado los estudios sociales de tipo correlacional que se han efectuado hasta ahora. No obstante, estos estudios no muestran una relación causal entre pobreza y violencia urbana o inestabilidad doméstica y violencia urbana.

Entonces, ¿Por qué se presentan tales asociaciones? ¿Qué procesos sociales podrían explicar esta relación? Un grupo de investigadores norteamericanos lanzó la hipótesis de la "eficacia colectiva", definida como la capacidad de los miembros de un vecindario para establecer unos valores comunes (p.e. seguridad, orden, limpieza, etc.) y mantener el control de actos violentos o antisociales.

El equipo conformado por Robert J. Sampson (Universidad de Chicago), Stephen W. Raudenbush (Universidad Estatal de Michigan) y Felton Earls (Harvard) dirigió un inmenso estudio que comprobó esta hipótesis en 343 barrios de Chicago, Illinois, y que fue publicado en la revista *Science*, del 15 de agosto pasado.

Según Sampson, Raudenbush y Earls, no se puede establecer una relación directa entre las tasas de acciones violentas urbanas, especialmente



interpersonales, con las características demográficas agregadas de los individuos residentes. Con base en la investigación mencionada, una encuesta realizada a 8.782 ciudadanos, las cifras de violencia están mediadas de forma inversamente proporcional por la eficacia colectiva de cada comunidad. Esto significa que entre mayor cohesión y solidaridad haya entre sus habitantes, menos riesgo habrá de actos tales como robos, atracos, homicidios y vandalismo. Este fenómeno se pudo observar consistentemente en vecindarios de diversos estratos socio-económicos. Así, aunque en un barrio haya pobreza generalizada, las tasas de violencia se

reducen si hay unión entre los vecinos.

Sería de veras interesante que se realizaran estudios sociobiológicos de esta clase en ciudades de América Latina y de Colombia, donde la violencia está mediada por otros factores de orden cultural y político, ajenos a la realidad norteamericana.

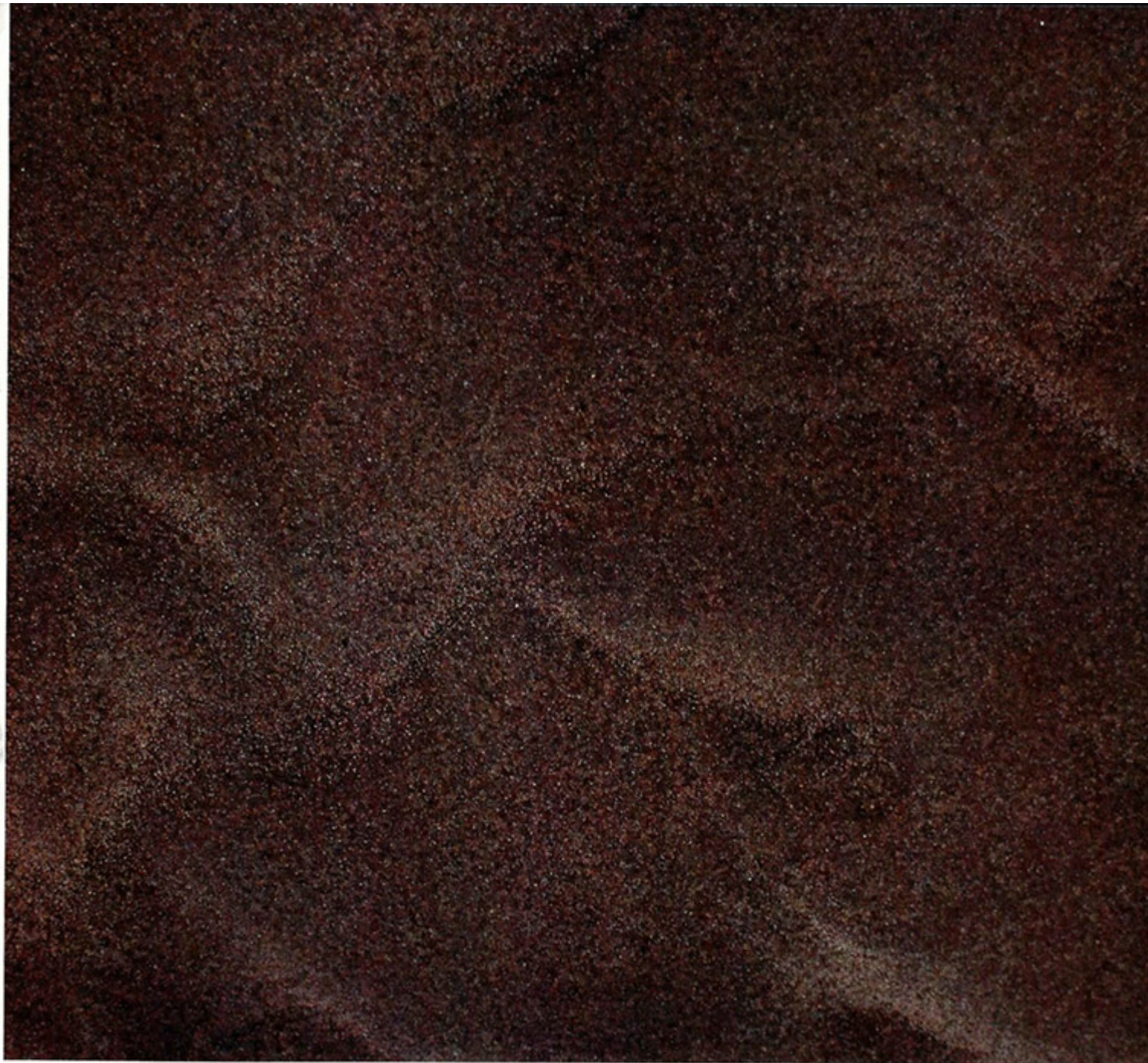


Hans J. Herrmann
José D. Muñoz
Institute for Computer Applications 1,
Stuttgart University,
D-70569, Alemania
e-mail: hans@ical.uni-stuttgart.de
jdemunoz@ical.uni-stuttgart.de

Los medios granulares y la física

Si usted se acerca con espíritu curioso a la pila de arena donde jugaba cuando era niño, encontrará algunas hermosas sorpresas. Por ejemplo, si llena de arena un balde en el que ha colocado un palo de pie en el centro, la arena fluye como un líquido, rodeando el palo, y también fluye con facilidad cuando usted lo retira, llenando un poco el agujero así formado. Pero si usted golpea el balde con firmeza antes de quitar el palo, para asentar la arena a su alrededor, le será muy difícil retirarlo. Los medios granulares, incluida la arena, se mueven típicamente en avalanchas repentinas, como

El maravilloso mundo medios



de los
granulares

las que ruedan por los bordes de una pila de arena al depositar en su cima algunos granos de más. Cuando estas avalanchas alcanzan la base de la pila, se detienen súbitamente, perdiendo de improviso toda su energía cinética.

La arena fluye en forma diferente a como lo hacen los líquidos. Por ejemplo, un reloj de arena funciona porque el flujo de salida por el orificio se mantiene aproximadamente constante, independientemente de la altura de la columna, en tanto que en los líquidos el flujo varía con la altura, de acuerdo con la ley de Hagen-Posieulle. Existen muchos otros efectos extraños en el movimiento de los medios granulares, tales como los llamados "túmulos de Faraday", descubiertos por Faraday en 1831¹, y que permanecen inexplicados: cuando se hace vibrar una fina capa de arena esparcida sobre un plano (por ejemplo, un altoparlante), a frecuencias cercanas a 60 Hz, se observa inmediatamente la aparición de pequeños túmulos que se desplazan por la superficie; el interior de cada túmulo es aproximadamente hueco, y de su centro sale constantemente arena que rueda por sus paredes. ¿Qué estabiliza los túmulos en medio de la vibración? ¿Qué fuerzas empujan los granos a través de sus centros? Aún nadie lo sabe.

Los medios granulares son fundamentales en muchos procesos productivos. El café, la sal, el azúcar, la harina, los cereales, la alverja, el frijol y muchos otros alimentos son medios granulares, como también lo son la arena, el cemento y otros materiales de construcción, además de todas las rocas de extracción minera. Los *pellets* plásticos, los polvos que componen las tabletas farmacéuticas, así como las tabletas mismas, también son materiales granulares. A lo largo de este siglo, el estudio de estos materiales ha sido realizado principalmente por ingenieros químicos e ingenieros de procesos, con el fin de mejorar los procesos industriales, y como fruto de su trabajo se conocen muchas leyes empíricas asombrosas. Sin embargo, muchos procesos fundamentales permanecen aún sin explicación, como la causa por la cual se taponan de vez en cuando los tubos que transportan materiales granulares, o el por qué suelen separarse los granos por tamaño cuando se les agita.

En el siglo pasado, los físicos fueron fascina-

dos por las exóticas propiedades de los polvos, y Faraday, Reynolds y Hagen se cuentan entre los que hicieron contribuciones significativas para su comprensión. Sin embargo, ya que nadie pudo en ese entonces formular con éxito una teoría continua ni para las deformaciones ni para el flujo de medios granulares, éstos no fueron ya del interés de los teóricos "modernos" del cambio de siglo. Sólo recientemente los físicos se han interesado de nuevo por los medios granulares. Esto se debe, por una parte, a la aparición de nuevos conceptos para la comprensión de medios desordenados y de fenómenos colectivos, como el concepto de "criticalidad autoorganizada"¹⁹, y, por otra parte, al hecho de que los computadores actuales ofrecen nuevas posibilidades de resolver sistemas de muchas partículas y con frecuencia permiten obtener resultados cuantitativos comparables con experimentos. Por ejemplo, la técnica de simulación llamada "dinámica molecular" permite calcular simultáneamente las trayectorias de hasta 10^6 partículas interactuantes, a lo largo de minutos.

Los medios granulares son fundamentales en multitud de procesos productivos.

Los granos disipan energía

¿Qué tienen los medios granulares que los hace tan especiales? Algo clave para entender su comportamiento es que son sistemas disipativos, es decir, que pierden energía constantemente. En efecto, debido a vibraciones dentro de los granos y a deformaciones plásticas de sus superficies, las colisiones entre granos no son elásticas y, por lo tanto, disipan energía. A diferencia de muchos otros sistemas físicos, la energía mecánica no se conserva en cada colisión. La energía perdida es radiada en forma de calor o alejada por el aire circundante. En consecuencia, si no se le da energía constantemente al sistema, los granos terminan finalmente en reposo. Otros

sistemas disipativos similares son, por ejemplo, el tráfico automotor y el movimiento colectivo de bacterias, peces o aves.

Debido a la disipación de energía, las velocidades de los movimientos entre los granos en la arena que fluye son de la misma magnitud que la velocidad de flujo del movimiento global. En el lenguaje de los fluidos moleculares, esto quiere decir que no se puede separar el movimiento aleatorio o "térmico" de los granos individuales del movimiento de convección global del material. Por lo tanto, la viscosidad, que es

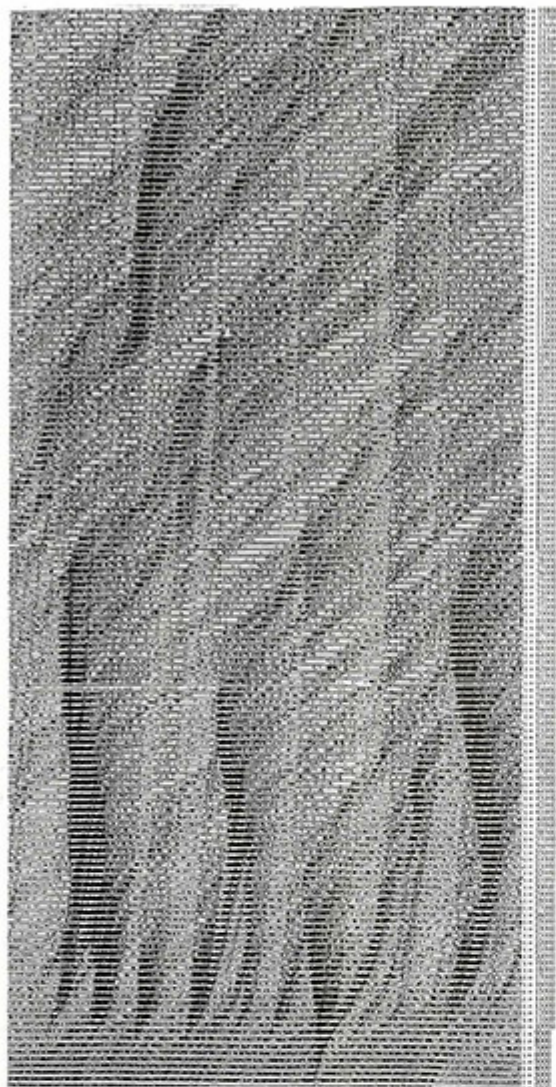


Figura 1. Una simulación por computador muestra cómo pequeñas partículas caen a través de un tubo largo, bajo la acción de la gravedad. Se muestra el mismo tubo en 27 instantes diferentes, separados por intervalos de 0,1 s, con el tiempo aumentando hacia la derecha. El eje vertical corresponde a la posición a lo largo del tubo, que es cinco veces más ancho y 350 veces más largo que el diámetro de un grano. Los resultados muestran que las partículas forman agregados densos, separados por regiones casi vacías. Las simulaciones fueron realizadas por Thorsten Pöschel, de la Universidad de Humboldt, en Berlín.

la expresión de la fricción entre capas de un fluido que se deslizan unas sobre otras con cierta velocidad, no es constante, como en el agua, el aceite y otros líquidos que llamamos, por lo tanto, "newtonianos"; en el caso de los medios granulares, crece proporcionalmente con la velocidad de deslizamiento, lo que se conoce como la Ley de Bagnold, en honor del brigadier inglés que la descubrió en 1954. Es decir, la disipación local de energía hace de la arena un fluido no newtoniano.

La disipación de energía tiene otra consecuencia importante. Si una región del material tiene una densidad un poco mayor que la de sus alrededores, tendrá también más colisiones inelásticas. Estas colisiones reducen la energía cinética y, en consecuencia, reducen también la presión local. Como la presión dentro de la región se torna menor que la de afuera, se establece un flujo de granos de afuera hacia adentro, que hace más densa a la zona de mayor densidad original. Tales procesos pueden generar espontáneamente grandes variaciones de densidad en materiales que de otra forma serían homogéneos^{2,3}. Cuando, por ejemplo, los materiales granulares fluyen a través de tubos, estas fluctuaciones de densidad viajan como ondas cinemáticas, que se parecen mucho a los embotellamientos de tráfico de las autopistas. Esas ondas pueden causar graves problemas cuando se vacían silos industriales: las fuerzas que ejercen sobre las paredes del silo pueden ser tan grandes que pueden llegar a destruir instalaciones industriales enteras, en lo que se conoce como *silos-ques*.

K. Schick y A. Verween, de la Universidad de Leiden, en Holanda⁴, han mostrado que, al igual que en el caso de los terremotos, las fluctuaciones de densidad, que son las causantes de estos fenómenos, presentan lo que se conoce como "criticalidad autoorganizada", el sistema evoluciona por sí solo hasta estados llamados críticos, en los que se pueden generar ondas de densidad de cualquier longitud de onda, sin que exista un valor de longitud promedio. En la **figura 1**, una simulación por computador ilustra cómo pequeños discos se aglutinan cuando bajan por un tubo vertical por la acción de la gravedad. Se observa claramente la formación de zonas de alta densidad separadas por regiones prácticamente vacías y que están casi en reposo. Los límites entre dos zonas se mueven con frecuencia a velocidad constante, trazando líneas de pendiente constante en la figura, que se conocen con el nombre de ondas cinemáticas. En los embotellamientos de tráfico se observan patrones similares: regiones de tráfico denso se alternan con áreas en las que el tráfico fluye más fácilmente.

Las fluctuaciones de densidad se pueden analizar con más detalle calculando el espectro de potencias, que mide sus componentes de frecuencia en una posición dada dentro del tubo, es decir, su transformada de Fourier temporal. El espectro en coordenadas log-log toma la forma de una línea recta con pendiente m mayor que 1, lo que significa que no existe un valor de frecuencia promedio. Los espectros obtenidos con diferentes modelos dan casi uni-

versalmente el mismo valor, $m=4/3$, para el exponente de esta ley de potencias, pero aún no entendemos por qué. Sistemas cíclicos, como las simulaciones de tubos verticales con condiciones de frontera periódicas, muestran también un pico a una frecuencia característica, que corresponde a la longitud de onda de las ondas cinemáticas⁵.

En ciertas circunstancias, como por ejemplo, cuando el tubo es muy angosto, o cuando los granos son muy densos, o cuando existe mucha fricción de los granos con las paredes del tubo, el tubo o el silo se pueden taponar. Esto es catastrófico para los procesos industriales, pero se puede hacer muy poco para predecir con precisión cuándo ocurrirá. Las simulaciones numéricas pueden ayudar en este sentido. Por ejemplo, las simulaciones de un silo bidimensional han mostrado el efecto de cambiar la rapidez con que se vierten granos en el interior del silo: los granos fluyen suave-

mente cuando se vierten a una tasa constante; pero si ésta varía esporádicamente, el tubo se atasca, a pesar de que el valor medio del flujo sea el mismo en los dos casos (figura 2).

Las fuerzas en las pilas de arena

Las fuerzas dentro de una pila de arena actúan también en una forma muy especial. En el caso ideal de la arena seca, los granos no se atraen entre sí y, por lo tanto, no hay fuerzas que se opongan a la acción de separarlos. Por el contrario, si existen fuerzas de repulsión elásticas al tratar de comprimirlos, pero éstas dependen de la forma de los granos. Por ejemplo, para granos esféricos, la fuerza de repulsión crece en forma no lineal, como $d^{3/2}$, donde d es el desplazamiento a partir del punto de compresión cero (en contraste, la fuerza de repul-

sión de un resorte crece linealmente con d , es decir, la Ley de Hooke). Esta relación para esferas, conocida como Ley de Hertz, se basa en el hecho de que el área de contacto entre esferas elásticas aumenta cuando éstas se presionan entre sí, y, por lo tanto, la fuerza es no lineal, aun para desplazamientos pequeños. Para granos de formas más complejas se obtienen otras expresiones no lineales similares. Adicionalmente, actúan también fuerzas de fricción cuando los granos se rozan tangencialmente.

Esta no linealidad de la fuerza elástica es aún más notoria cuando se analiza el comportamiento del material en bloque. Debido a su distribución aleatoria, muchos granos no se encuentran en contacto cuando el sistema está en reposo. Al ir comprimiendo el bloque, más y más parejas de granos entran en contacto y comienzan a contribuir entonces a la fuerza elástica del sistema. La ley de fuerzas obtenida de este proceso crece tan rápido como d^4 para desplazamientos pequeños.

Cuando una pila de arena está en reposo, el peso de los granos de la parte superior de la pila se transfiere hacia abajo a lo largo de "líneas de fuerza", que esencialmente son líneas formadas por granos en contacto, con alguna compresión.

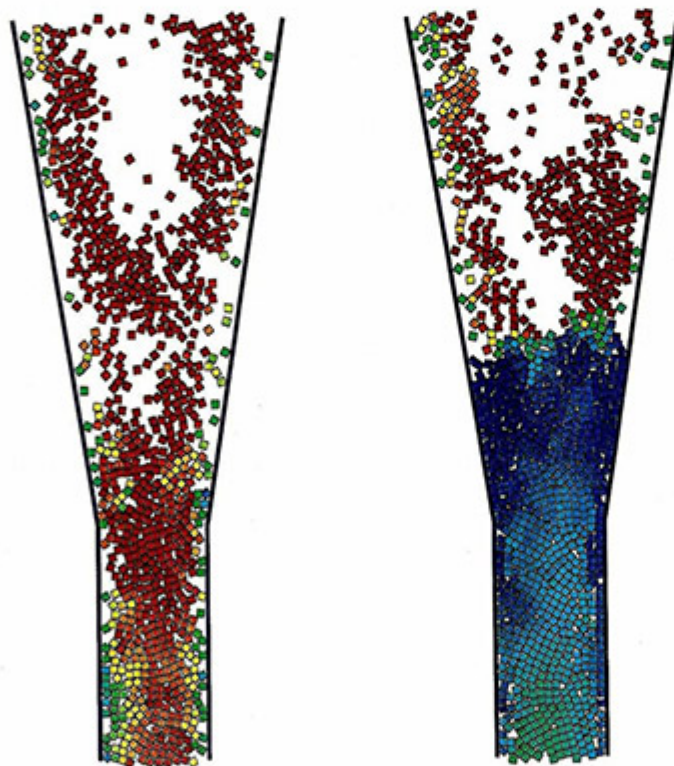
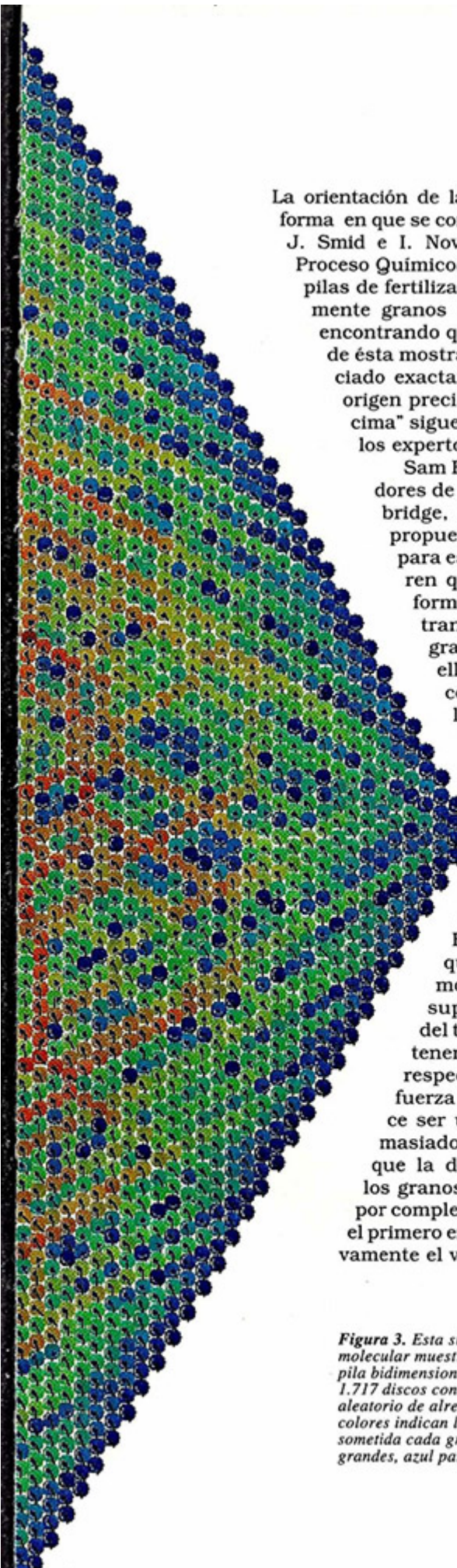


Figura 2. Simulaciones de dinámica molecular para partículas de igual tamaño en un silo. Los colores indican las velocidades de las partículas: rojo para las más rápidas y azul para las más lentas. Los granos fluyen con facilidad cuando el flujo se mantiene constante (izquierda), pero se taponan permanentemente cuando el flujo varía (derecha), a pesar de que el promedio sea el mismo en los dos casos.



La orientación de las líneas depende de la forma en que se construye la pila. En 1981, J. Smid e I. Novosad, del Instituto de Proceso Químicos en Praga⁵, produjeron pilas de fertilizante vertiendo continuamente granos en la cima de la pila, encontrando que la presión en la base de ésta mostraba un mínimo pronunciado exactamente bajo la cima. El origen preciso de este "valle bajo la cima" sigue siendo un enigma para los expertos.

Sam Edwards y sus colaboradores de la Universidad de Cambridge, en Gran Bretaña⁶, han propuesto un modelo intuitivo para este proceso. Ellos sugieren que dentro de la pila se forman arcos de granos que transfieren el peso de los granos centrales encima de ellos hacia los lados, tal como lo hacen los ladrillos en arco en las puertas de las iglesias antiguas. Siguiendo esta idea, Joachim Wittmer y colegas de la Universidad de Edimburgo⁷ desarrollaron el modelo de eje principal fijo (FPA, por sus siglas en inglés). Este modelo muestra que, ya que la pila se formó rodando granos por su superficie, el eje principal del tensor de esfuerzos debe tener una orientación fija con respecto a la dirección de la fuerza de gravedad. Esto parece ser una simplificación demasiado grande, considerando que la deformación elástica de los granos no se tiene en cuenta por completo, pero este modelo fue el primero en reproducir cuantitativamente el valle bajo la cima.

Figura 3. Esta simulación de dinámica molecular muestra las fuerzas dentro de una pila bidimensional regular. La pila consta de 1.717 discos con una variación de tamaño aleatorio de alrededor del 5 por ciento. Los colores indican la presión a la que está sometida cada grano: rojo para presiones grandes, azul para presiones pequeñas.

Las simulaciones numéricas también han ayudado a entender este efecto. Una simulación realizada por Stefan Luding, en la Universidad de Stuttgart⁸, muestra las líneas de fuerza dentro de una pila de arena rectangular (**figura 3**). Los arcos de fuerza propuestos por Edwards son claramente visibles, emergiendo de una red de fuerzas bastante compleja.

La red de fuerza puede visualizarse también de forma rectangular en experimentos que usan granos de materiales como el plexiglás, que rotan su eje óptico cuando se les somete a tensión mecánica. Si se colocan pequeños discos de uno de estos materiales fotoelásticos en medio de dos polarizadores cruzados, las regiones de mayor tensión brillan más que las otras. Imágenes recientes obtenidas por Bob Behringer y sus colegas de la Universidad Duke, en Carolina del Norte⁹, revelan claramente las redes de fuerza en una celda de corte (**figura 4**).

Particularmente interesantes son las variaciones de las fuerzas que un material granular ejerce sobre las paredes de un recipiente. Las redes de líneas de fuerza pueden concentrar la tensión en puntos específicos de las paredes, mientras que la estructura de empaquetado de los granos puede evitar completamente la acción de esas fuerzas sobre otras regiones de las paredes. En los últimos años, algunos investigadores han propuesto modelos estocásticos para describir la acción de estas fuerzas. Por ejemplo, el "modelo q", propuesto por Sue Coppersmith y sus colaboradores de la Universidad de Chicago¹⁰, simplifica las fuerzas, convirtiéndolas en simples números que se transmiten hacia abajo, capa por capa, en forma aleatoria. La simplicidad del modelo tiene como ventaja que puede ser resuelto exactamente: da como resultado una distribución de fuerzas que sigue una ley de potencias para fuerzas pequeñas y una ley exponencial para fuerzas grandes. A pesar de que el modelo es relativamente simple, sus predicciones para fuerzas grandes concuerdan muy bien con los experimentos. Sin embargo, en el rango de fuerzas pequeñas, cada modelo teórico predice distribuciones diferentes, y habrá que esperar a que los experimentos aclaren la disputa.

Segregación

Debido a su naturaleza particular, los medios granulares introducen grados de libertad adicionales que no se tienen en el caso de los fluidos, tales como la diferencia en el tamaño y la forma de los granos. Un fenómeno típico relacionado con estas propiedades adicionales es la segregación, que consiste en que los

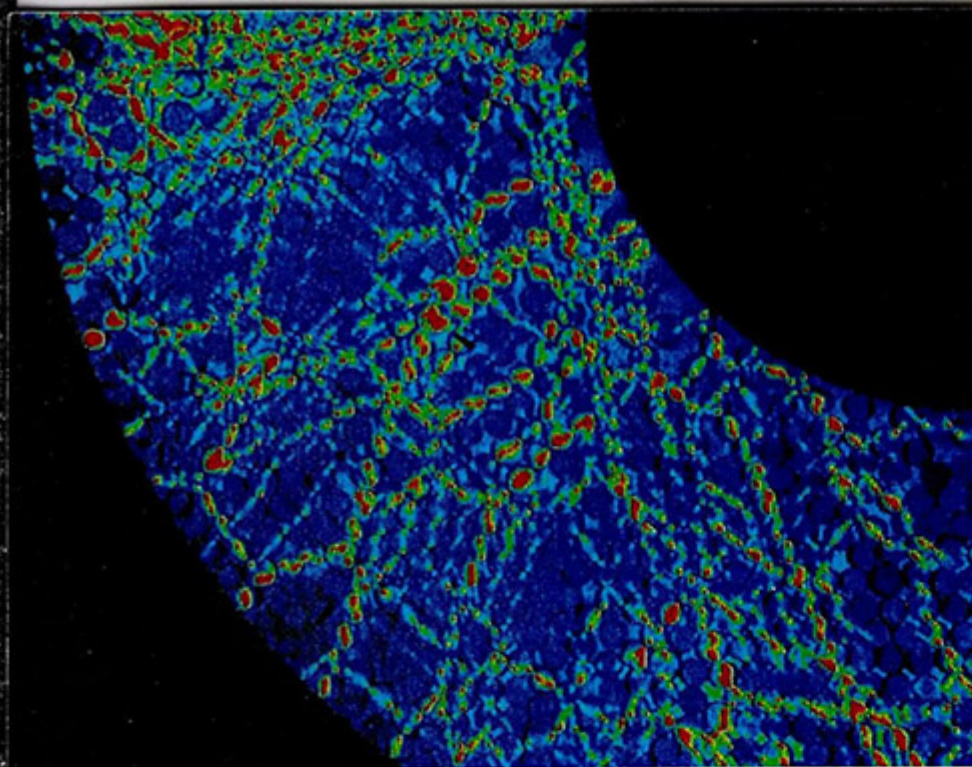


Figura 4. Estos patrones de tensión fueron obtenidos colocando discos de plexiglás de 9mm entre dos arcos concéntricos que rotan en direcciones contrarias y utilizando luz polarizada. Las regiones libres de tensión aparecen azules, mientras que las regiones con mucha tensión aparecen en rojo.

granos se separan por clases, cada una ocupando una región diferente del material, a medida que el sistema evoluciona. Esto ocurre, por ejemplo, cuando los granos bajan por un plano inclinado o cuando rotan dentro de un cilindro, e incluso se puede observar en el cinturón de asteroides del sistema solar. En un tambor rotatorio, los granos se segregan en bandas perpendiculares al eje de rotación; en el flujo por un tubo, la segregación ocurre en dirección paralela a la aceleración de la gravedad.

La segregación puede ser un problema mayor en muchas aplicaciones industriales, ya que allí es con frecuencia muy importante producir mezclas homogéneas, como en el caso del cemento, y es difícil diseñar procesos que lo logren. Uno de los ejemplos más espectaculares de segregación es el llamado "efecto de las nueces de Brasil", que describimos a continuación: si usted mezcla nueces de Brasil con otro tipo de nueces en una caja y luego la agita fuertemente varias veces, las nueces de Brasil, que son las más grandes, subirán hasta quedar en la superficie. La agitación ha separado las nueces por tamaño, ¡en vez de mejorar la mezcla! Aún no existe consenso sobre la causa de este efecto. En realidad, parece ser que intervienen varios mecanismos diferentes al mismo tiempo.

En 1986 Anthony Rosato y sus colegas de la Universidad Carnegie-Mellon, en Pittsburg¹¹, propusieron el siguiente proceso cinemático: cuando los granos grandes saltan, dejan momentáneamente pequeños espacios libres debajo de sí, y los granos pequeños pueden

entonces entrar en estos espacios. Con cada movimiento caen algunos granos dentro del hueco y, al volver a bajar, el grano grande queda un poco más arriba. El grupo de Chicago, por su parte¹², ha mostrado que en recipientes altos la causa principal es la formación de corrientes de convección similares a las que se observan al hervir agua en una olla transparente¹³. La presencia de la partícula grande induce una corriente que sube por el lugar donde ella se encuentra y baja por las paredes del recipiente. Estas celdas de convección son frecuentes en muchos casos de agitación de medios granulares y se presentan a partir de algún valor umbral de la aceleración que agita el recipiente. Recientemente, Emanuelle Caglioti y un grupo de la École Supérieure de Physique et de Chemie Industrielles (ESPCI), en

Paris¹⁴, propusieron un modelo parecido al juego de computador "Tetris", que explica cómo la segregación se puede originar debido a la forma de las partículas. En resumen, a pesar de que la segregación es generalmente una molestia que quisiéramos evitar, aún no comprendemos cómo se puede prevenir.

Arena densa bajo presión

Como hemos visto ahora, el comportamiento de los materiales granulares está determinado decisivamente por su densidad, razón por la cual, ésta sería el primer elemento a tener en cuenta para desarrollar una teoría. En los últimos treinta años se han desarrollado ecuaciones para los casos extremos de densidades muy altas o muy bajas, que han demostrado ser razonablemente útiles. Por ejemplo, los mecánicos de suelos utilizan una teoría de plasticidad, llamada "teoría no asociada de Mohr-Coulomb", para calcular la deformación de un material granular densamente empaquetado, como el suelo de arena de una playa¹⁵. Esta teoría provee esencialmente un conjunto de ecuaciones diferenciales no lineales que se puede usar para determinar la tensión a la cual cede un suelo firme, el llamado punto de acople. Al contrario que en la deformación plástica de los metales, el punto de acople de un material granular aumenta con la presión hidrostática. Además, se produce generalmente un aumento de volumen, característico de los materiales granulares densos, que se conoce bajo el nombre de dilatancia.

Un experimento descrito por primera vez por Reynolds en 1885¹⁶ ayuda a comprender el concepto de dilatancia. Imagine un globo lleno de agua y arena, con una pipeta de vidrio graduada para medir el nivel del agua. Cuando se comprime el globo, el nivel del agua baja, cuando se sabe que el nivel subiría si no hubiera arena presente. Esto sucede porque la densidad de la arena debe bajar más allá de un cierto valor, llamado densidad de Reynolds, antes de que pueda ser deformada: en un empaquetamiento denso, los granos de una capa se encuentran insertados entre los granos de la capa siguiente, así que no se pueden mover lateralmente, excepto si las capas se separan un poco, con lo que disminuye algo la densidad.

En el caso del globo, los granos de arena sólo se pueden mover pasando unos sobre los

otros si la arena se expande lo suficiente. Al hacerlo, la arena puede subir por encima de la superficie del agua, de forma que el nivel del agua se ve bajar. Este efecto se puede observar caminando sobre la playa. Si usted pisa una parte que esté poco mojada, la arena se seca alrededor de su pie, porque la presión que usted ejerce mueve los granos, y los expande por encima del nivel del agua, en vez de hundirlos bajo su peso. La arena es relativamente móvil por debajo de la densidad de Reynolds, pero, a densidades mayores, los granos se impiden entre sí cualquier movimiento. Esto es lo que sucede, por ejemplo, en el experimento del palo y el balde de arena descrito al comienzo del artículo. Al ser vertida en el balde, la arena posee una densidad menor que la de Reynolds y, por lo tanto, se deja mover con relativa facilidad. Pero una vez se ha asentado la arena

con golpes, la densidad aumenta por encima de ese valor y se hace muy difícil moverla, evitando de esta forma la salida del palo.

La aplicación de estas teorías va más allá de la mecánica de suelos. Estas teorías pueden describir también el movimiento lento de los granos en los silos industriales, por ejemplo. Uno de los efectos que pueden explicarse con la teoría plástica es la formación de "bandas de corte". Si las paredes de una caja llena de arena se mueven paralelas unas a otras, aparecen en la superficie conjuntos de líneas paralelas. Éstas son el corte visible de planos paralelos que atraviesan el bloque. Los planos de corte tienen una densidad menor, lo que significa que son más fáciles de deformar. A lo largo de estos planos de menor densidad se pueden deslizar, uno contra el otro, bloques de material muy denso, incluso empaquetamientos por encima de la densidad de Reynolds, que de otra forma no se podrían mover. Alex Poliakov y colaboradores del Centro de Investigación de Jülich, en Alemania, obtuvieron la existencia de estos planos a partir de un análisis de estabilidad de las ecuaciones plásticas¹⁷. Sus soluciones numéricas de estas ecuaciones muestran un diagrama complejo de bandas de corte

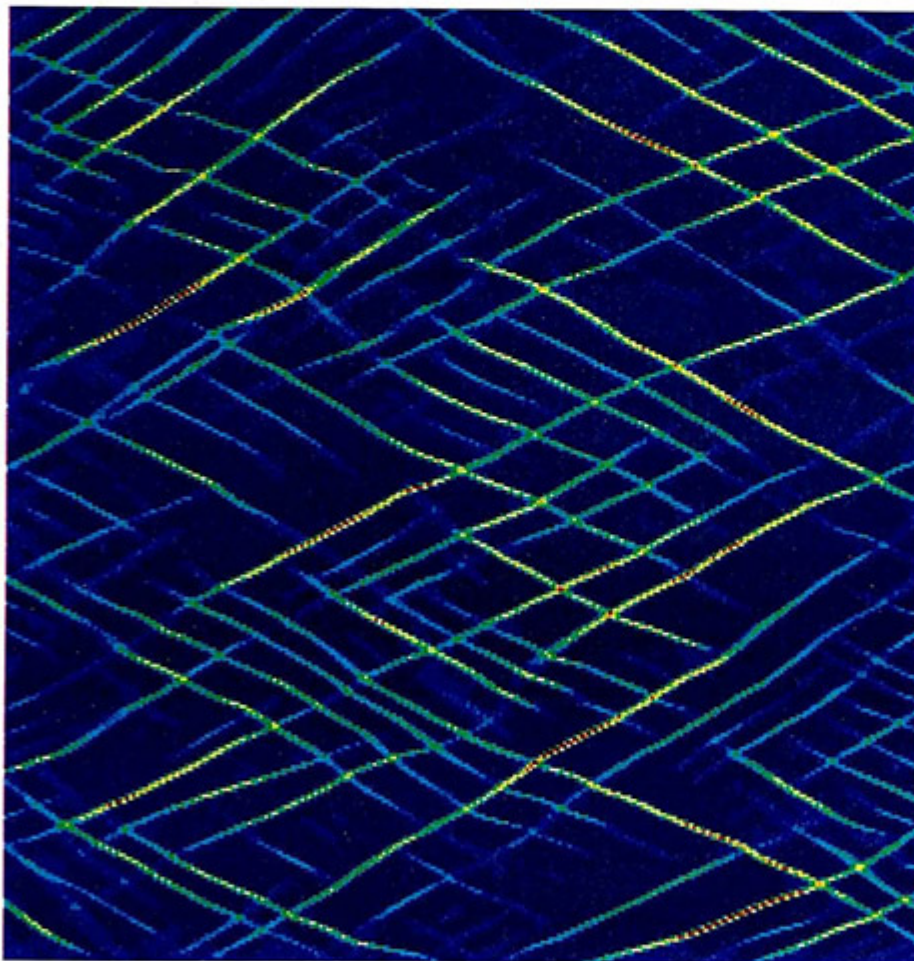


Figura 5. Ésta es una simulación numérica de una red típica de bandas de corte en un sólido granular. El modelo utiliza una grilla cuadrada de tamaño 300x300. La escala de color indica las velocidades locales de corte —el rojo indica deformaciones fuertemente plásticas, mientras que el azul indica que la deformación es elástica—. (A Poliakov et al. *Fractals* 2, 567, 1994).

(figura 5). La simulación asume que los contornos verticales están siendo comprimidos, al tiempo que se tira de los contornos horizontales con la misma velocidad. El cálculo se realiza utilizando una red cuadrada de puntos. A medida que la red se hace más fina, las bandas de corte aparecen más delgadas y más numerosas. Se observa que la densidad de las zonas de corte se incrementa con el espaciado l de los puntos de la grilla como $l^{0.58}$. En otras palabras, la red de bandas de corte es lo que se llama un "fractal", y el sistema no puede ser caracterizado por una escala de longitud específica.

Vale la pena recordar que la teoría plástica de los medios granulares es válida sólo cuando los granos tienen un empaquetamiento denso. Con frecuencia, esta condición se pierde en medio del proceso, como cuando se desea calcular la forma de las zonas estancadas que taponan algunas veces el flujo de granos a través de tubos.

Otras aproximaciones teóricas

El caso de densidades bajas se puede tratar con otro enfoque teórico. Si la arena se enrarece, hasta el punto que los granos están separados entre sí por distancias finitas, se puede formular un modelo similar al de la teoría cinética de los gases. Esto ha sido llevado a cabo por Peter Haff, del Instituto Tecnológico de California, Jim Jenkins, de la Universidad Cornell, y Stuart Savage, de la Universidad McGill, en Montreal¹⁸. Su teoría reproduce la viscosidad de Bagnold y genera perfiles de velocidad realistas para el movimiento de capas de arena puestas a vibrar, pero no puede describir correctamente ni la segregación ni la existencia del llamado "ángulo de reposo", la pendiente a partir de la cual los granos de una pila comienzan a rodar.

Sin embargo, la mayoría de los fenómenos intrigantes de los materiales granulares ocurren a densidades intermedias, para las cuales no tenemos una teoría continua confiable. Cuando la arena vibra, se vierte o se deforma, se expande localmente, pero, la disipación hace que vuelva

a comprimirse nuevamente. Este juego genera el comportamiento de parada y arranque típico, por ejemplo, de las avalanchas que se deslizan por una pila de arena, o de la deformación del material bajo fuerzas constantes de corte, y lleva también a las fluctuaciones de densidad en tubos que describimos anteriormente. El comportamiento genérico de estos sistemas que comienzan a cambiar a partir de un valor umbral ha sido estudiado en modelos simplificados por Per Bak y sus colaboradores de Brookhaven, y es lo que se conoce con el nombre de "criticalidad autoorganizada"¹⁹: el sistema evoluciona por sí mismo hacia estados llamados críticos, en los que con una pequeña variación se pueden producir reacciones en cadena, de tamaño arbitrario. La distribución de frecuencias de ocurrencia de estas reacciones en función del tamaño de la reacción sigue una ley de potencia, por lo que no se puede definir un tamaño típico. Aplicado a los medios granulares, esto significa que reduciendo la densidad más allá del valor de Reynolds, pueden aparecer regiones fluidizadas de cualquier tamaño. En efecto, uno encuentra experimentalmente leyes de potencias para la distribución de tamaños de las avalanchas en pequeñas pilas de arena²⁰ y en pilas de granos de arroz, para el espectro de emisión acústica de la arena sujeta a esfuerzo constante y para el espectro de las fluctuaciones de densidad y fuerza en tolvas y tubos, como se describió en la figura 2. Las avalanchas de grandes pilas de arena tienen generalmente, sin embargo, un tamaño y una frecuencia de ocurrencia características, debido a la diferencia existente entre la fricción estática y la fricción dinámica²⁰.

Direcciones futuras

La comprensión de los materiales granulares presenta aún muchos problemas. En tanto que las teorías continuas para los límites de altas y bajas densidades concuerdan razonablemente con los experimentos, estas teorías no pueden explicar muchos de los fenómenos que surgen a densidades intermedias y que son típicos de las aplicaciones reales. Una de las causas de estas dificultades es la criticalidad

Nuevas ideas surgidas de la mecánica estadística y de la dinámica no lineal están revolucionando nuestra comprensión de los medios granulares.

de muchos sistemas granulares. Otro problema que surge al utilizar teorías continuas es que, en realidad, los medios granulares son de naturaleza discreta, ya que constan de muchas partículas individuales, lo que puede llevar a efectos como la segregación.

Nuevas ideas surgidas de la mecánica estadística y de la dinámica no lineal están

revolucionando nuestra comprensión de los medios granulares. Ya que estos materiales tienen una inmensa importancia práctica en la industria, es de esperarse que esta revolución continúe por muchos años.



Referencias

1. Faraday M., *Phil. Trans. R. Soc. London* 52, 299, 1831.
2. Goldhirsch M., Tan L. and Zanetti G. *A Molecular Dynamical Study of Granular Fluids Y: The Unforced Granular Gas in Two Dimensions*. *Journal of Scientific Computing* 8, 1, 1993.
3. McNamara S. and Young W.R. *Inelastic collapse and clumping in a One-Dimensional granular medium*. *Phys. Fluids A* 4, 496, 1992.
4. Schick K., and Verveen A., *1/f noise with a low frequency White Noise Limit*, *Nature*: 251, 599, 1974.
5. Smid J. and Novosad J., *Pressure Distribution under Heaped Bulk Solids. I*. *Chem. E. Symposium Series* 63, D3/V/1, 1981.
6. Edwards S.F. and Mounfield C.C., *A Theoretical Model for the Stress Distribution in Granular Matter. III: Forces in Sandpiles* *Physica A* :226, 25, 1996.
7. Wittmer J.P. Claudin P.; Cates M. E.; Bouchaud J. P., *An explanation for the Central Stress Minimum in Sand Piles*. *Nature* 382, 336, 1996.
8. Luding S. *Stress, Distribution in Static Two Dimensional Granular Media in the Absence of friction*, *Phys. Rev. E* 55, 4720, 1997.
9. Miller B., O'Hern C.; Behringer R. P., *Stress Fluctuations for Continuously Sheared Granular Materials*. *Phys. Rev. Lett.* 77, 3110, 1996.
10. Coppersmith S.N.; Liu C.; Majumdar S.; O.Narayan.; Witten T.A., *Model for Force fluctuations in bead packs*. *Phys. Rev. E* 53, 4673, 1996.
11. Rosato A.D.; Strandburg K.J.; Prinz F.; Swendsen R.H., *Why the Brazil Nuts are on Top: Size Segregation of Particulate Matter by Shaking*. *Phys. Rev. Lett.* 58, 1038, 1987.
12. Knight J.B.; Jaeger H.M.; and Nagel S. R., *Vibration-Induced Size Separation in Granular Media: The Convection Connection*. *Phys. Rev. Lett.* 70, 3728, 1993.
13. Pchel T.; Herrmann H. J., *Size Segregation and Convection* *Europhys. Lett.* 29, 123, 1995.
14. Caglioti E.; Coniglio A.; Herrman H.J.; Loreto V.; Nicodemi M., *Segregation of Granular Mixtures in Presence of Compaction*. *submitted (no publicado)*.
15. Rudnicki J. W.; Rice J. R. J., *Mech. Phys. Solids* 23, 371
16. Reynolds O., *On the Dilatancy of Media Composed of rigid particles in Contact*. *Philos. Mag. Ser.: 550-20*, 469, 1885.
17. Poliakov A. N. B.; Herrmann H.J., *Self-organized criticality in plastic shear bands*. *Geophys. Res.: Lett.* 21, 2143, 1994.
18. Haff P. K., *Grain flow as a fluid-mechanical phenomenon*. *J. Fluid Mech.* 134, 401, 1983. Jenkins J. T. *Arch. Rat'l. Mech. Anal.* 87, 355, 1985. Savage S.B. *Instability of unbounded uniform granular shear flow*. *J. Fluid Mech.*: 241, 109, 1992.
19. Bak P.; Tang C.; Wiesenfeld K., *Self-Organized Criticality: An Explanation of 1/f. Noise*. *Phys. Rev. Lett.* 59, 381, 1987.
20. Held G. A.; Solina D.H.; Keane D. T.; Haag W. J.; Horn P.; Grinstein G. G., *Experimental Study of Critical-Mass Fluctuations in an Evolving Sandpile*. *Phys Rev. Lett.* 65, 1120, 1990.

Lecturas recomendadas

1. Behringer R. P.; Jenkins J. T.(ed), *Powders & Grains* 97. (Balkema, Rotterdam, 1997).
2. Hansen A.; Bideau D.(ed), *Disorder and Granular Media (North Holland, Amsterdam, 1992)*.
3. Jaeger H. M.; Nagel S.R., *Physics of the Granular State*. *Science* 255, 1523, 1992.
4. Jaeger H. M.; Nagel S. R., *physics of the granular materials*. *Physics Today* 49, 32, 1996.

¿Por qué hay tantas en los árboles?



hormigas

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

Uno de los rasgos más distintivos de las selvas de las regiones tropicales del mundo es la gran abundancia de insectos y otros artrópodos que pueblan suelos, troncos caídos, raíces, arbustos y árboles. Aunque los suelos están densamente habitados por millones de artrópodos y otros diminutos seres, para el observador común es el estrato arbóreo el que se ve atestado de arañas, chinches, escarabajos, hormigas y otros artrópodos más.

Ya es sabido por los biólogos estudiosos del trópico que las hormigas son los insectos más comunes en los bosques de tierras bajas. Recientes estudios muestran que en algunas partes pueden llegar a constituir hasta el 90 por ciento de la biomasa de los artrópodos de las copas de los árboles. También se sabe que algunos árboles tienen hormigas diferentes a las de otros, y que en algunos casos existen comunidades propias diferentes a las de otros árboles vecinos.

Al intentar explicar la "ubicuidad" de las hormigas en los árboles, los mirmecólogos han llegado a establecer algunas interesantes observaciones que pueden ayudar a responder a las preguntas ¿Por qué hay tantas hormigas en los árboles de los trópicos? y ¿Cómo se distribuyen en y entre estos árboles? La *teoría del mosaico de hormigas* y el *modelo de balance de recursos* son dos interesantes propuestas para responder a estas preguntas.

120 millones de años de historia

Las hormigas, junto con las abejas, las avispas y las moscas-sierra constituyen el orden *Hymenoptera*, uno de los grupos de insectos más grande e importante. Los primeros himenópteros que se conocen aparecieron durante el triásico, hace unos 230 millones de años, y al parecer eran avispas cuyas larvas se alimentaban de partes de árboles, probablemente de gimnospermas. En algún momento, hacia comienzos del jurásico, surgieron las avispas parasitoideas, aquéllas cuyas larvas ya no se alimentaban de partes vegetales sino de otros insectos. A partir de este momento, los himenópteros experimentaron una gran expansión de familias y de formas de vida, incluyendo a las abejas (que retornaron a la alimentación de origen vegetal) y a las hormigas.

La hormiga más primitiva que se conoce vivió durante el cretáceo inferior, hace unos 114 millones de años. Sorprendentemente, se parece mucho a las actuales obreras de los grupos cazadores y se le ubica en la subfamilia

**Entender la
composición y
dinámica de las
hormigas en los
árboles puede
ayudar mucho al
estudio de la
ecología tropical.**

Myrmeciinae, conocida actualmente sólo en Australia y considerada la más primitiva. Es muy interesante el hecho de que se trata de una obrera, pues indica que en esa época ya existía la sociabilidad. Esta hormiga, *Caridridis bipetiolata*, buscaba su alimento en el suelo de los bosques riparios que rodeaban lagunas de agua dulce en el nororiente de Brasil, ahora formación Santana.

Desde el cretáceo superior aparecen otros grupos de hormigas en varias partes del mundo, y la geología del cenozoico nos muestra cada vez más nuevos grupos de hormigas, hasta llegar a los modernos géneros (incluyendo formas arborícolas), que ya aparecen desde el oligoceno y el mioceno. La mayoría de los géneros actuales ya estaba prácticamente consolidada desde el primer tercio del cenozoico.

Hormigas en los trópicos

Se conocen alrededor de 9.000 especies de hormigas vivientes en todo el mundo, la mayoría de las cuales habita en las regiones tropicales. Para la región neotropical (Centroamérica, Caribe y Suramérica), se estima en 3.500 el número de especies, la mayoría en la franja tropical (de Costa Rica a Brasil). De Colombia conocemos casi 900 especies, algo así como el 25 por ciento de la fauna neotropical.

Según algunos cálculos, las hormigas llegan a constituir un 30 por ciento de la biomasa y hasta un 50 por ciento del número de artrópodos en un bosque tropical. En algunos lugares del Viejo Mundo, estas cifras pueden llegar a intervalos entre el 80 y el 90 por ciento, donde prácticamente estos insectos son los absolutos dominantes. Inventarios en varias partes del mundo cuentan desde 200 hasta 500 especies por áreas definidas, desde unas pocas hectáreas hasta 10 km². De acuerdo con Edward Wilson, un solo árbol de la selva peruana posee más especies de hormigas que todo el Reino Unido.

Los árboles son lugares "tridimensionales" para muchos insectos y siempre están total o parcialmente ocupados por muchos artrópodos que buscan refugio, alimentación, lugar de apareamiento o de iniciación de una nueva generación. Cualquier bosque tropical, e incluso los cultivos (agrosistemas), posee hormigas, en composición y abundancia variables. Las

hormigas afectan notoriamente la composición de los otros insectos y artrópodos y, por ende, de otros animales (como los vertebrados) y plantas. Así pues, entender la composición y dinámica de las hormigas en los árboles puede ayudar mucho al estudio de la ecología tropical.

Los mosaicos de hormigas

A comienzos de esta década, Gilbert estableció que las selvas tropicales poseen cuatro características bióticas importantes en el moldeamiento de la composición y diversidad de los organismos en la región neotropical. Éstas son el *mosaico químico* de las plantas, los animales como *vínculos móviles* entre las plantas, los *mutualistas clave* y los *mosaicos de hormigas*. Aunque la idea de mosaicos de hormigas (o repartición de especies) es un poco vieja, sólo en la última década se han realizado estudios desde una perspectiva mundial y con metodologías más o menos comparables.

En los árboles, unas pocas hormigas tienden a dominar (en número y biomasa) a otras hormigas, de tal forma que forman "feudos" de los cuales otras hormigas, también dominantes, quedan excluidas. Árboles cercanos tienen otras hormigas diferentes, también dominantes, de tal forma que en una escala mayor forman un mosaico de especies mutuamente excluyentes. En muchos casos, las hormigas dominantes toleran y conviven con otras no dominantes, que viven a la "sombra" de aquéllas. En general, cada especie dominante tiende a tener asociación con diferentes grupos de hormigas subordinadas, incrementando así la diversidad y matizando el concepto de mosaico. Así, si hacemos un mapa de un área determinada de bosque, relacionando árboles y especies de hormigas, obtendríamos un mosaico o distribución heterogénea de hormigas dominantes y asociadas.

Este patrón no sólo tiene influencia en la comunidad de hormigas, sino también en la de otros artrópodos, y, en última instancia en la de plantas y demás organismos. Por ejemplo, algunas hormigas presentan mutualismos con plantas determinadas e intencionalmente *favorecen* el desarrollo de algunas plantas en detrimento de otras, modificando así la estructura y fisonomía de un bosque. Si estas plantas tienen o hacen parte de complejas redes ecológicas (p.e. polinizadores o dispersadores de semillas), entonces esta influencia puede extenderse más allá. Otras hormigas *pastorean* grandes cantidades de homópteros que producen gotas ricas en azúcar, que son un preciado alimento de estos insectos. Por el contrario, muchos

insectos son excluidos (¡o devorados!) de sitios importantes, como flores, frutos o lugares de concentración de sustancias ricas en nutrientes. Otro ejemplo más son los jardines de hormigas, microcomunidades de plantas epífitas, hormigas asociadas y otros insectos que crecen y prosperan en los estratos arbóreos (p.e. bases de ramas), donde las hormigas crean hábitats adecuados para el crecimiento de epífitas.

Las hormigas están constantemente modificando e influenciando directa o indirectamente la composición y diversidad de otros organismos, gracias a su preponderancia y eficacia. Esta última significa que, gracias a su sociabilidad, estos insectos poseen sistemas efectivos de comunicación sobre fuentes de alimento y pistas de forrajeo, que les permiten obtener recursos en un tiempo relativamente rápido. La estructura social y la longevidad de las colonias hacen más eficaz la explotación de recursos a largo plazo.

Estudios de cultivos de cacao y de mango, y de algunos bosques nativos en Brasil, Ghana, Papúa Nueva Guinea y Australia han mostrado que las hormigas tienen una distribución en mosaico, donde algunos árboles están habita-

dos por hormigas dominantes que presentan asociación con otras especies no dominantes (**figura 1**). Cada hormiga dominante posee su propio conjunto de hormigas asociadas, de tal forma que se forman comunidades particulares, donde pueden distinguirse grupos tolerantes entre sí y grupos mutuamente excluyentes. En un interesante experimento, J. Majer eliminó selectivamente las hormigas dominantes en uno de estos mosaicos y observó que el "vacío" creado era posteriormente ocupado por hormigas dominantes vecinas, con sus consiguientes invertebrados asociados.

Majer establece que las hormigas dominantes en los mosaicos tienen un considerable impacto sobre la composición de otros invertebrados, por razones como las siguientes: la existencia de asociaciones específicas hormiga-homópteros (como se mencionó arriba); la preferencia de las hormigas dominantes por presas particulares o por presas de determinado tamaño; la posesión de regímenes de alimentación general o específica en cada especie dominante; los efectos múltiples de diferentes parásitos y/o depredadores que se hallan en áreas donde se encuentran herbívoros particulares; la naturaleza física

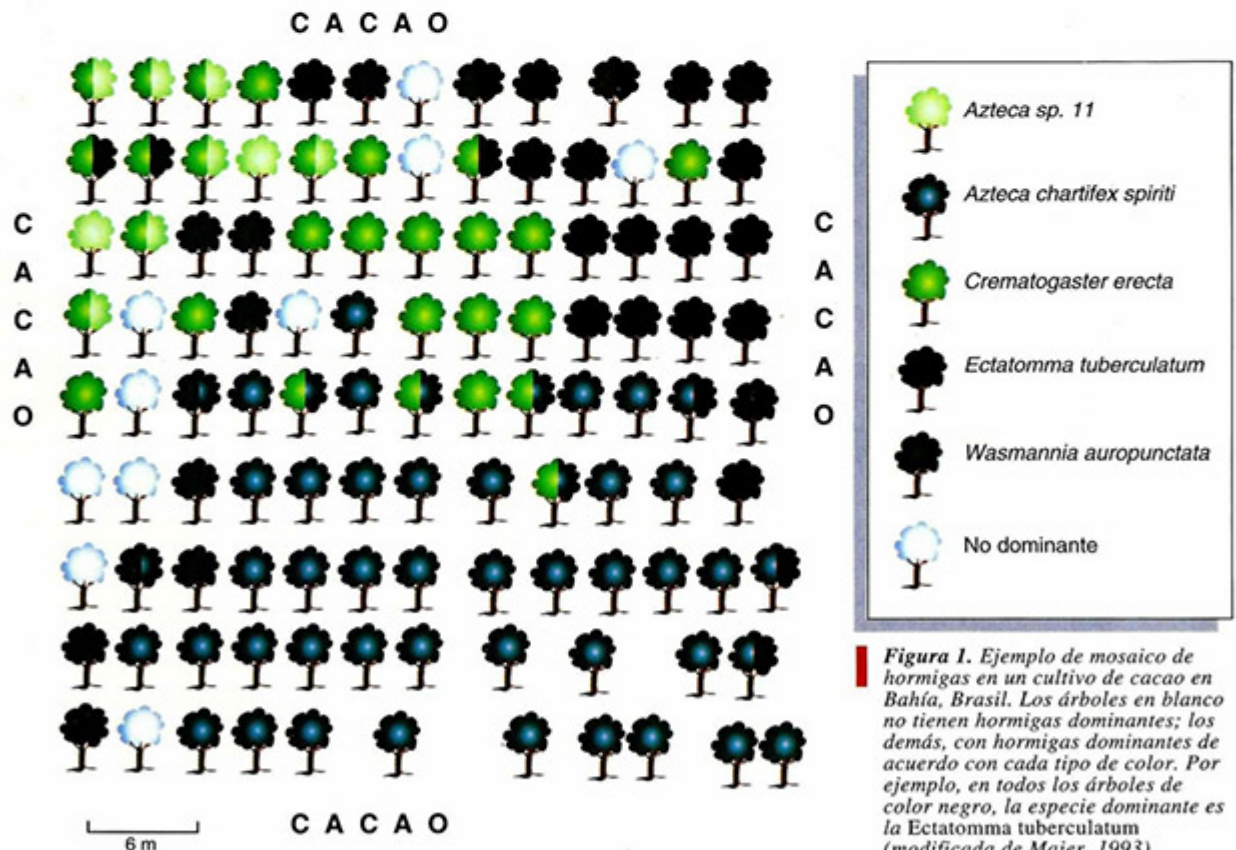


Figura 1. Ejemplo de mosaico de hormigas en un cultivo de cacao en Bahía, Brasil. Los árboles en blanco no tienen hormigas dominantes; los demás, con hormigas dominantes de acuerdo con cada tipo de color. Por ejemplo, en todos los árboles de color negro, la especie dominante es la *Ectatomma tuberculatum* (modificada de Majer, 1993).

y biótica del ambiente dentro del territorio de cada especie dominante. Puede afirmarse que sin la existencia de hormigas dominantes en estos mosaicos, la diversidad de las copas de los árboles sería inferior.

El modelo de balance de recursos

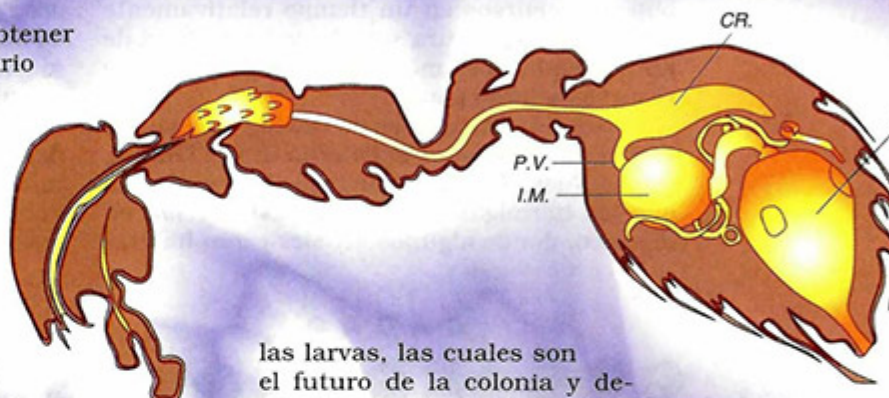
Ahora que hemos establecido cómo se distribuyen las hormigas en las copas de los árboles, cómo influyen la distribución de otras hormigas subordinadas e invertebrados asociados y cómo este mosaico puede afectar la riqueza de la fauna de los árboles tropicales, vamos a explorar una interesante y reciente propuesta que intenta explicar el porqué de la preponderancia de estos insectos en los árboles.

Los insectos necesitan obtener de sus alimentos lo necesario para crecer y para moverse. Por ejemplo, los alimentos ricos en nitrógeno (o con cantidades mínimas pero disponibles) son esenciales para el crecimiento y la reproducción de la colonia, mientras que aquellos ricos en azúcares sirven como fuentes rápidas de energía para el movimiento. Las copas de los árboles en general no son ricas en fuentes de proteínas, sino más bien en fuentes de azúcares, como los nectarios o los homópteros excretores de carbohidratos. Debido a que las hormigas consumen grandes cantidades de estos azúcares para obtener un mínimo de nitrógeno, quedan con un excedente de carbohidratos que se usa como combustible para realizar actividades de alto consumo energético, como rápida búsqueda de alimentos, sustancias químicas de alarma o atracción basadas en carbohidratos, defensa de territorios importantes, etc.

¿De dónde surgió esta idea? La propuesta nace de Diana Davidson, bióloga que ha dedicado muchos años al estudio de las interacciones entre hormigas y plantas en las regiones tropicales. Davidson nos recuerda primero que observemos qué es lo que ocurre en las plantas. Las plantas poseen sustancias nutritivas que atraen a los herbívoros y deben invertir costos energéticos en crear químicos que alejen o desanimen a sus depredadores. Una estrategia es fabricar estas sustancias repelentes a bajo costo. Las plantas necesitan luz, carbono, agua y nutrientes para crecer; cuando hay uno de

estos recursos en exceso, es posible "invertirlo" en funciones secundarias, como defensa. Si, por ejemplo, el nitrógeno no es escaso, las defensas están basadas en este elemento (y ausentes de carbono), como ciertas toxinas. Si el nitrógeno es escaso y abunda el carbono, las defensas estarán basadas en este elemento (como terpenos, taninos y ligninas) y estarán libres de nitrógeno. Este modelo, llamado *balance de recursos*, podría explicar, al menos en parte, la cantidad, tipo y variedad de defensas químicas de las plantas.

¿Puede trasladarse un modelo como éste a las hormigas? Para las hormigas, las sustancias con nitrógeno son esenciales para el crecimiento de la colonia, como las proteínas necesarias para la crianza de



las larvas, las cuales son el futuro de la colonia y demandan su "cuota" de nitrógeno para crecer. Así, los recursos ricos en azúcares son importantes pero insuficientes por sí solos para llenar los requerimientos de una colonia.

Davidson sugiere que el modelo de balance de recursos ofrece una explicación alterna para entender por qué existen hormigas de alta actividad. Los excesos de carbohidratos pueden servir como "una especie de gasolina que activa altas tasas de actividad en hormigas como estado de alerta y defensa vehemente de organismos productores de azúcares, con un costo bajo o nulo para el crecimiento de la colonia".

En los árboles de los trópicos existen muchas especies de homópteros (nombre informal para varios grupos de hemipteros, como las cigarras y los salivazos) que consumen savia de los árboles y metabólicamente desechan el exceso de carbohidratos en forma de gotas ricas en azúcar. Estas gotas son muy apetecidas por las hormigas, las cuales cuidan y defienden estos "ganados" de homópteros de otras hormigas y de insectos parasitoides o depredadores. Estas poblaciones de homópteros serían una rica y estable fuente de recursos ricos en carbohidratos, cuyo exceso serviría a las hor-

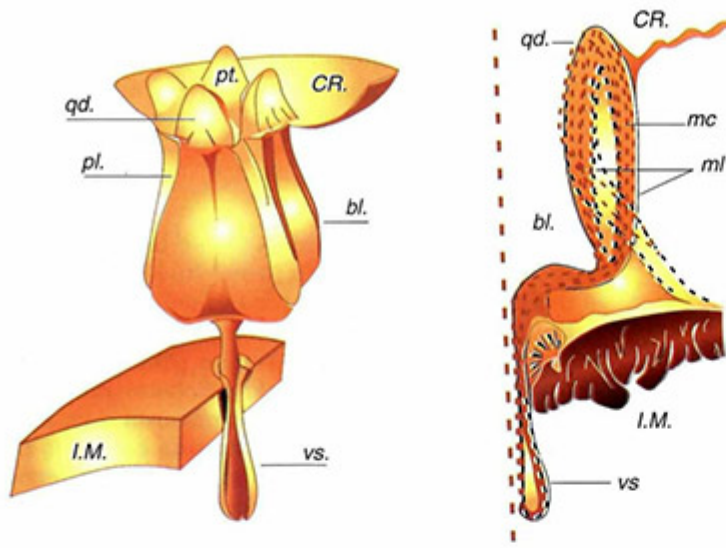
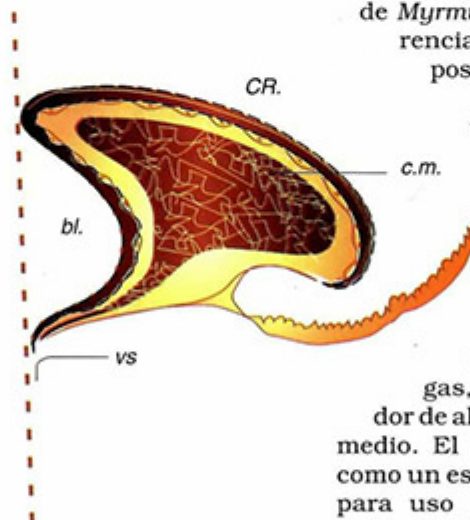
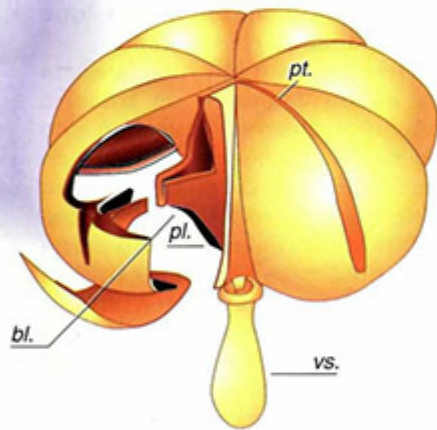


Figura 2. A la izquierda: estructura interna de una obrera de hormiga (*Myrmica rubra*, Myrmicinae), vista lateralmente, cabeza a la izquierda, abdomen a la derecha. CR= crop o buche ("estomago social"); PV= proventrículo; IM= midgut o intestino medio; rec= recto. Arriba: Proventrículo de *Myrmecia regularis* (Myrmeciinae) que requiere de gasto de energía para mantenerlo activo. Abajo: en cambio, en las subfamilias Dolichoderinae (*Iridomyrmex detectus*) el proventrículo posee estructuras cuticulares que actúan pasivamente como tapones, sin necesidad de gasto energético. CR= crop; IM= intestino medio; pt= portal; cd= cuadrante; pl= plica; bl= bulbo; vs= válvula estomodeal; mc= músculos circulares; ml= músculos longitudinales (modificado de Wilson, 1971).



migas como combustible barato y fuente para sustancias de defensa y comunicación de bajo costo. Las hormigas que viven en las copas de los árboles poseen, en general, un ritmo de actividad diferente al de las hormigas del suelo, de la hojarasca o de los troncos caídos. Muchas de estas últimas tienden a tener colonias pequeñas, de lento crecimiento y con individuos que realizan actividades más parsimoniosas, que viven en un territorio "bidimensional" que implica menos estrategias de forrajeo o defensa. En cambio, los árboles son territorios "tridimensiona-

les" que abren más posibilidades de alojamiento y recursos, pero que exigen más atención para su colonización, explotación y mantenimiento.

El proventrículo y las hormigas dominantes

Como vimos antes, en los árboles existen hormigas dominantes que forman mosaicos definidos con otras hormigas e invertebrados asociados. Los estudios muestran que estas hormigas tienden a pertenecer a grupos taxonómicos definidos, como *Azteca*, *Camponotus*, *Crematogaster*, *Dolichoderus*, *Oecophylla* y *Technomyrmex*. La mayoría de estas hormigas coinciden en pertenecer a dos subfamilias: *Dolichoderinae* y *Formicinae*.

Actualmente se aceptan unas 17 subfamilias vivientes de hormigas, y la mayoría corresponde a grupos con formas depredadoras y dotadas de aguijón para defensa y ofensa (como las hormigas cazadoras *Ponerinae* o las legionarias *Ecitoninae* y *Dorylinae*). En cambio, las *Dolichoderinae* y las *Formicinae* se caracterizan por la ausencia de aguijón y dietas menos exclusivas como depredadoras. Por otra parte, estas dos subfamilias están entre las más comunes en las copas de los árboles (con grupos de *Myrmicinae* y *Pseudomyrmecinae*), a diferencia de las ponerinas y otros grupos que poseen vocación por el estrato del suelo.

¿Por qué las hormigas dominantes corresponden a subfamilias que han perdido el aguijón y que filogenéticamente son grupos cercanos entre sí? La respuesta está en el proventrículo, de acuerdo con los estudios pioneros de Eisner y la propuesta de Davidson. El proventrículo es una estructura del sistema digestivo de las hormigas, que actúa como un órgano regulador de alimento entre el "buche" y el intestino medio. El buche (*crop* en inglés) es algo así como un estómago social que guarda alimentos para uso comunal, pues la hormiga puede regurgitarlo a otras que lo requieran. El intestino medio (*midgut*) es como un estómago propio, donde se procesan los alimentos directamente para el beneficio de la hormiga. El proventrículo es como una válvula que bombea alimento del buche al intestino medio e impide que regrese de éste al buche (figura 2). En la mayoría de las hormigas (como en muchos himenópteros) se necesita de activas contracciones musculares para que el proventrículo actúe como un tapón desde el *midgut* hasta el *crop*. Esto requiere de energía, y la mayoría de hormigas (*Ponerinae*, *Myrmicinae*, *Pseudomyrmecinae*,

que actúa como un órgano regulador de alimento entre el "buche" y el intestino medio. El buche (*crop* en inglés) es algo así como un estómago social que guarda alimentos para uso comunal, pues la hormiga puede regurgitarlo a otras que lo requieran. El intestino medio (*midgut*) es como un estómago propio, donde se procesan los alimentos directamente para el beneficio de la hormiga. El proventrículo es como una válvula que bombea alimento del buche al intestino medio e impide que regrese de éste al buche (figura 2). En la mayoría de las hormigas (como en muchos himenópteros) se necesita de activas contracciones musculares para que el proventrículo actúe como un tapón desde el *midgut* hasta el *crop*. Esto requiere de energía, y la mayoría de hormigas (*Ponerinae*, *Myrmicinae*, *Pseudomyrmecinae*,

Aneuretinae) gasta energía para mantener activo el proventrículo. En cambio, en las subfamilias *Dolichoderinae* y *Formicinae*, el proventrículo posee estructuras cuticulares que actúan pasivamente como tapones, sin necesidad de gastos energéticos para estas hormigas. Esto implica que las hormigas dolichoderinas y formicinas están libres de usar la energía de alimentos líquidos para otras actividades. Es interesante observar que estas hormigas han perdido el agujón, el cual en otras subfamilias requiere de nitrógeno para la creación de toxinas basadas en este elemento.

Puesto que los árboles están llenos de homópteros ricos en fuentes de azúcares, las hormigas dolichoderinas y formicinas, con el proventrículo modificado, se benefician grandemente de este exceso de energía que se invierte en estrategias que terminan en su abundancia y preponderancia en los árboles. Las hormigas *Crematogaster* son dominantes y pertenecen a la subfamilia *Myrmicinae*, la cual en general corresponde a los grupos con proventrículos de alto

costo. Sin embargo, en esta hormiga existe trofalaxis (intercambio) oral entre adultos y alta dependencia de alimentos de origen líquido.

Mosaicos en el Nuevo Mundo

En el Nuevo Mundo sólo se han realizado estudios de mosaicos en Brasil, en las plantaciones de cacao y en el bosque húmedo atlántico de Bahía. Jacques Delabie y sus colegas sugieren siete especies dominantes en los géneros *Azteca*, *Crematogaster*, *Wasmannia* y *Ectatomma*. También estos investigadores encontraron que, además de las dominantes, existe una categoría de subdominantes (especies en los géneros *Camponotus*, *Solenopsis*, *Pheidole*, *Paratrechina*), además de las no dominantes asociadas.

De acuerdo con criterios en parte subjetivos (número de obreras por unidad de tiempo) y cuantitativos (longitud promedio y peso de obreras), estos autores postulan un mosaico para esta región, con sus conjuntos de hormigas dominantes, subdominantes y asociadas, haciendo mapas de especies por áreas y diagramas de flujo de las interacciones positivas y negativas entre las hormigas. También sugieren la posibilidad de coexistencia de codominantes como *Crematogaster erecta* (que forrajea en la parte de arriba de los árboles) y *Wasmannia auropunctata* (que busca alimento en las partes bajas).

Sería interesante estudiar la existencia de mosaicos en otras partes de nuestro hemisferio. Algunas observaciones han sido realizadas en las plantaciones de cacao en Venezuela por Klaus Jaffé, las cuales parecen sugerir también la presencia de hormigas dominantes con sus asociadas. Por otra parte, surgen algunas preguntas sobre los estudios de Bahía. Si la propuesta de Davidson (aplicación del modelo de balance de recursos) es correcta, ¿cómo se explicaría la consideración de hormigas como *Wasmannia* y *Ectatomma* como dominantes? Nótese que *Ectatomma* corresponde a la subfamilia *Ponerinae* dotada del proventrículo generalizado que exige energía para controlar el flujo de alimentos hacia el buche, como probablemente también ocurre en *Wasmannia*.

¿Existen mosaicos de hormigas en Colombia?

Aunque en Colombia se han realizado múltiples inventarios regionales y algunos estudios ecológicos (por ejemplo, en comunidades de hormigas en bosque seco en Zambrano, Bolívar, o en bosque húmedo en

Género/especie	Lugar	Comentarios
<i>Ectatomma tuberculatum</i> (<i>Ponerinae</i>)	Bosques de galería del Meta, especialmente ecotonos	Abundante en el estrato arbóreo bajo, aunque puede tolerar otras hormigas, como <i>Camponotus</i>
<i>Crematogaster</i> spp (<i>Myrmicinae</i>)	Bosques de galería del Meta; ecosistemas de mangle	Abundantes en el estrato arbóreo alto
<i>Cephalotes atratus</i> (<i>Myrmicinae</i>)	Bosque de várzea en el Amazonas; fragmentos de bosques altoandinos en Antioquia	Abundantes en árboles y arbustos; aparentemente no toleran otras hormigas del mismo tamaño; omnívoras
<i>Zacryptocerus</i> sp (<i>Myrmicinae</i>)	Ecosistemas de mangle; bosque seco tropical	Localmente abundantes, a veces coexistiendo con <i>Crematogaster</i>
<i>Dolichoderus</i> spp (<i>Dolichoderinae</i>)	Bosques de galería en el Meta; bosque húmedo transicional en Guaviare	Localmente pueden ser muy abundantes, desplazando a otras hormigas de tamaños y hábitos similares
<i>Azteca</i> spp (<i>Dolichoderinae</i>)	Bosques secundarios de tierras bajas; yarumales en los llanos; zonas de acacias en bosques secos	Abundantes; comportamiento agresivo, con aparente desplazamiento de otras hormigas
<i>Camponotus sericeiventris</i> (<i>Formicinae</i>)	Bosque de galería, Meta; bosque húmedo en Chocó e isla de Gorgona	Localmente muy abundantes, desde el suelo hasta arriba de los árboles, aparentemente poco tolerantes a otras hormigas
<i>Camponotus</i> spp (<i>Formicinae</i>)	Bordes de bosques a alturas menores de 1.500 m.	Abundantes en estratos arbóreos bajos, aparentemente no desplazando a otras hormigas

Tabla 1. Hormigas potencialmente dominantes como centro de posibles casos de mosaicos en Colombia.

Estos patrones no sólo tiene influencia en la comunidad de hormigas, sino también en la de otros artrópodos, y, en última instancia, en la de plantas y demás organismos.

Riosucio, Chocó), no existen estudios enfocados al problema de evaluar la existencia de mosaicos.

Sin embargo, algunas observaciones personales en algunas regiones permiten crear una primera lista de grupos de hormigas potenciales como dominantes. Es interesante observar que estas especies parecen cambiar de *status*, de acuerdo con la región. La **tabla 1** muestra algunos casos de hormigas localmente dominantes que podrían constituir partes de mosaicos.

Algunas de las hormigas observadas como dominantes en otras partes, como *Ectatomma*, *Crematogaster*, *Azteca* y *Dolichoderus*, parecen comportarse de la misma forma, al menos en algunas localidades.

Otras, como *Cephalotes Atratus* y *Camponotus sericeiventris*, pueden entrar en esta categoría.

Perspectivas

La propuesta de la distribución de hormigas en mosaico es interesante, pues podría explicar, al menos en parte, la heterogeneidad de las hormigas en el espacio tridimensional de las copas de los árboles. Además, nos ilustra acerca de las relaciones entre colonias de hormigas de especies diferentes y nos brinda luces sobre el complejo moldeamiento de las comunidades de artrópodos asociadas a estas hormigas. Esto no sólo posee interés biológico, sino que también puede tener consecuencias prácticas.

Por ejemplo, algunas hormigas están favoreciendo el crecimiento de homópteros de los cuales explotan las secreciones azucaradas. Estos insectos extraen la savia de las plantas, por lo cual son plagas de algunos cultivos (además pueden transmitir algunos virus a través de la savia). En el sentido contrario, algunas especies de hormigas mantienen a raya a varios grupos de insectos herbívoros, manteniendo los daños sobre las plantas en niveles mínimos.

Probablemente se puedan manipular algunas poblaciones de hormigas en algunos lugares críticos, por ejemplo, insertando hormigas dominantes de ciertas especies cuya presencia (incluyendo la de las hormigas asociadas) podría minimizar la presencia de alguna plaga potencial o real.

Más allá del interés práctico en la manipulación de mosaicos, aguarda el gran interés en

explorar el marco evolutivo que está tras este fenómeno complejo. Debe investigarse la existencia de mosaicos en muchos más lugares, comparando sitios con diferentes historias de perturbaciones y recuperación, con diferencias latitudinales y altitudinales y diferentes tipos de suelo. Además, podría monitorearse un mosaico a lo largo del tiempo, para entender un poco su dinámica (recambio de especies o grados de dominancia a medida que pasan los años). Para contrastar la propuesta del modelo de balance de recursos, ha de explorarse la morfofisiología del proventrículo en muchas especies de hormigas (especialmente en *Myrmicinae*) que real o potencialmente participan de mosaicos.

Estas propuestas y nuevas ideas podrían ayudar a entender cómo se distribuyen las hormigas en los árboles, por qué son tan abundantes y cómo afectan a los otros animales.

Agradecimientos:

Por su valioso apoyo bibliográfico agradezco a Diana Davidson (Utah University), Jonathan Majer (Curtin University, Australia), Jacques Delabie (CEPLAC, Brasil), Daniel Janzen (Pennsylvania University) y Beto Brandao (Museo de Zoología, Sao Paulo).



Bibliografía

1. Davidson D.W., *The Role of Resource Imbalances in the Evolutionary Ecology of Tropical Arboreal Ants*. Biological Journal of the Linnean Society, 61;153-181.1997.
2. Eisner T., *A Comparative Morphological Study of the Proventriculus of ants (Hymenoptera: Formicidae)* Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 116;429-490, Boston, 1957.
3. Majer J.D., *Comparison of the Arboreal Ant Mosaic in Ghana, Brazil, Papua New Guinea and Australia - Its Structure and Influence on Arthropod Diversity*, pp. 115-141, en J. LaSalle; I.D. Gauld (ed). *Hymenoptera and Biodiversity*, CAB International, Londres, 1993.

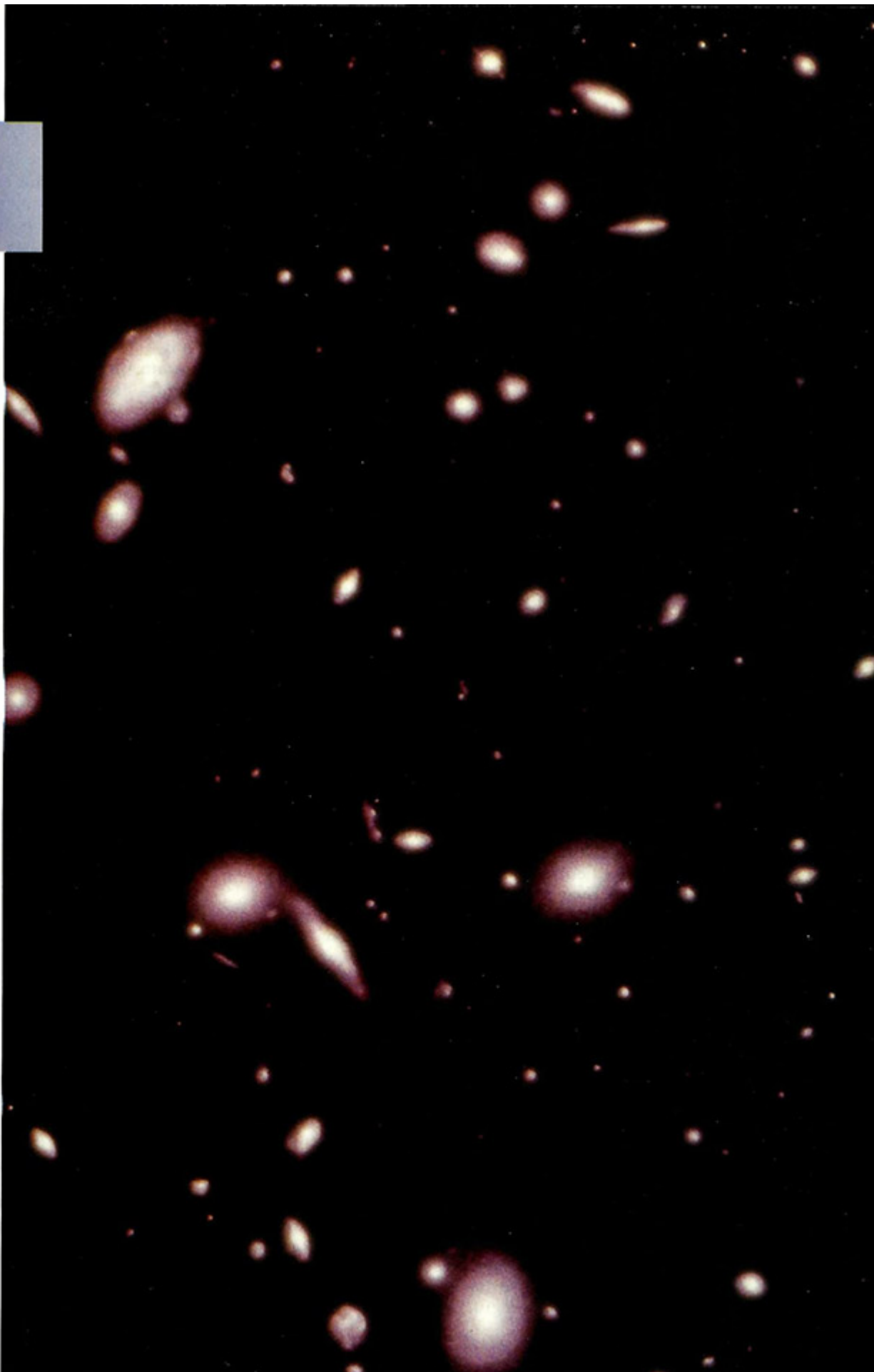


Figura 1.
Uno de los
innumerables
cúmulos de
galaxias en el
universo,
situado a
centenares de
millones de
años luz de
distancia, es
posiblemente el
lugar de donde
proviene las
explosiones de
rayos gamma.



Las misteriosas explosiones cósmicas de rayos gamma

José Gregorio Portilla B.
Profesor Observatorio Astronómico Nacional,
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia,
Santafé de Bogotá, Colombia
email: gportill@ciencias.ciencias.unal.edu.co

Si en el espacio se detectan rayos gamma, éstos son la manifestación directa de los sucesos más energéticos y violentos que pueden darse en el cosmos.

Estados Unidos y la Unión Soviética a comienzos de los años sesenta, firman un tratado en el que se comprometen a no realizar pruebas de explosiones nucleares en la atmósfera, ni en el océano ni en el espacio exterior. Ambos países se aprestan a diseñar mecanismos que permitan detectar los rasgos característicos de una explosión nuclear y así verificar el cumplimiento del tratado. Uno de ellos consiste en poner en órbita, alrededor de la Tierra, satélites artificiales dotados de mecanismos receptores de rayos X y rayos gamma, pues una explosión nuclear libera un enorme flujo de radiación electro-

magnética en estas longitudes de onda. Para tal efecto, los norteamericanos conforman una red de satélites llamados Vela, situados a una distancia de veinte radios terrestres (una tercera parte de la distancia existente entre la Tierra y la Luna), lo que permite detectar posibles explosiones nucleares accionadas por los soviéticos. Pero en 1965 comienzan a registrarse flujos de rayos gamma que duran sólo unos cuantos instantes, que no tienen su origen en la Tierra (o en su atmósfera) y que no parecen ser originados por explosiones nucleares. Esta información se mantiene en secreto. En 1972 se logra confirmar plenamente que en el espacio exterior existen fuentes discretas de rayos gamma (verdaderas explosiones), cuya naturaleza es un misterio. En 1973 se da a conocer la noticia a la comunidad científica, con la información adic-

cional de que entre los años 1969 y 1972 se detectaron dieciséis de tales explosiones.

Desde entonces se ha producido en la comunidad astronómica una verdadera avalancha de investigaciones, tanto a nivel teórico como observacional, con el objeto de detectar y explicar lo que se conoce ahora como uno de los más grandes misterios que enfrentan los astrofísicos de hoy: las explosiones de rayos gamma.

Rayos gamma

Estos rayos son parte del espectro electromagnético (luz), cuya característica fundamental es una longitud de onda extraordinariamente pequeña, del orden de los 0,01 nanómetros (1 nanómetro=0,000001 milímetros), lo que significa que son ondas electromagnéticas de la más alta energía.

La luz ordinaria que los seres humanos percibimos corresponde a la parte visible del espectro, con longitudes de onda que van de los 400 a 700 nanómetros. Esta luz visible es producida por cambios en los estados de energía de los electrones que conforman los átomos. En cambio, los rayos gamma son tan energéticos que para generarlos se requieren transiciones de energía mucho más grandes. Estos rayos se generan cuando existen transiciones en los núcleos de los mismos átomos o en las interacciones mutuas de partículas elementales. Esto quiere decir que si en el espacio se detectan rayos gamma, éstos son la manifestación directa de los sucesos más energéticos y violentos que pueden darse en el cosmos. Ejemplo de ello son las explosiones de supernovas, la colisión de dos estrellas neutrónicas, la aniquilación de materia con antimateria, o la caída de materia en un agujero negro supermasivo.

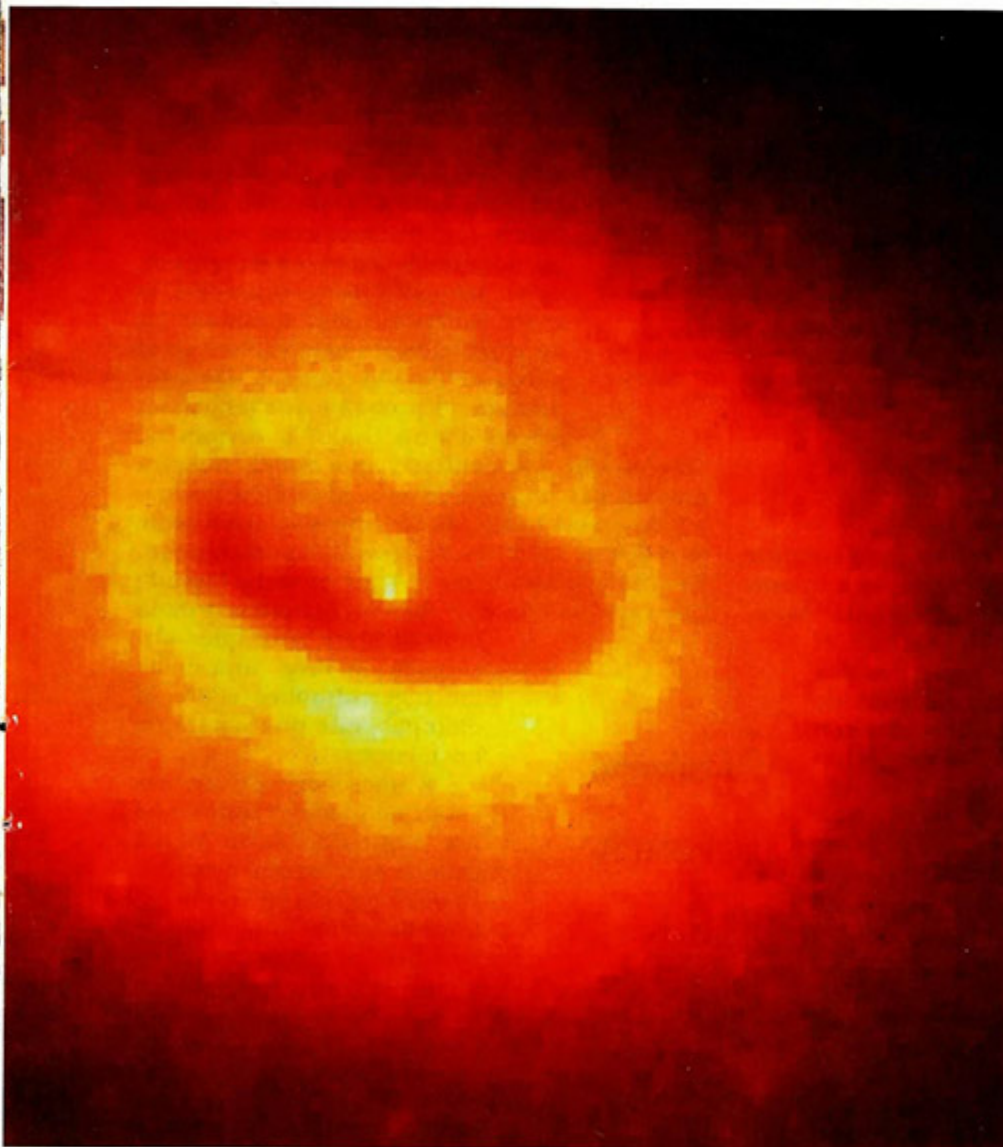
Desafortunadamente para los astrónomos, no resulta fácil detectar rayos gamma. La atmósfera terrestre absorbe gran parte del espectro electromagnético, de tal forma que de éste sólo llega hasta el suelo su sector "visible", parte del infrarrojo y la mayoría del radio. El ozono que existe en la alta atmósfera es en su mayor parte el responsable de impedir que los rayos gamma no lleguen hasta la superficie terrestre, para fortuna de los seres vivos, pues ocasionan con facilidad todo tipo de mutaciones genéticas. Para poder observar rayos gamma se necesita sobrepasar el filtro natural de la capa de ozono. Es por ello que con el advenimiento de los satélites artificiales en los últimos cuarenta años, se han podido detectar no sólo rayos gamma sino también objetos que emiten rayos X, rayos ultravioleta y rayos infrarrojos.

Ahora bien, los llamados telescopios de rayos gamma son instrumentos poco convencionales, ya que dichos rayos no son detectables con los aparatos usuales, como los telescopios ópticos que utilizan los astrónomos de manera rutinaria, pues, a diferencia de la luz visible, no se pueden reflejar ni enfocar. La tecnología utilizada para detectar rayos gamma es extraída directamente de la que emplean los físicos nuclea-

res. Los aparatos consisten en detectores de centelleo, constituidos generalmente por yoduro de sodio. Cuando un rayo gamma choca con el detector, excita las moléculas del yoduro y las induce a emitir luz ordinaria, que a su vez es registrada electrónicamente.

Existe además el problema de la baja resolución angular de los detectores. En un comienzo, los astrónomos no sabían de qué dirección provenían los rayos gamma. Después fue posible reducir la incertidumbre, con lo que los astrónomos eran ya capaces de fijar la dirección en un círculo relativamente estrecho. Hoy en día, los detectores poseen una resolución de unos 10 grados de arco (20 diámetros aparentes del Sol), lo que a todas luces es considerado aún como insatisfactorio.

Figura 2.



Un universo violento

Nos consta a todos que el universo, observado en el espectro visible, es estable y no exhibe cambios bruscos de luminosidad, salvo en muy raras ocasiones, como en el caso de las explosiones de estrellas supernovas, cuyo ejemplo clásico es la que se presentó en el año 1054 de nuestra era, que brilló con más intensidad que la luna llena y que incluso era visible a pleno día. Sin embargo, si observamos el cosmos en longitudes de onda de rayos X y rayos gamma, notamos en seguida que el universo se convierte en un lugar inconstante y violento, con multitud de fuentes emisoras de rayos gamma continuas, variables y azarosas, algunas de las cuales cambian drásticamente de

luminosidad a cada instante. Las fuentes continuas y variables han podido identificarse con objetos que son observados en otras longitudes de onda (como en el espectro visible o en el radio). Es así como sabemos que algunos pulsares cercanos (como el situado en la nebulosa del Cangrejo), el núcleo de nuestra galaxia y núcleos de galaxias activas que presumiblemente alojan agujeros negros en su interior son objetos que emiten grandes cantidades de rayos gamma (figura 2).

Pero las explosiones de estos rayos son otro asunto. Tienen un tiempo de vida relativamente breve: de 0,005 a 1.000 segundos de duración, convirtiéndose en ese instante en uno de los eventos más brillantes del universo. No obstante, al cabo de esa exhibición portentosa de energía, el fenómeno desaparece completamente, sin dejar rastro (en ninguna longitud de onda), y no se vuelve a detectar flujo de rayos gamma en el sitio en donde sucedió (recientemente se ha anunciado la existencia de indicios observacionales que apuntan a que algunos eventos puedan provenir de un mismo sitio). Lo intempestivo del fenómeno y su corta duración han hecho difíciles las cosas para los astrónomos, pues no dan tiempo para que en el momento en que ocurre la explosión se observe la región en otras longitudes del espectro.

En 1991, con la puesta en órbita terrestre de un satélite llamado "Observatorio Compton de Rayos Gamma"

(en honor de Arthur Compton, célebre físico norteamericano), se ha logrado observar con más detalle este tipo de fenómenos, y se ha contribuido de forma significativa a su comprensión (figura 3). El satélite detecta una de tales explosiones en promedio por día, con lo que desde su puesta en órbita se han logrado registrar centenares de ellas, que se hallan debidamente catalogadas y analizadas.



Figura 3. El Observatorio Compton de Rayos Gamma, un satélite de dieciséis toneladas de peso puesto en órbita por el transbordador espacial en 1991 y diseñado para detectar fuentes de rayos gamma. Está a una altura de 400 km sobre la superficie terrestre y le da una vuelta a la Tierra cada noventa minutos. En promedio, cada día detecta una explosión de rayos gamma. (foto cortesía de NASA).

En los rincones del abismo

¿Qué objeto en el universo puede emitir rayos gamma de forma tan abrupta e intempestiva? Es difícil contestar la pregunta, particularmente si no se logra asociar el fenómeno con algún objeto que nos sea familiar. Se han propuesto decenas de mecanismos: choques de asteroides con enanas blancas; pulsares o agujeros negros; colisiones entre estrellas neutrónicas; encuentros fortuitos entre materia y antimateria, etc., sin llegar todavía a una opinión generalizada, pues la multitud de modelos propuestos no entra en contradicción obvia con las observaciones.

Las explosiones se caracterizan por tener una gran diversidad de perfiles de tiempo, lo que a su vez está asociado con una gran dificultad para clasificar las explosiones en tipos o clases bien definidas: algunas tienen perfiles caóticos con

multitud de picos, otras son simples con un solo pico o con muy pocos, pero nunca se ha presentado una estructura periódica.

De todas formas, hay que tener en cuenta que el tiempo de duración y la morfología exhibida por las explosiones son enteramente dependientes de la sensibilidad y del tiempo de resolución del detector, causando el inconveniente de que las explosiones más débiles son observadas como si fueran de corta duración, pues sólo las partes más altas de sus picos de emisión son detectables.

Las observaciones recogidas por los satélites indican que las explosiones provienen de todas partes del cielo, distribuidas de forma isotrópica (uniforme)(figura 4). No existe, por ejemplo, una acumulación estadística significativa en regiones específicas del universo: no se detecta un exceso de eventos en el plano de nuestra galaxia, o en dirección de las nubes de Magallanes (las galaxias más cercanas a la Vía Láctea), o en la galaxia espiral de Andrómeda, lo que indica que los fenómenos, en general, no se producen en nuestra galaxia ni en las galaxias cercanas (de lo contrario habría una acumulación apreciable de las explosiones en el plano de la Vía Láctea). De esta manera, es probable que tengan su origen en un "halo" o corona de

objetos que los emiten y que rodea nuestra galaxia, con un radio de unos 300.000 años luz, o bien en las fronteras del universo observable (a miles de millones de años luz de distancia). En otras palabras: puesto que no se ha logrado asociar el fenómeno a objetos conocidos, y dada la naturaleza isotrópica observada, se crea una enorme incertidumbre sobre la distancia que nos separa de los mismos.

Numerosos astrofísicos están inclinados a pensar que las explosiones de rayos gamma son fenómenos asociados a objetos que están extraordinariamente alejados de nosotros. Si eso es cierto, estamos siendo testigos de los sucesos más energéticos que se hayan registrado hasta ahora en el espacio, pues se ha calculado que las explosiones generan, sólo en unos

**El universo
aún guarda
muchas
sorpresas.**

cuantos segundos, tanta energía como el Sol producirá en su vida completa de diez mil millones de años.

Se ha observado una característica de las explosiones acorde con la idea de que provienen de los confines del universo. Existen

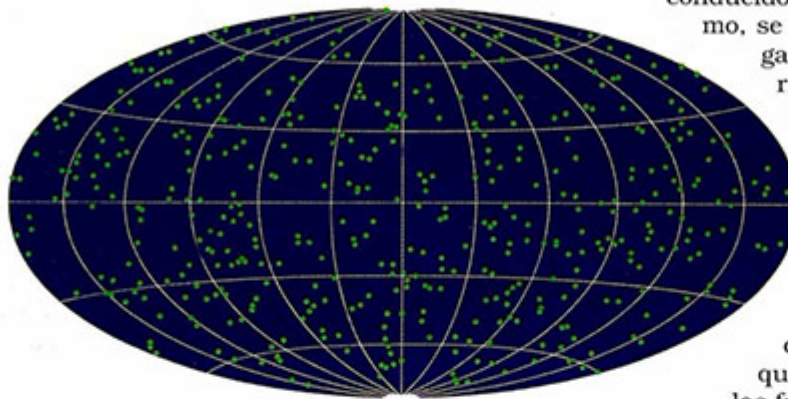


Figura 4. La bóveda celeste proyectada en dos dimensiones, donde se han registrado 1.835 explosiones de rayos gamma, con los sitios marcados. Se percibe inmediatamente la distribución uniforme de las explosiones provenientes de todo el cielo.

muchas menos explosiones débiles, menos de las que habrían que esperarse si las fuentes estuviesen distribuidas aleatoriamente a través del espacio, lo cual indica que el número de explosiones por unidad de volumen disminuye con respect a su distancia de la Tierra. Esto es compatible con la expansión del universo, pues lo que se estaría observando en tal caso es el desplazamiento hacia una mayor longitud de onda (menor energía) de los rayos gamma por acción del efecto Doppler.

Perspectivas

Actualmente se adelanta una extensa campaña de observación para tratar de observar otras longitudes de onda en aquellos sectores en donde se registró una de las mencionadas explosiones. Puesto que éstas son aleatorias, se pretende que tan pronto como se detecte la explosión de rayos gamma, se dé a conocer la noticia inmediatamente, con la esperanza de poder observar hacia esa región del cielo en otras longitudes de onda. Esto tiene sus problemas, como ya dijimos, debido a la escasa resolución con que se ubica la fuente de rayos gamma; así que varios telescopios tendrían que apuntarse hacia la zona en cuestión, a la espera de que alguno de ellos esté dirigido en la dirección correcta y logre ubicar la explosión en uno de los rangos del espectro, por ejemplo, en el visible.

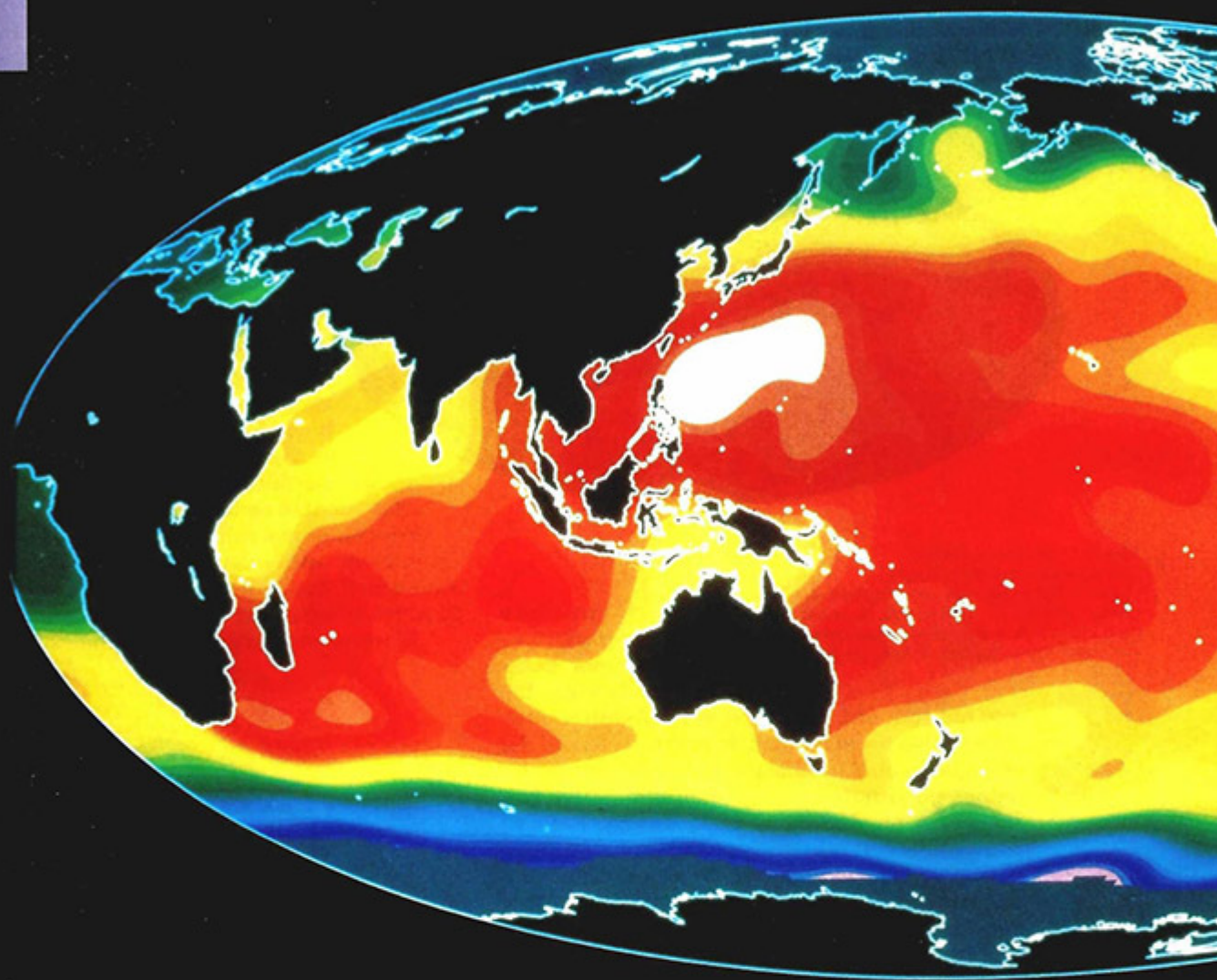
Se han realizado búsquedas en los archivos de placas fotográficas de diversos observatorios y se han relacionado con las fechas de registros de explosiones, esperando que se haya logrado detectar accidentalmente una explosión en el espectro visible; sin embargo, esto no ha conducido a resultados concluyentes. Por último, se están instalando detectores de rayos gamma en futuras sondas interplanetarias, con el fin de que al ser registrada una explosión por tres o más naves se pueda, por el método de triangulación, ubicar la posición de la explosión a tan sólo unos cuantos minutos de arco.

Es de esperarse que con estos avances en técnicas observacionales se logren descubrir las posibles contrapartes en el espectro visible, que permitirían identificar plenamente las fuentes de las explosiones. ¿Estrellas neutrónicas en colisión?, ¿agujeros negros?, ¿nubes de antimateria chocando con materia ordinaria?, o ¿algo completamente exótico nunca antes imaginado?

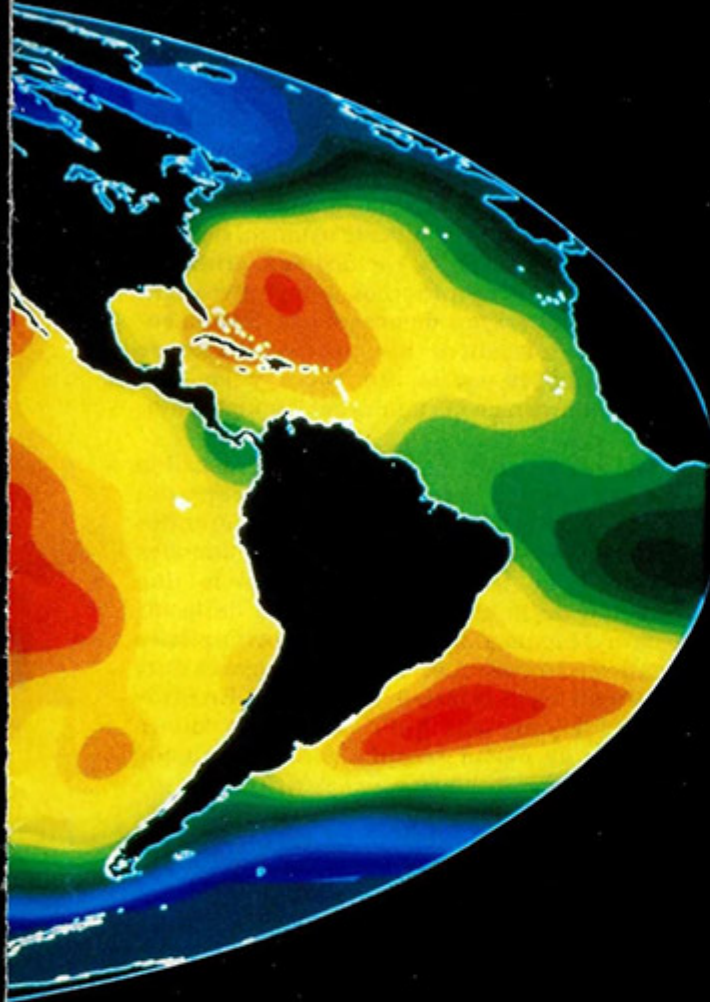
El universo aún guarda muchas sorpresas.

Bibliografía

1. Strong I.; Klebesadel W., *Cosmic Gamma Ray Bursts*, Scientific American, p.66-79, Oct.1976
2. Gehrels N.; Fichtel C.; Fishman J.; Kurfess J.; Schonfelder V. *The Compton Gamma Ray Observatory*, Scientific American, p. 68-77, Dec. 1993.
3. Powell C., *Inconstant Cosmos*, Scientific American, p.111-118, May 1993.
4. Fenimore E., et al., *The Intrinsic Luminosity of G-ray Bursts and their Host Galaxies*, Nature, Vol. 366, p.40-42, 1993.
5. Hurley K. et al., *Detection of G-ray Bursts of very Long Duration and very High Energy*, Nature, Vol. 372, p.652-654, 1993.



El fenómeno de El Niño en el clima de Colombia



su efecto

IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología
y Estudios Ambientales,
Adscrito al Ministerio del Medio Ambiente,
Santafé de Bogotá, D.C.
e-mail: /www.ideam.gov.co

Introducción

Es muy importante diferenciar entre la corriente de El Niño y el denominado fenómeno de El Niño. La primera hace referencia a una corriente marina de agua cálida proveniente del área ecuatorial, que, anualmente, por la época de Navidad (de ahí su nombre), aparece frente a las costas de Perú. El segundo recibió ese nombre porque en algunas épocas la corriente de El Niño se manifestaba con mayor intensidad, como ocurrió en 1972 cuando se produjo un colapso en las pesquerías peruanas, también debido a la sobrepesca. En la actualidad se usa este último término para referirse más al evento anómalo que al anual.

De tal forma que el fenómeno de El Niño es el término originalmente usado para describir la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas de lo normal desde el centro del Pacífico tropical hasta las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este calentamiento de la superficie del océano Pacífico cubre grandes extensiones y, por su magnitud, afecta el clima en diferentes regiones del planeta, entre ellas, el norte de Suramérica, donde está situado el territorio colombiano.

Generalidades sobre el fenómeno de El Niño Causas que lo generan

El escenario natural del fenómeno de El Niño es la cuenca del océano Pacífico tropical. La parte occidental de la cuenca (vecindades de

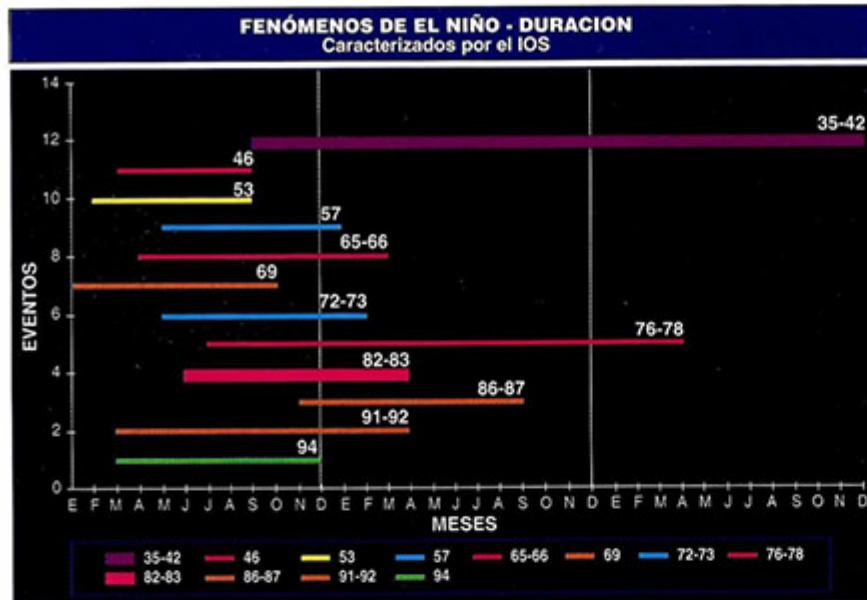


Figura 1.

Australia, Oceanía y el sudeste asiático) se caracteriza porque sus aguas son cálidas, con temperaturas entre 29 y 30 °C, en marcado contraste con el sector oriental (costa suramericana), donde se concentran aguas frías de características antárticas, con temperaturas que oscilan entre los 22 y los 24 °C. A lo largo de toda la cuenca, el agua de la superficie del mar intercambia permanentemente energía, impulso, masa, etc., con la atmósfera que yace sobre él.

Es por eso que los vientos alisios, que soplan durante todo el año de este a oeste, impulsan el agua de la superficie del mar en la misma dirección, acumulando continuamente agua cálida en el sector occidental. Por esta razón, el nivel medio del mar es mayor en aquel sector que en el oriental.

Cuando por diversas circunstancias los vientos se debilitan, la fuerza de arrastre también puede debilitarse, y el agua retorna hacia el oriente hasta llegar frente a las costas de Suramérica, como una gran masa de agua cálida. Esa llegada de aguas anormalmente cálidas es lo que comúnmente se conoce como fenómeno de El Niño.

Su relación con ENSO (El Niño - oscilación del sur)

Pero ¿qué sucede en la atmósfera cuando estos procesos se están presentando en el océano? Si bien el término fenómeno de El Niño es usado para referirse a la invasión masiva de las aguas anormalmente cálidas frente a las costas de Perú y Ecuador, hoy en día se está utilizando para referirse a fenómenos de mayores dimensiones, que incluyen las variaciones atmosféricas a escala global, analizadas en el

contexto de la oscilación del sur. Se da este nombre a las fluctuaciones que se suceden entre los sistemas de alta presión del Pacífico sur y de baja presión del sudeste asiático. Es decir, cuando la presión es alta en el océano Pacífico, tiende a ser baja en el océano Índico, lo que implica que haya temperaturas altas en el mar y lluvias intensas mientras que, por el contrario, cuando la presión aumenta en el sudeste asiático, tiende a disminuir en el Pacífico sur. Hace ya cerca de treinta años que el investigador Bjerknes demostró una íntima conexión entre los procesos que se suceden en la atmósfera y los que ocurren en las aguas del Pacífico tropical.

Por eso, cuando los núcleos de agua cálida viajan de oeste a este, también se desplazan con ellos, en la misma dirección, las grandes masas nubosas generadoras de precipitaciones intensas. Ello trae como consecuencia una alteración de la circulación general de la atmósfera a escala planetaria, con repercusiones climáticas y medio ambientales en lugares muy distantes a los de origen del fenómeno. En estos casos, el fenómeno El Niño es asociado con un fenómeno de mayor complejidad denominado ENSO (El Niño-oscilación del sur).

Duración e intensidad de los fenómenos de El Niño

Este calentamiento de la superficie del océano Pacífico tropical centro-oriental, observado durante el fenómeno de El Niño, tiene un promedio de duración de doce meses; sin embargo, han sido registrados fenómenos muy cortos, con duración de siete meses (1946), y muy prolongados, de hasta veintiocho meses (1939-1942) (Figura 1). El calentamiento del océano relacionado con el fenómeno de El Niño es recurrente, aunque no periódico y, en términos generales, se presenta entre cada dos y siete años.

La intensidad del fenómeno se refleja en la magnitud de las anomalías que se registran, tanto en el océano como en la atmósfera, en la cuenca del Pacífico tropical. Hay que destacar que las anomalías que se observan en ambos fluidos a nivel local y regional no siempre son de magnitud proporcional a la intensidad que se le asigna al fenómeno.

Esta intensidad, aunque influye, es diferente de la magnitud del efecto climático y del impacto producido por el fenómeno en las actividades

humanas. El efecto climático depende de la época del año en que se presenta el fenómeno (por la estacionalidad y el ciclo anual de las variables físicas), y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad de las diferentes regiones del país y de los sectores de la actividad nacional.

Aspectos relacionados con El Niño estándar

A partir de la repetida observación del fenómeno de El Niño y en concordancia con las investigaciones desarrolladas por Rasmusson, Carpenter y Philander en Estados Unidos, se desarrolló un modelo característico que se puede descomponer en las siguientes fases: inicio, desarrollo, madurez y debilitamiento o retorno a la normalidad.

La fase inicial corresponde al desplazamiento de aguas cálidas desde el sector occidental del Pacífico tropical hacia la zona cercana a la línea de cambio de fecha (los 180° de longitud). No obstante, durante esta etapa, otros procesos oceánicos y atmosféricos pueden detener el proceso iniciado. Lógicamente, los procesos de gran magnitud asociados a ENSO han registrado, desde uno o dos meses antes, un relajamiento en el flujo de los vientos alisios de componente este, acompañado de un debilitamiento del anticiclón del Pacífico suroriental y de una reducción en los procesos

de surgencia, -afloramiento de aguas frías, ricas en nutrientes hacia la superficie- en el sector oriental de la cuenca.

En la fase de desarrollo continúa el desplazamiento de las aguas cálidas hacia el oriente, a través del Pacífico tropical. Los vientos alisios se han debilitado por completo e incluso pueden llegar a invertirse, soplando de occidente a oriente, a lo largo de la línea ecuatorial. La termoclina -frontera entre dos masas de agua de diferentes características- en el sector oriental se profundiza y en el occidental se levanta. En este momento se inicia el equilibrio del nivel medio del mar entre los dos bordes de la cuenca.

En la fase de madurez es posible encontrar el máximo calentamiento de la superficie del mar en el sector oriental del Pacífico tropical, frente a las costas de Perú, Ecuador y Colombia. Los vientos alisios pueden estar soplando inversamente de oeste a este. Los procesos de surgencia se hallan prácticamente anulados. En caso de fenómenos de carácter muy fuerte, la pendiente del océano llega eventualmente a invertirse. Por esta época, el índice de oscilación del sur registra sus más bajos valores, al igual que la mayoría de los parámetros físicos de gran magnitud.

Finalmente, en la fase de debilitamiento o retorno a la normalidad, la mancha cálida se diluye hacia Ecuador y hacia el occidente. Se intensifica nuevamente el flujo de los alisios del este, se recupera la surgencia en el sector oriental y la pendiente del océano es nuevamente mayor en el sector occidental. El anticiclón del

Pacífico sur se intensifica, retornando a valores normales, en tanto que la presión atmosférica en el sector de Australia e Indonesia desciende hasta alcanzar los valores característicos del sistema ciclónico. El índice de oscilación del sur se aproxima a valores cercanos a cero, al igual que los otros parámetros físicos de referencia (Figura 2).

Efectos generales del fenómeno de El Niño en el planeta

Con base en las investigaciones desarrolladas por Ropelewski y Halpert y en el análisis de la información estadística disponible sobre el efecto causado a nivel global por el fenómeno intenso ocurrido en 1982-83, se ha podido establecer el siguiente cuadro de repercusiones:

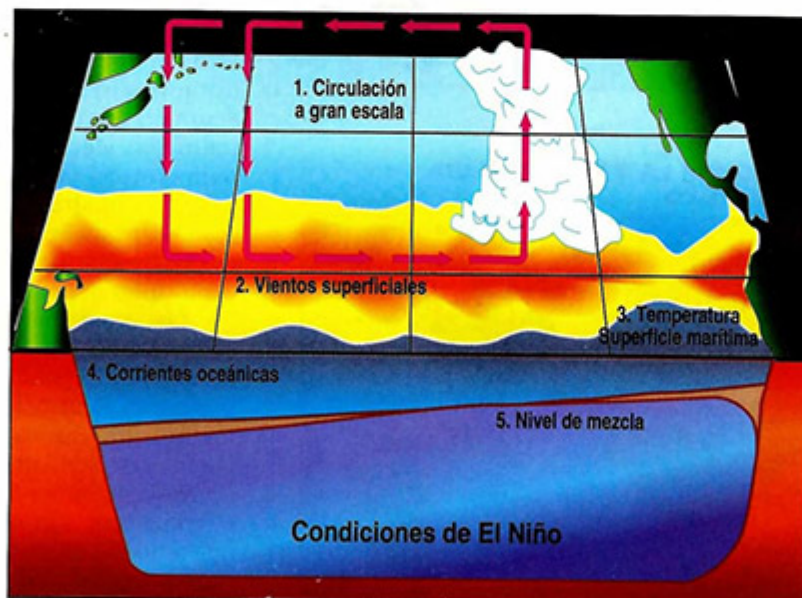


Figura 2.

Efectos en la temperatura

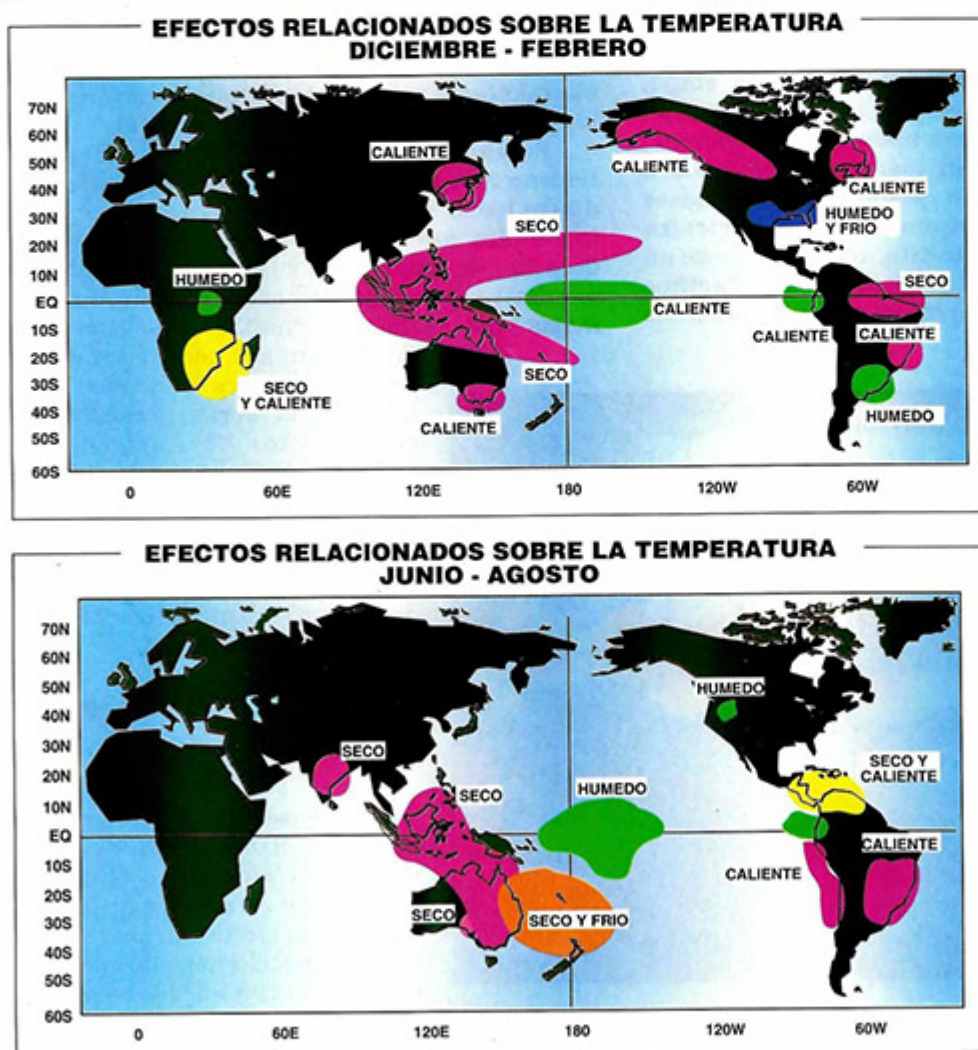
Se observan importantes aumentos en la temperatura del aire en los sectores suroccidental y suroriental de África, el norte de Europa y el noroeste de Asia. Contrastando con esta situación, se aprecia un fuerte descenso en la temperatura del aire en una franja que cubre la totalidad del centro y el norte de Estados Unidos, así como en una amplia región del sudeste de Alaska (Figura 3).

Como es lógico, se registran aumentos de la temperatura del mar a todo lo largo del sector tropical de la cuenca del océano Pacífico, expandiéndose hacia el norte y hacia el sur, frente a las costas de centro y suramérica.

Efectos en las precipitaciones

El volumen de precipitaciones se ve ampliamente incrementado en el sector tropical del océano Pacífico central, la mayor parte del territorio de Estados Unidos, el norte de Europa, el litoral pacífico del sur de Colombia, Ecuador y Perú, y el área comprendida entre los límites del sur de Brasil, Uruguay y el norte de Argentina. Antagónicamente, se experimentan fuertes disminuciones pluviométricas en el sector tropical del océano Pacífico occidental, la mayor parte de Australia e Indonesia, áreas muy localizadas del sudeste asiático, la franja media y algunos sectores del noreste y sudeste de África, el noreste de Brasil y gran parte del sector noroccidental de Suramérica.

Figura 3.



Generalidades sobre efectos climáticos del fenómeno de El Niño en territorio colombiano

Mediante el análisis de la información histórica, se ha establecido que en nuestro país el fenómeno de El Niño afecta la temperatura del aire y las precipitaciones. Se ha hecho evidente el incremento de la temperatura del aire durante las horas del día en la región pacífica y en los valles interandinos; también se ha podido determinar que durante su ocurrencia se presenta una tendencia a la disminución significativa de la temperatura del aire en horas de la madrugada, con lo cual se propicia el desarrollo del fenómeno de heladas en los altiplanos.

Los trastornos del régimen de lluvias debidas al fenómeno de El Niño no siguen un patrón común, ni han sido los mismos durante la ocurrencia de los diez últimos eventos documentados. Por el contrario, son diferenciales a lo largo y ancho del territorio nacional. En términos generales, se ha podido identificar que cuando se presenta el fenómeno hay

déficit en los volúmenes de precipitación de las regiones andina, caribe y la parte norte de la región pacífica. No obstante, estas deficiencias son más acusadas en algunas áreas. En marcado contraste con la situación anterior, las lluvias son más abundantes de lo normal en el sur de la región pacífica y en el sur occidente de la amazonia colombiana.

Al alterarse el régimen de lluvias por el fenómeno de El Niño, se afecta igualmente la oferta natural del recurso hídrico, a causa del impacto registrado sobre los caudales de los diferentes ríos y cuerpos de agua que surten la demanda en el territorio colombiano.

Otro efecto climático asociado con este fenómeno es el incremento de la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra. El predominio de tiempo seco favorece el incremento de horas de brillo solar y, por consiguiente, la cantidad de radiación solar incidente, la cual incluye la parte ultravioleta del espectro.

Es importante mencionar que los efectos climáticos del fenómeno de El Niño no sólo traen consecuencias negativas. En la medida que se puedan aprovechar las condiciones relativamente secas en las regiones andina y caribe y las lluviosas en el sur de la costa pacífica y el suroccidente de la amazonia colombiana, los efectos podrían ser benéficos para algunos sectores.

Igualmente, si se previera utilizar las condiciones relacionadas con el cambio del ambiente marino y la aparición de especies diferentes a las tradicionales en las aguas del Pacífico colombiano, no sólo se podría mitigar el impacto en diferentes sectores de la actividad socioeconómica regional, sino que se podría obtener algún beneficio adicional.

Efectos sobre la temperatura superficial y el nivel medio del mar en la costa pacífica colombiana

El fenómeno de El Niño produce un cambio en las aguas costeras del océano Pacífico, que usualmente tiene temperaturas entre 25 y 26 °C, por condiciones oceánicas de aguas más cálidas. La temperatura de la superficie del mar en el océano Pacífico colombiano presenta incrementos importantes en las épocas en que se presenta el fenómeno. Las anomalías de la temperatura superficial del mar en amplias regiones pueden alcanzar entre 2 y 3°C por encima de lo normal.

El aumento de la temperatura superficial y subsuperficial del agua en el Pacífico colombiano produce un cambio considerable en las condiciones ambientales del mar, dando lugar a una emigración masiva de las especies y a la inmigración de otras poco comunes en estas áreas marítimas. Este cambio no sólo repercute en la distribución de las especies planctónicas y bentónicas, como el camarón, sino también en las especies de peces y de otras con rutas largas de migración, como las tortugas marinas y las ballenas.

Con la ocurrencia del fenómeno, el nivel medio del mar en diferentes puntos de la costa pacífica colombiana también presenta incrementos, los cuales oscilan entre 20 y 40 centímetros, creando condiciones para que las pleamares alcancen mayores alturas y se presente una invasión de aguas en las partes bajas de la playa, afectando las poblaciones costeras. El oleaje que se desarrolla sobre este nivel más alto produce consecuencias similares.

El fenómeno de El Niño produce impactos socioeconómicos que pueden resultar catastróficos para algunas regiones.

Sobre la temperatura del aire

Las temperaturas del aire son relativamente altas (mayores de lo normal) durante las horas del día en el área del litoral pacífico, el interior de los valles interandinos, la región caribe y la parte oriental de la orinoquia y la amazonia.

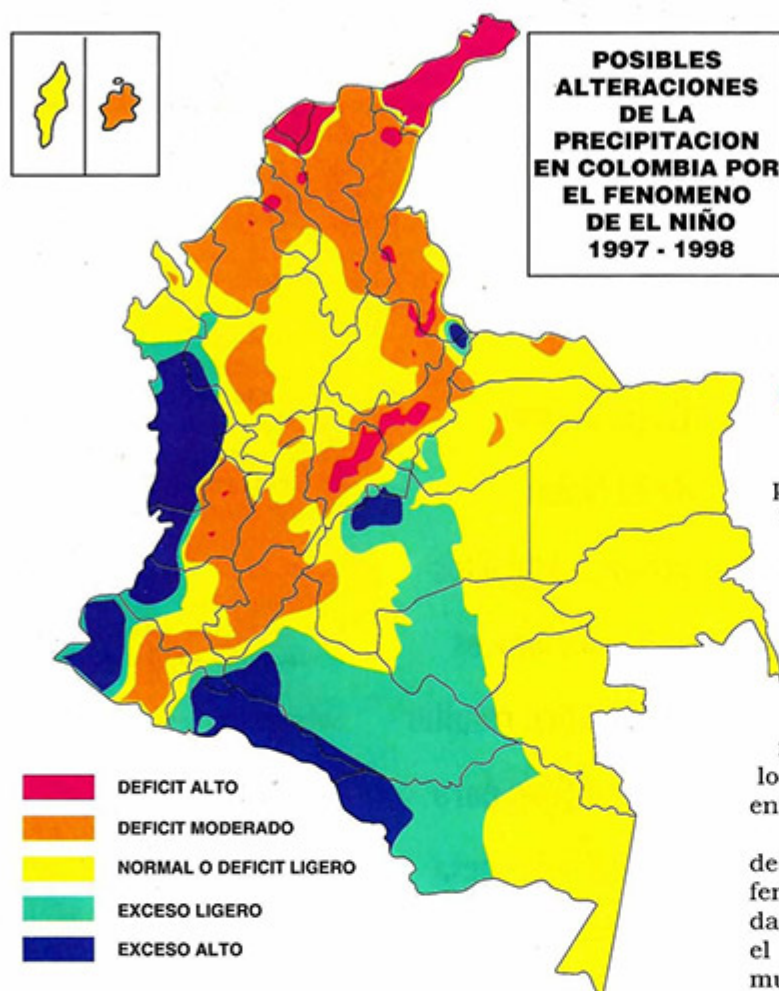
Las anomalías positivas registradas en la región pacífica pueden llegar a alcanzar valores cercanos a los 2°C. En el área continental, específicamente en las partes bajas de las regiones andina y caribe, las anomalías registradas pueden ser de igual o superior magnitud.

Por el contrario, las temperaturas descienden a valores por debajo de lo normal en las horas de la noche. Dadas las condiciones relativamente secas, se incrementa la probabilidad de ocurrencia de heladas durante los meses correspondientes a las temporadas secas de comienzo y mitad de año en los altiplanos nariñense, cundiboyacense y en las montañas de Antioquia y de los Santanderes.

Sobre la precipitación

Se presenta una reducción moderada de las lluvias (es decir, volúmenes mensuales de precipitación disminuidos en un 20 por ciento

Figura 4.



o más de lo que usualmente se registra) en las regiones caribe y andina, con excepción del área del Magdalena medio. Dentro de estas regiones, los sectores donde ocurren reducciones bastante acentuadas de las lluvias (volúmenes mensuales de precipitación menores en un 60 por ciento, e incluso más, comparados con los promedios históricos) son: el departamento de la Guajira, el norte del Cesar, algunos municipios de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, los Santanderes y el altiplano cundiboyacense.

En contraste con la situación anterior, se presenta un aumento moderado de las lluvias (volúmenes mensuales de precipitación superiores a los promedios históricos en 20 por ciento o más) en el sector centro-occidental de la Amazonia, la parte media del piedemonte llanero, el nororiente de Caldas y algunas áreas

muy localizadas en los límites entre Norte de Santander y Boyacá.

El incremento de las lluvias es muy marcado (volúmenes mensuales de precipitación superiores a lo normal en un 60 por ciento o más) en la parte central y sur del departamento del Chocó, en la franja costera de los departamentos de Valle, Cauca y Nariño, en el departamento del Putumayo y en algunas áreas del piedemonte llanero y del sector limitrofe entre Norte de Santander y Boyacá (Figura 4).

Generalidades sobre el impacto producido por el fenómeno de El Niño en los sectores económicos y sociales del país

A través de su efecto climático, reflejado principalmente por las alteraciones en el patrón pluviométrico y térmico, así como por la reducción de la oferta del recurso hídrico, el fenómeno de El Niño produce impactos socioeconómicos que pueden resultar catastróficos para algunas regiones. Aunque no se dispone de cifras reales, se ha establecido que el impacto tiene una magnitud muy importante sobre el transporte fluvial, el abastecimiento de agua potable y los sectores agropecuario e hidroenergético, entre otros.

Por último, otra consecuencia preocupante de las alteraciones climáticas asociadas a este fenómeno es el incremento de algunas enfermedades. Estudios realizados recientemente por el IDEAM y el Instituto Nacional de Salud muestran que durante los eventos cálidos de El Niño, se incrementa, entre otros, el número de casos de malaria.

Referencias

1. IDEAM., *Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno de El Niño en el período 1997-1998 en Colombia*, 1997.
2. Pabón J.D.; Montealegre J.E., *Características climáticas relevantes durante la ocurrencia de los fenómenos ENOS en el noroccidente sudamericano*, publicación especial del HIMAT, 1994.
3. Zea J.A.; Montealegre J.E., *Estudio sobre el fenómeno de El Niño*. Publicación especial del HIMAT, 1992.

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
Innovación
y **Ciencia**

■ TEMAS

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

■ LENGUAJE

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

■ EXTENSION

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

■ FORMATO

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

■ MATERIAL GRAFICO

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

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

■ REFERENCIAS

Para las referencias 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, DC: 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.

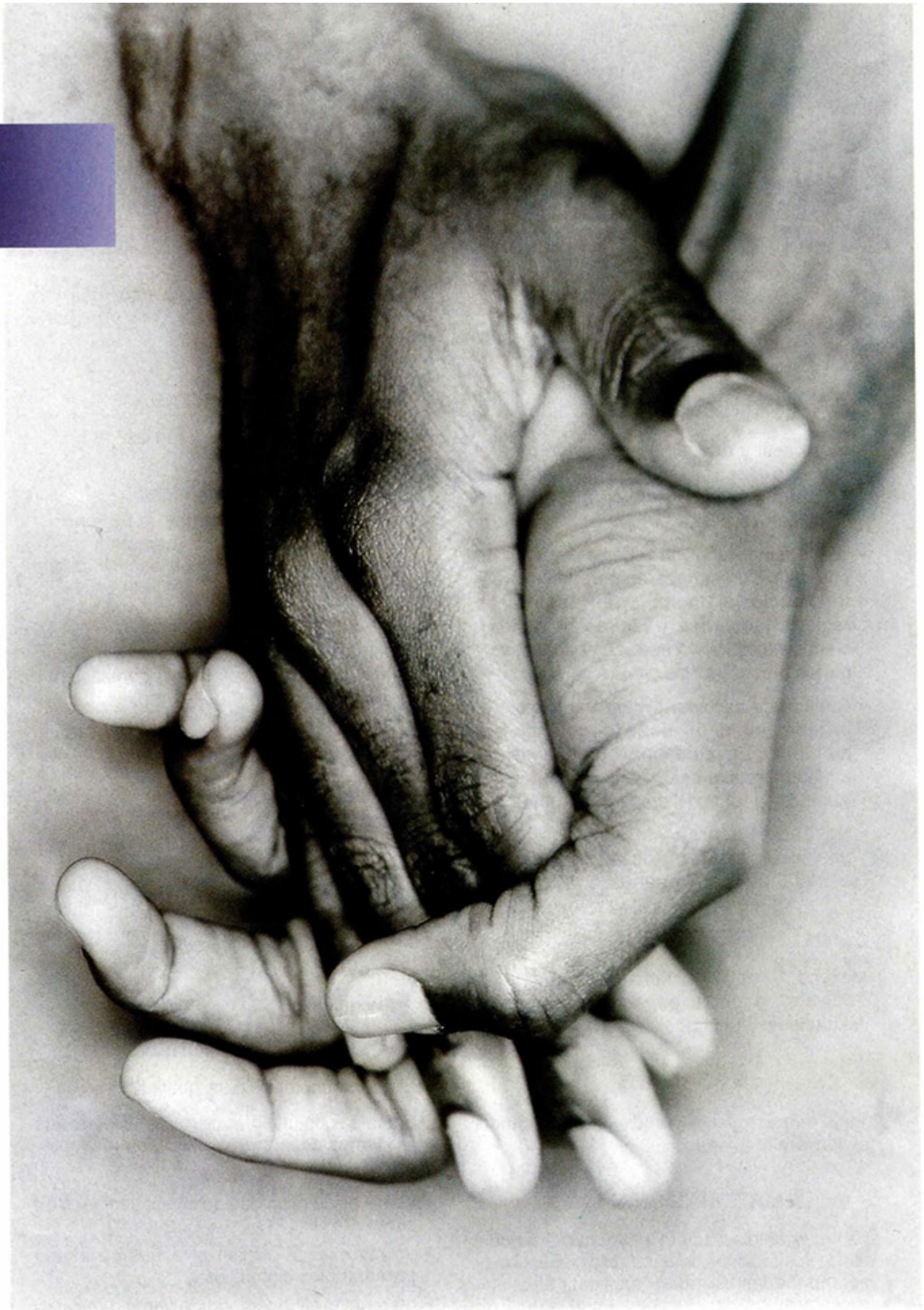
■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- 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



Homosexualidad y psicología

Rubén Ardila, Ph.D.

Psicólogo,

Universidad Nacional de Colombia,

Santafé de Bogotá, Colombia.

e-mail: rardila@bacata.usc.unal.edu.co

La homosexualidad como práctica sexual humana ha existido a lo largo de toda la historia y en la mayoría de las culturas. Se ha encontrado en hombres y en mujeres, en culturas occidentales y no occidentales, en sociedades "primitivas" y en sociedades tecnológicamente "avanzadas". Existe también en animales no humanos y no sólo en nuestra especie.

Las actitudes ante la homosexualidad han sido muy variadas, e incluyen desde su aceptación como conducta normal hasta su conceptualización como delito, pecado o enfermedad mental. En las últimas décadas se ha venido considerando como una opción o un estilo de vida equivalente a la heterosexualidad, ni mejor ni peor que esta última.

En muchas culturas existió homosexualidad ritualizada, circunstancial o como estilo de vida permanente. Fue una pauta de conducta aceptada y valorada, al menos para ciertos grupos de la población. El caso de Grecia –tan conocido– no es único, y también existió aceptación social de la homosexualidad en Sumeria, China, entre los indígenas americanos y en muchas otras culturas.

En cambio, la cultura judeo-cristiana se ha opuesto a la homosexualidad durante la mayor parte de su historia. Se ha considerado tácitamente que los homosexuales son una amenaza para las "buenas costumbres" y para la sociedad en general, lo que ha llevado a perseguirlos, a condenarlos al ostracismo, obligándolos

a formar guetos. Ha conducido a que en algunos países la homosexualidad sea considerada como un delito punible por la ley, y la justificación de esta persecución se ha basado en una defensa de los valores tradicionales, de la familia y de la sociedad. Se ha decidido tácitamente que los homosexuales son, como ya se dijo, una amenaza para las "buenas costumbres" y para la sociedad en general.

Para explorar la homosexualidad desde un ángulo más científico, presentamos enseguida una síntesis de los conocimientos más recientes sobre sus bases genéticas, hormonales y neuroanatómicas y situamos estos hallazgos dentro del contexto de la investigación contemporánea sobre la orientación sexual².

Genética de la homosexualidad

En la última década se han llevado a cabo investigaciones sobre aspectos genéticos, hormonales y anatómicos de la homosexualidad. Uno de los trabajos con resultados más claros fue el de Bailey y Pillard³, que estudió la homosexualidad masculina en gemelos monozigóticos, dizigóticos y hermanos adoptivos. Esto se hizo con el fin de investigar la influencia de la genética en la homosexualidad masculina. Ellos encontraron que en los gemelos idénticos, si uno era homosexual, el otro también lo era en el 52 por ciento de los casos; en los gemelos dizigóticos, sólo el 22 por ciento lo era, y en los hermanos adoptivos, únicamente el 11 por cien-



to lo era. Esta investigación buscó controlar todos los factores relevantes, para evitar errores frecuentes al investigar la relación herencia-ambiente.

Bailey, Pillard, Neale y Agyei⁴ estudiaron los factores hereditarios en la orientación sexual de las mujeres. Encontraron resultados similares a los hallados antes con varones. El 48 por ciento de las mujeres gemelas monozigóticas lesbianas tenía su hermana gemela lesbiana; sólo el 16 por ciento se presentaba en el caso de gemelas diszigóticas, y únicamente el 6 por ciento en el caso de hermanas adoptivas.

Estos autores concluyen que aproximadamente entre el 30 y el 70 por ciento de la variancia fenotípica (la manifestación conductal) de la orientación sexual en ambos sexos puede explicarse genéticamente. Estudios posteriores han encontrado resultados similares, incluso con porcentajes más altos de concordancia en orientación sexual entre los dos miembros de la pareja de gemelos monozigóticos. Hamer y sus colaboradores⁹ encontraron además un marcador genético para la homosexualidad en varones; el análisis de 114 familias de hombres homosexuales, junto con un análisis de ADN y de cromosomas en un grupo de 40 familias, en las cuales había dos hermanos homosexuales, llevó a los investigadores a afirmar que era altamente probable que hubiera una influencia genética en el desarrollo de la orientación sexual masculina.

La influencia de las hormonas sobre la orientación sexual también ha sido objeto de estudio. Lo primero que se halló es que los

niveles de testosterona no difieren en hombres homosexuales y heterosexuales. Tales niveles de hormonas varían mucho en diferentes hombres, como consecuencia de diversos factores, tales como dieta, ejercicio, uso de drogas, salud, etc. Pero no son diferentes en homosexuales y heterosexuales.

Estudios controlados afirman que el cerebro en desarrollo se "masculiniza" por la exposición a los andrógenos durante periodos críticos de desarrollo prenatal o temprano en la vida posnatal; la ausencia de esas hormonas en periodos claves resulta con frecuencia en un cerebro "feminizado". Esta teoría neurohormonal de la diferenciación sexual ha sido tomada muy en serio por los investigadores, incluyendo a los psicólogos. Una persona con un cerebro "feminizado" presentaría conductas similares a las femeninas.

Dorner y sus colaboradores^{6,7} en estudios tempranos, encontraron que los homosexuales presentan una respuesta ante la hormona luteinizante similar a la de las mujeres y no a la de los hombres heterosexuales. Además, la respuesta de *feedback* positivo en la hormona luteinizante ante los estrógenos se considera debida a las diferencias en el desarrollo del cerebro durante la vida prenatal. Se afirma con base en estos trabajos que los homosexuales tienen un hipotálamo "femenino". Sin embargo, estudios posteriores consideran que estos trabajos adolecen de errores metodológicos y que las diferencias en la hormona luteinizante están mediadas por procesos gonadales (tal vez la testosterona). Por otra parte, se ha encontra-

do que las lesbianas poseen una respuesta masculina ante la hormona luteinizante. En síntesis, el funcionamiento de las hormonas cerebrales es diferente en personas con distinta orientación sexual.

La neuroanatomía de los homosexuales es diferente a la de los heterosexuales en tres aspectos importantes, a saber:

a. El núcleo supraquiasmico es más grande y alargado en homosexuales que en heterosexuales. También es más alargado en mujeres que en hombres. Esto tiene que ver con la generación y coordinación de ritmos hormonales, fisiológicos y psicológicos.

b. El núcleo intersticial del hipotálamo lateral (INAH-3) es más pequeño en homosexuales que en heterosexuales. Es también más pequeño en mujeres que en hombres.

c. La comisura anterior es un tracto de fibras que conecta los lóbulos temporales de los dos hemisferios cerebrales, y es más grande en homosexuales que en heterosexuales, como hemos dicho antes. Es también doce por ciento más grande en mujeres que en hombres. Es importante señalar que se ha encontrado que es incluso mayor en hombres homosexuales que en mujeres.

Estas investigaciones nos llevan a afirmar lo siguiente, teniendo en cuenta la compleja y variada interacción de factores neuroanatómicos, hormonales y conductuales:

- Los varones homosexuales poseen una estructura neuroanatómica relativamente más parecida a la de las mujeres que a la de los varones heterosexuales.

- Tales diferencias se establecen muy temprano en la vida.

- Influyen sobre el comportamiento.

- Los estímulos sociales y ambientales posnatales pueden alterar las respuestas a las hormonas y pueden influir sobre el desarrollo neural posnatal.

- El sistema nervioso central se diferencia bajo la influencia de factores hormonales, genéticos y ambientales, en algunos casos hasta los cuatro años de edad en los seres humanos.

- Es absurdo afirmar que "biología es destino", y tales asociaciones hormonales y neuroanatómicas pueden ser simplemente correlacionales y no causales.

Aptitud espacial

Otra área en la cual se ha encontrado una diferencia clara entre homosexuales y heterosexuales es la aptitud espacial. En tareas cognitivas de habilidad espacial se ha sabido desde hace mucho tiempo que existen diferencias entre hombres y mujeres. Lo que es nuevo es que también las hay entre homosexuales y heterosexuales. En la "tarea de rotaciones mentales", los homosexuales tienen ejecuciones comparables a las de las mujeres heterosexuales y no a las de los hombres heterosexuales.

En la mayor parte de las tareas espaciales, los hombres homosexuales están por debajo de los hombres heterosexuales⁸.

Sin embargo, en el caso de las lesbianas se ha encontrado que ellas funcionan en forma similar a las mujeres heterosexuales, o sea que no existe un efecto opuesto, como habría podido suponerse, al de hombres homosexuales.

Conclusiones

En la enorme mayoría de las conductas, los hombres homosexuales son idénticos a los hombres heterosexuales, y las lesbianas son idénticas a las mujeres heterosexuales. Las diferencias son básicamente a nivel de preferencias sexuales^{5,10,11,13}.

En este trabajo hemos enfatizado los nuevos descubrimientos a nivel neuroanatómico, pero eso no quiere decir que los homosexuales tengan anatomía y psicología femenina, ni las lesbianas anatomía y psicología masculina. Cada uno de nosotros es socializado como varón o como mujer, independientemente de su orientación sexual. Preferencias, niveles de agresión, actitudes ante la vida, valores y pautas de conducta difieren en hombres y en mujeres, sin que en

est influya de su orientación sexual. Parece ser que lo fundamental para determinar nuestro comportamiento es el aprendizaje temprano¹ y, dentro de éste, los procesos de socialización. Las pautas de aprendizaje determinan nuestras actitudes, valores y conductas.

Los homosexuales han formado subculturas con sus propias reglas de juego y su propia filosofía de la vida¹². Constituyen una de las minorías más grandes y han luchado por sus derechos y por su lugar en la sociedad, espe-

Lo fundamental es el aprendizaje temprano y, dentro de éste, los procesos de socialización.

LANZAMIENTO

ATLAS GEOLOGICO DIGITAL DE COLOMBIA



VERSION 1.0

El Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMIN), adscrito al Ministerio de Minas y Energía, pone a disposición de todas las entidades y organismos nacionales e internacionales el ATLAS GEOLOGICO DIGITAL DE COLOMBIA versión 1.0, un Sistema de Información Geológica Georeferenciado diseñado de acuerdo con la filosofía de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en sus diferentes presentaciones:

PLANCHAS GEOLOGICAS EN PAPEL

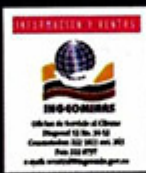
26 planchas a escala 1:500.000 de las zonas continentales, una de las zonas insulares a escala 1:50.000 y dos de las zonas a escala 1:300.000, acompañada por una memoria técnica que complementa la información desplegada en los mapas. Las planchas se pueden adquirir también individualmente.

ARCHIVO DE IMPRESION

Cada plancha se vende en un soporte independiente compatible con cualquier sistema, para el cual solo se necesita tener un plotter para imprimirla.

SISTEMA DE INFORMACION GEOLOGICA

El sistema de Información Geológica SIG, es el conjunto de base de datos y las respectivas herramientas que conforman el Atlas Geológico Digital de Colombia, manejado a través de una aplicación que facilita el acceso del usuario a la información, de un ambiente de APLICACION para estaciones de trabajo.



Adpostal



¡Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR A
COLOMBIA Y AL MUNDO

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

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

cialmente después de Stonewall, en junio 28 de 1969, que consideran su fecha más importante. Es una minoría que tiene muchos elementos en común con otras minorías, por ejemplo, las raciales, de género, etc. que han buscado ocupar un lugar en la sociedad contemporánea, ante todo en los países industrializados del Primer Mundo, pero no exclusivamente en ellos.

Seguramente la lucha por los derechos de los homosexuales, lo mismo que la lucha por los derechos de otras minorías debe enmarcarse dentro de la defensa de los derechos humanos y es en esta forma como se está planteando en muchos contextos. La contribución de la ciencia, incluyendo la psicología, para la comprensión de esta importante minoría ha sido y seguirá siendo decisiva.

Referencias

1. Ardila R., *Los orígenes del comportamiento humano*, Barcelona; Editorial Fontanella, 1979.
2. Ardila R., *Homosexualidad y psicología*, Bogotá; Editorial Manual Moderno, 1998.
3. Bailey J.M.; y Pillard R.C., *A genetic study of male sexual orientation*. *Archives of General Psychiatry* 48; 1089-1096, 1991.
4. Bailey J.M.; Pillard R.C.; Neale M.C.; Agyei Y., *Hereditary Factors Influence Sexual Orientation in Women*, *Archives of General Psychiatry*, 50; 217-223, 1993.
5. Denmark F.L.; Paludi M.A. (Eds.), *Psychology of women. A Handbook of Issues and Theories*, New York, Greenwood Press, 1993.
6. Dorner G., *Hormones and Brain Sexual Differentiation*, Amsterdam, Elsevier, 1976.
7. Dorner G.; Rhode W.; Stahl F.; Krell L.; Masius W.G., *A neuroendocrine Predisposition for Homosexuality in Men*, *Archives of Sexual Behavior*, 4; 1-8, 1975.
8. Gladue B.A.; Beatty W.W.; Larson J.; Station R.D., *Sexual Orientation and Spatial Ability in Men and Women*, *Psychobiology* 18; 101-108, 1990.
9. Hamer D.H. et al., *A Linkage between DNA Markers on the X Chromosome and Male Sexual Orientation*, *Science* 261, 321-327, 1993.
10. Kupers T.A., *Revisiting Men's Lives*, New York, Guilford Press, 1993.
11. Le Vay, S., *The Sexual Brain*. Cambridge: MIT Press, 1994.
12. Le Vay, S. y Nonas, E., *City of friends. A Portrait of the Gay and Lesbian Community in America*, Cambridge, MIT Press, 1995.

Hágase socio de A.C.A.C.

- Recibir el Boletín de A.C.A.C. y el Boletín del Programa de Interciencia de Recursos Biológicos PIRB.
- Recibir la revista INNOVACION Y CIENCIA.
- Aportar al desarrollo científico y tecnológico nacional y contribuir al fortalecimiento de la comunidad científica colombiana.
- Participar en la formulación de las políticas generales de la Asociación.
- Establecer vínculos con asociaciones y entidades a las cuales pertenece la A.C.A.C. y a través de ellas participar en eventos nacionales e internacionales de carácter científico y tecnológico.
- Obtener descuentos en publicaciones, actividades académicas y eventos realizados por A.C.A.C.

¡Tiene sus
grandes
ventajas!

Para hacerse socio...

Sólo hay que
seguir los siguientes
pasos...

1 Llene la solicitud de admisión y adjunte la documentación respectiva.

2 Para la admisión como miembro titular la solicitud será estudiada por la Junta Directiva Nacional.

3 Una vez recibida la aceptación, haga efectiva su afiliación, cancelando el valor correspondiente de la siguiente forma:

En *efectivo o cheque*, consignando en las siguientes cuentas:

Colmena	010-4500246931
Banco del Estado	01605715-0
Banco Popular	160-20319-6
Granahorrar	0632-10079-5

O con las tarjetas de crédito:
Credibanco, Diners y Credencial.

4 Envíe copia de su pago al fax 221 69 50, al A.A. 92581, o a las oficinas de la Asociación.

Sólo los miembros titulares podrán elegir y ser elegidos para Junta Directiva y participar con voz y voto en reuniones ordinarias y extraordinarias de la Asamblea general de la Asociación.

**ATENCIÓN
SERVICIO AL
SOCIO
221 99 53**

Novedades editoriales

PERSONA Y BIOÉTICA, Año 1, Núm. 1, Septiembre DE 1997.

Universidad de la Sabana,
Chía, Cundinamarca.

Aparece una nueva publicación periódica internacional sobre el área definida como "el estudio sistémico de la conducta humana, en el área de las ciencias de la vida y el cuidado de la salud, en cuanto dicha conducta es estudiada a la luz de principios éticos de validez universal". Entre sus artículos se destacan: "La eutanasia" (Jordi Cervós Navarro), "El reto de la bioética" (José Luis del Barco), "Metanálisis del diagnóstico preimplantatorio" (L. A. Soriano y L. M. Pastor), "Dignidad humana, libertad y bioética" (Francisco Javier León) y "La destrucción de los embriones congelados" (Gonzalo Herranz). El director de esta revista es Pablo Arango Restrepo y su secretaria Amparo Vélez Ramírez.

CONGRESO INTERNACIONAL DE BIOÉTICA (MEMORIAS)

Universidad de la Sabana,
Chía, Cundinamarca, 1997.



En un volumen de 320 páginas, la Universidad de la Sabana presenta las memorias del Primer congreso internacional de bioética, celebrado del 16 al 19 de julio de 1997. Cerca de 250 personas, procedentes de Venezuela, Ecuador, Costa Rica, Guatemala, Argentina, Perú, México, Trinidad y Tobago y Colombia, asistieron a este encuentro de pensamiento y reflexión. La bioética es una disciplina que, además de ser novedosa, es una verdadera necesidad en todo el ámbito de las ciencias de la salud y en todas las necesidades del hombre mismo, por su naturaleza relacional. Las ponencias centrales estuvieron a cargo de prestigiosos docentes e investigadores de Italia, España, México, Argentina y Colombia.

TECNOLOGÍA INFORMÁTICA: UNA MIRADA PEDAGÓGICA (volúmenes 1 y 2)



Luz Amparo Martínez, Natalia Iriarte.
Fundación Antonio Restrepo Barco,
Fundación Corona, Institución Zoraida
Cadavid de Sierra. Santafé de Bogotá, 1997.

Los dos volúmenes de *Tecnología informática: una mirada pedagógica*, exponen, en conjunto, una amplia investigación de campo sobre esta nueva noción que ha empezado a enriquecer el proceso educativo, no solamente en su lenguaje sino en lo que concierne a la aplicación en cada una de las áreas que estructuran el currículo. Uno y otro presentan una aproximación a ese aún impredecible pero ya abierto universo electrónico del computador, a sus adaptaciones y a sus extensas posibilidades para la comunicación. De ahí el carácter de guía metodológica, pues su acercamiento va desde la visión técnica, que explica con sencillez y saca de lo críptico esa terminología del *hardware* y del *software*, hasta la experiencia colombiana llevada a cabo en este ámbito por maestros y estudiantes de varias instituciones del país.

PANORAMA DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN COLOMBIA

Departamento Nacional
de Planeación.
Santafé de Bogotá, 1997.

Esta obra recoge los resultados de una encuesta sobre desarrollo tecnológico, ordenada por el DNP y realizada por la firma Servicios Especializados de Información, S. A. El proyecto contó con el apoyo de Colciencias y del convenio Asistencia al desarrollo de capacidades tecnológicas en Colombia (gobierno del Japón y Banco Mundial). Describe la actividad tecnológica en Colombia, sus objetivos y su origen, las acciones tecnológicas en la industria manufacturera, la innovación en el desempeño económico de la empresa, los resultados de la innovación y sus limitaciones. La encuesta se efectuó en 885 establecimientos de todas las áreas de la producción, con excepción del sector del tabaco.

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. _____ N°. _____

Suscripción regular \$ 29.000 Precio unidad \$ 6.200 Socio ACAC: Gratuita
Estudiantes \$ 25.000 Ejemplar atrasado \$ 3.500

SUSCRIPCION PERSONA NATURAL

Fecha de suscripción
D _____ M _____ A _____

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

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito
Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia
 Granahorrar 0632-100-79-5
 Colmena 010-4500246931
 Bco. Popular 160-203196
 Credencial Credibanco Dineros
 Tarjeta N° _____
 Vence ____/____/____ N° cuotas ____
 N° Seguridad ____/____/____
 Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta
de crédito

SUSCRIPCION INSTITUCIONAL

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

Acepto Renovación Automática: Sí No

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax 2216950, 2219281 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. 3150734 2213313

FIRMA

C.C.

Suscripción por 1 año (5 ejemplares),
a partir del Vol. _____ N°. _____

Suscripción regular \$ 29.000 Precio unidad \$ 6.200 Socio ACAC: Gratuita
Estudiantes \$ 25.000 Ejemplar atrasado \$ 3.500

Fecha de suscripción
D _____ M _____ A _____

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

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

Forma de pago:

Efectivo Cheque Crédito
Consignación: Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia
 Granahorrar 0632-100-79-5
 Colmena 010-4500246931
 Bco. Popular 160-203196
 Credencial Credibanco Dineros
 Tarjeta N° _____
 Vence ____/____/____ N° cuotas ____
 N° Seguridad ____/____/____
 Tres últimos dígitos al respaldo de su tarjeta
de crédito

De

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

Acepto Renovación Automática: Sí No

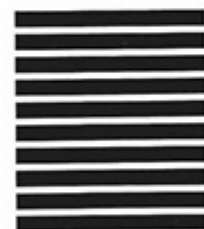
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax 2216950, 2219281 o por correo a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia Carrera 50 # 27-70

FIRMA



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

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



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

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

NEURO: INTRODUCCIÓN A LAS NEUROCIENCIAS



Diego Andrés Roselli Cock.
Centro Editorial Javeriano,
Santafé de Bogotá, 1997.

Nos encontramos en plena década del cerebro, lo cual significa que toda la investigación relacionada con las neurociencias ocupa un lugar central en la actividad científica mundial.

Como aporte a la comprensión y al acercamiento de los estudiantes de las ciencias humanas y afines a esta compleja ciencia, surge este libro. En sus capítulos se abarcan los grandes temas de muchas disciplinas neuróbiológicas,

orientándolos hacia la comprensión del sistema nervioso humano normal; de ahí que comprenda el estudio del sistema nervioso desde sus orígenes embrionarios hasta las funciones mentales de la madurez. Con el fin de aplicar el conocimiento neurológico al estudio de las enfermedades del sistema nervioso, se presentan ejemplos de casos famosos para aquellos estudiantes con orientación hacia la clínica. Aunque este libro puede beneficiar a los estudiantes de las ciencias de la salud, su orientación principal es hacia quienes se dedican a las ciencias humanas y de la conducta. Para favorecer su comprensión se acompaña de abundante material gráfico, cuadros, resúmenes y un glosario donde se podrá encontrar el significado de los principales términos con los que está estructurado el texto.

SERIE PUBLICACIONES PARA MAESTROS SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN -SNE-



Ministerio de Educación Nacional
y Servicio Nacional de Pruebas
del ICFES.
Santafé de Bogotá, 1997.

Dentro de esta serie se encuentran varios informes de la evaluación de la educación en Colombia, repartidos en diversas áreas, a saber, evaluación de logros: áreas de lenguaje y matemáticas (resultados en grados 3o., 5o., 7o. y 9o., 1992-1994); evaluación de logros en matemáticas: lineamientos teóricos; habilidades en ciencias y matemáticas: una alternativa para desarrollar la creatividad (TIMSS Colombia); diseño, metodología y resultados generales del TIMSS, Colombia (Tercer estudio internacional de matemáticas y ciencias); análisis y resultados de las pruebas de matemáticas (TIMSS Colombia); análisis y resultados de las pruebas de ciencias (TIMSS); evaluación de logros en lenguaje: lineamientos teóricos (Pruebas de 3o., 5o., 7o. y 9o., 1992-1994); y factores asociados al logro cognitivo de los estudiantes (grados 3o. y 5o., 1993-1994).

TEORÍA DE LAS SEIS LECTURAS. CÓMO ENSEÑAR A LEER Y A ESCRIBIR ENSAYOS (TOMO II: BACHILLERATO Y UNIVERSIDAD)



Miguel de Zubiría Samper
Fundación Alberto Merani,
Santafé de Bogotá, 1996

El psicólogo javeriano Miguel de Zubiría presenta el segundo tomo de su *Teoría de las Seis Lecturas*, desarrollado pedagógicamente con la colaboración del equipo investigador del Instituto Alberto Merani y de los estudiantes de la Especialización en Desarrollo de la Inteligencia que adelantan estudios en Cali y en Bogotá. Parte de una concepción clara del "fenómeno lector", dividido en lecturas elementales y lecturas complejas. Las primeras cuatro lecturas (las elementales) son: 1. fonética; 2. decodificación primaria; 3. decodificación secundaria; y 4. decodificación terciaria. Las complejas son la categorial y la metatextual. Así se completan los seis niveles de lectura, los cuales son desarrollados en la obra por medio de ejercicios guiados y tutor informático anexo, grabado en disquete. El desarrollo de la lectura en el aula es clave para la transmisión de la cultura (y, por ende, de la ciencia), de ahí que el aporte intelectual de este libro sea bastante significativo.

LOS DERECHOS DEL PACIENTE. DISCUSIÓN ÉTICO-MÉDICA.



Jaime Rodríguez F.
Giro Editores, Santafé de Bogotá, 1997.

El ejercicio de la medicina y las reflexiones sobre la ética de tal ejercicio se caracterizan, a finales del siglo XX, por la aparición de una figura o, más exactamente, por el surgimiento de unas nuevas características en una figura esencial del acto médico: la persona que padece la agresión contra su salud y busca por ello los cuidados del profesional. Contradiendo cuanto estuvo vigente desde la antigüedad remota, la persona enferma se ve ahora como persona plena, con todos sus derechos y deberes; la relación entre ella y el médico ya no es la del paternalismo dominante, es decir, la de un sabio que diagnostica y ordena perentoriamente a un ignorante cuyo papel aceptable es obedecer al pie de la letra y en silencio. Puesto que el fenómeno que llamamos enfermedad no la despoja de sus atributos ordinarios, la persona enferma se entiende ahora como miembro indispensable de una relación voluntaria entre individuos que son desiguales sólo en algunos conocimientos. En ese contexto surge el tema de los derechos del enfermo, sobre cuyos aspectos éticos reflexiona el sacerdote, sociólogo y estudioso de la bioética, Jaime Rodríguez F.

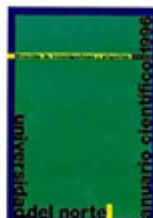
CARTA PETROLERA, Núm. 76, Noviembre-Diciembre de 1997



Empresa Colombiana de Petróleos.
Santafé de Bogotá.

La revista de Ecopetrol incluye, entre otros, los siguientes artículos: "Los ajustes a la política petrolera: nueva visión contractual", "¿Qué es el condensado?", "El gas natural llega a Medellín", "Mayor protección por derrames de crudo en el mar", "Llegó el gas guajiro", "Entrevista al nuevo presidente de Ecopetrol", "La enfermedad holandesa: ¿una amenaza en la frontera?", "En pozos colorados: operación transparente", "Por una naturaleza sin violencia", "Parque Nacional del Petróleo: una huella hacia el futuro" y "China quiere buscar petróleo en Colombia". Mayor información en la página de internet: www.ecp.com.

ANUARIO CIENTÍFICO 1996.



Universidad del Norte.
Ediciones Uninorte, Barranquilla,
1997.

La Universidad del Norte (Barranquilla) presenta un volumen doble (XIII y XIV) de su Anuario Científico. Éste es organizado por la Dirección de investigaciones y proyectos. Incluye las investigaciones en marcha de las siguientes áreas: ciencias de la salud, ingenierías, humanidades y ciencias sociales, ciencias administrativas. Contiene, además, varios proyectos especiales de la universidad, como el Proyecto costa Atlántica, Dique Direccional, UNI-Barranquilla y el Centro de Desarrollo Empresarial de la costa Atlántica. Finalmente, el anuario reseña la investigación estudiantil, tanto en pregrado como en posgrado.

Adpostal



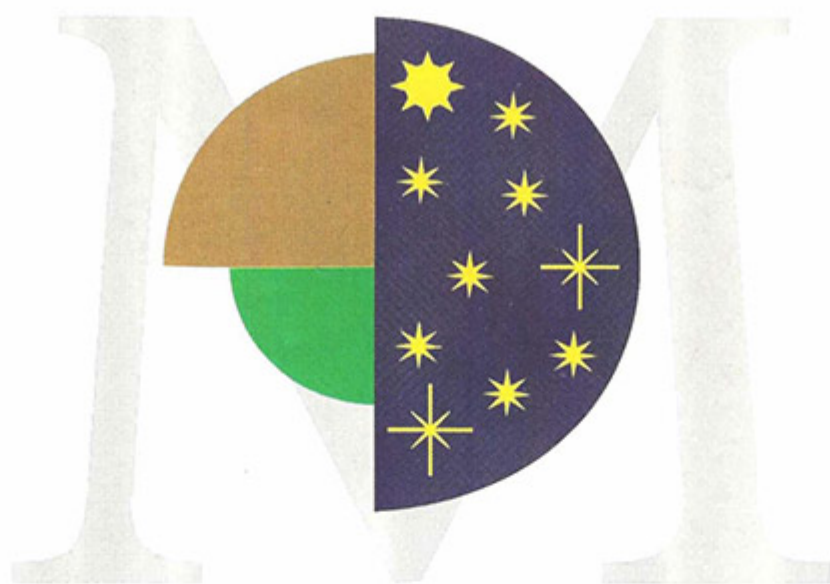
¡Llegamos a todo el mundo!

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
FILATELIA
CORRA
FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELÉFONOS
2438851 - 3410304-3415534
980015503
FAX 2833345



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



Centro Interactivo



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



CIUDAD
SALITRE

ALEMANIA COLOMBIA + BRASIL ESPAÑA



Con su tarjeta
Granahorrar MasterCard
usted compra, juega y gana.

Porque si acierta el marcador de la Gran Final y los 4 finalistas de Francia 98, puede ganarse 10 veces su saldo. Por cada 10% utilizado de su cupo, del 1° al 10 de junio usted tiene una oportunidad de jugar. Por eso a la hora de comprar, piense primero en Granahorrar MasterCard.

Llame en Bogotá al 3125211 y gratis en todo el país al 9800 15711 del 1° al 10 de junio y díganos sus pronósticos.



Granahorrar
COOPERATIVA GRANAHORRANA DE AHORRO Y CREDITO
Usted nos tiene a nosotros