

LOS 10 DESCUBRIMIENTOS PRINCIPALES DEL HUBBLE • ¿QUE VEN LAS AVES?

INVESTIGACION *y* CIENCIA

SEPTIEMBRE 2006
6,00 EUROS

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

CELULAS MADRE, ¿CULPABLES DEL CANCER?

PROCESAMIENTO CUANTICO
DE LA INFORMACION

ECONOMIA DEL HIDROGENO

REALIDAD Y FICCION
DE LA CIENCIA FORENSE







5

HACE...

50, 100 y 150 años.

6

APUNTES

36

CIENCIA Y SOCIEDAD

Cometas...
La acústica de una sala
de conciertos.

40

DE CERCA

Arañas de mar.



42

DESARROLLO SOSTENIBLE

Ecología y conmovión política.

43

CIENCIA Y GASTRONOMÍA

Cardenalización.



8

Toma de decisiones en enjambres

*Thomas D. Seeley, P. Kirk
Visscher y Kevin M. Passino*

Cuando 10.000 abejas buscan una nueva morada, ¿cómo resuelven, en una decisión colectiva, dónde instalarse?

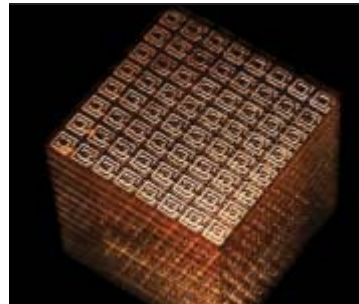
20

Los 10 descubrimientos principales del Hubble

Mario Livio

Mientras esperan la última restauración del Telescopio Espacial Hubble, los astrónomos reflexionan sobre los descubrimientos más destacados cosechados en los dieciséis años que lleva en órbita.

44



Superlentes y supermateriales

John B. Pendry y David R. Smith

Una superlente, construida con "metamateriales" de propiedades ópticas sorprendentes y controvertidas, produciría imágenes con una resolución mejor que la longitud de onda de la luz con que se las tomase.

52

Una red de energía para la economía del hidrogeno

Paul M. Grant, Chauncey Starr y Thomas J. Overbye

Podrían interconectarse cables de superconductores criogénicos para que formasen una "Superred" que distribuiría a la vez energía eléctrica e hidrógeno combustible.

60

¿Qué ven las aves?

Timothy H. Goldsmith

La evolución dotó a las aves con un sistema de visión cromática que supera al de todos los mamíferos, hombre incluido.



28

Células madre, ¿culpables del cáncer?

Michael F. Clarke y Michael W. Becker

Un lado oculto de las células madre, su capacidad para tornarse malignas, constituye el origen de algunos tipos de cáncer, si no de muchos. Del seguimiento y destrucción de estas escurridizas células asesinas dependería la erradicación de la enfermedad.

68



Realidad y ficción de la ciencia forense

Max M. Houck

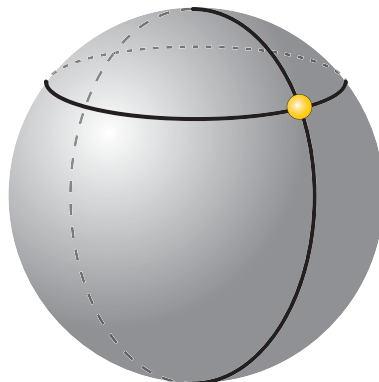
Abogados, investigadores y educadores han percibido el influjo de las populares series de televisión protagonizadas por la policía científica.

74

Procesamiento cuántico de la información

Antonio Acín

La mecánica cuántica ofrece nuevas formas de procesamiento y transmisión de información. Para llevar a cabo cualquiera de estas aplicaciones, se debe combatir la decoherencia, el ruido que degrada las propiedades cuánticas de todo sistema.



84

CURIOSIDADES DE LA FÍSICA

Dammi y las fuerzas ficticias, por Norbert Treitz



88

JUEGOS MATEMÁTICOS

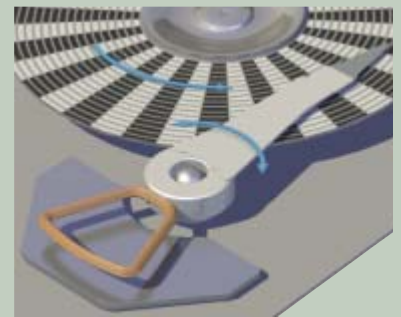
Medir la desigualdad, por Juan M.R. Parrondo



90

IDEAS APLICADAS

Motores minúsculos, por Mark Fischetti



92

LIBROS

Ciencia antigua
Edad de oro.



INVESTIGACION CIENCIA

DIRECTOR GENERAL José M.^a Valderas Gallardo
DIRECTORA FINANCIERA Pilar Bronchal Garfella
EDICIONES Juan Pedro Campos Gómez
Laia Torres Casas

PRODUCCIÓN M.^a Cruz Iglesias Capón
Albert Marín Garau
SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez
ADMINISTRACIÓN Victoria Andrés Laiglesia
SUSCRIPCIONES Concepción Orenes Delgado
Olga Blanco Romero

EDITA Prensa Científica, S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344 Telefax 934 145 413
www.investigacionyciencia.es

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF John Rennie
EXECUTIVE EDITOR Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR Ricki L. Rusting
NEWS EDITOR Philip M. Yam
SPECIAL PROJECTS EDITOR Gary Stix
SENIOR EDITOR Michelle Press
SENIOR WRITER W. Wayt Gibbs
EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley,
Graham P. Collins, Steve Mirsky,
George Musser y Christine Soares
PRODUCTION EDITOR Richard Hunt
GENERAL MANAGER Michael Florek
VICE PRESIDENT AND MANAGING DIRECTOR, INTERNATIONAL
Dean Sanderson
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER
Gretchen G. Teichgraeber
CHAIRMAN John Sargent

DISTRIBUCION

para España:

LOGISTA, S. A.
Pol. Ind. Polvoranca
Trigo, 39, Edif. 2
28914 Leganés (Madrid)
Teléfono 914 819 800

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona

PUBLICIDAD

Madrid:

MOSAICO COMUNICACION, S. L.
Santiago Villanueva Navarro
Tel. y fax 918 151 624
Móvil 661 472 250
mosaicocomunicacion@yahoo.es

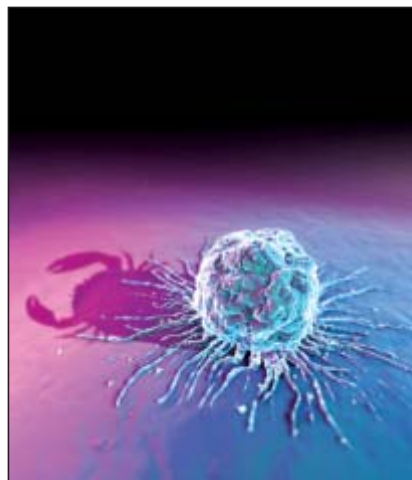
Cataluña:

QUERALTO COMUNICACION
Julián Queraltó
Sant Antoni M.^a Claret, 281 4.º 3.^a
08041 Barcelona
Tel. y fax 933 524 532
Móvil 629 555 703

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Luis Bou: *Toma de decisiones en enjambres, Superlentes y supermateriales*;
M.^a Rosa Zapatero: *Los 10 descubrimientos principales del Hubble*; José Manuel
González Mañas: *Células madre, ¿culpables del cáncer?*; Joandomènec Ros:
¿Qué ven las aves?; Marián Beltrán: *Realidad y ficción de la ciencia forense,*
Desarrollo sostenible; J. Vilardell: *Hace... Apuntes e Ideas aplicadas*; M.^a Rosa
Vallès: *Ciencia y gastronomía*; Jürgen Goicoechea: *Curiosidades de la física*



Portada: Jeff-Johnson,
Hybrid Medical Animation

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344
Fax 934 145 413

Precios de suscripción:

	Un año	Dos años
España	65,00 euro	120,00 euro
Resto del mundo	90,00 euro	170,00 euro

Ejemplares sueltos:

El precio de los ejemplares atrasados
es el mismo que el de los actuales.

Difusión
controlada

Copyright © 2006 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2006 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a 08021 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista. El nombre y la marca comercial SCIENTIFIC AMERICAN, así como el logotipo correspondiente, son propiedad exclusiva de Scientific American, Inc., con cuya licencia se utilizan aquí.

ISSN 0210136X Dep. legal: B. 38.999 - 76

Imprime Rotocayfo-Quebecor, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

...cincuenta años

EL UNIVERSO EN EVOLUCIÓN. «Hemos repasado las preguntas que dominaron la mente de los cosmólogos durante la primera mitad de este siglo: la concepción de un continuo espacio-tiempo tetradimensional, de un espacio curvo, de un universo en expansión y de un cosmos que es finito o infinito. Debemos considerar ahora el tema candente de la cosmología: ¿Está el universo en evolución o bien se halla en un estado estacionario de equilibrio que ha existido desde siempre y que seguirá así por toda la eternidad? La mayoría de los cosmólogos comparten la opinión evolucionista. —George Gamow»

EL UNIVERSO ESTACIONARIO. «La teoría de un universo estacionario desemboca en no pocas conclusiones asombrosas: que el universo no tuvo principio ni tendrá fin, que el espacio y también el tiempo son infinitos y que en todo el espacio se crea materia continuamente, por citar sólo algunas. Siendo como es la naturaleza humana, nos hemos mostrado propensos a adoptar actitudes emocionales en torno a estos conceptos, en vez de limitar la discusión a criterios puramente científicos. Si a este respecto el autor, y sus críticos, ha traspasado los límites, promete compensarlo en parte en este artículo. La teoría estacionaria sostiene que las características a gran escala del universo no varían con el tiempo. Solo varían las galaxias y las agrupaciones de galaxias. —Fred Hoyle»

...cien años

SCOTT DE LA ANTÁRTIDA. «Gran Bretaña puede sentirse satisfecha con la información recogida en la Antártida por el capitán Robert F. Scott y sus intrépidos compañeros. ¿Y que halló el capitán Scott tras su memorable pugna con el glaciar al atravesar las montañas? Una enorme meseta a una altitud de unos 2800 metros, casi llana, lisa y sin relieves, por la que se adentró más de 300 kilómetros, sin que al final de ese recorrido se viesen indicios de que el paisaje empezara a variar.»

INGENIO CONTRABANDISTA. «El alcohol es, sin duda, el artículo que más se contrabandea en los accesos a París. Un solo hombre puede transportar gran cantidad de alcohol, en un sentido en buena medida distinto del que

se aplica a los borrachos. Un caballero elegantemente trajeado puede portar, bajo un chaleco y una camisa blanca impecables, un peto rebosante de alcohol. Cierto que su aspecto es algo voluminoso, pero luego probablemente apuntará las molestias al debe de la buena vida. He conocido incluso un sombrero de copa inmaculado que encerraba un licor fuertemente gravado. —Por un funcionario de la Aduana de París»

...ciento cincuenta años

ANTES DE EL ORIGEN. «Lorenz Oken y el autor de “Vestigios de la Creación” han acometido la demostración de que las distintas razas animales que hoy existen corresponden a productos de la evolución, no a creaciones independientes, y que la vida en nuestro planeta, a través de incontables edades, fue mejorando gradualmente —evolució— hasta sus diversificadas y amplísimas perfecciones actuales. Hugh Miller refutó por completo esta teoría, por cuanto se refiere a que *toda* la vida comenzó en un *punto*, a partir del cual se desarrolló hacia arriba. Con todo, admite, en “Las huellas del Creador”, que las creaciones sucesivas de las razas muestran evoluciones, y lo mismo hace Louis Agassiz, con lo que ambos dan la razón, al menos a medias, a quienes creen en la evolución gradual de la vida desde un corpúsculo hasta el hombre.»

ESPEJISMO DE GUANO. «Se anunció hace algún tiempo el descubrimiento en el océano Pacífico de una isla de guano, no registrada en mapa alguno, por parte de uno de nuestros barcos mercantes. Se ordenó a la balandra de la Armada *Independence* que hiciera un ojeo en esas islas. El capitán Mervin informa: “Un intenso interés pareció impregnar todas las mentes, de proa a popa, conforme el buque se acercaba al prometido Eldorado de los intereses mercantiles y agrícolas de nuestro país. Pero la ilusión fue del todo pasajera; una vista cercana reveló a nuestros asombrados ojos un conjunto de islas cubiertas de un verde manto de vegetación exuberante, indicadora ciertamente de la fortaleza del suelo y lo copioso de las lluvias habitual en esa latitud, así como de la falta de valor comercial de los sedimentos”.»



Contrabandista adinerado con alcohol oculto en la chistera, 1906

SALUD

¿Empeora el dolor artrítico con el tiempo húmedo?

Pese a la tan generalizada creencia en que la humedad contribuye a los dolores articulares, decenios de investigaciones médicas no ponen de manifiesto relación objetiva alguna entre la severidad de la artritis y el tiempo atmosférico. La condensación, las disminuciones de la presión barométrica y una alta humedad son las características meteorológicas que, según algunos, contribuyen a los brotes de dolor artrítico, pero cambios ambientales similares que se experimentan en otras situaciones no parecen afectar de modo alguno a los artríticos. No experimentan cambios drásticos en los síntomas al bañarse o al nadar. Toleran cambios de presión mucho mayores durante un viaje en avión que los que puedan encontrar durante una tormenta. Y los pacientes hospitalizados que respiran aire humidificado sufren escasos efectos que se sepa. Con todo, ninguno

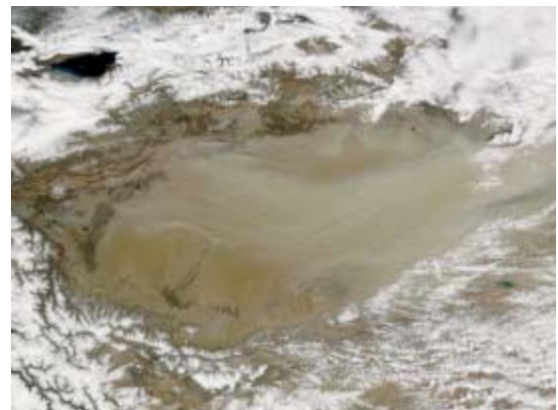
de los estudios efectuados hasta la fecha sobre la relación entre el tiempo atmosférico y el dolor artrítico es perfecto; la investigación ni ha descartado del todo esa conexión ni la ha ratificado. Para probar un vínculo causal hacen falta observaciones imparciales en las que ni los pacientes ni los médicos supieran si se estaba produciendo la exposición investigada. Unos y otros tendrían que desconocer el tiempo que hiciese, algo muy difícil. Sugieren algunos estudios que las personas observan patrones incluso donde no existe ninguno. Por casualidad, a algún día lluvioso le siguen dolores, afianzando la creencia en la relación. Tales creencias revelan más sobre la mente que sobre el cuerpo.

—Donald A. Redelmeir,
Universidad de Toronto

GEOLOGIA

Del Mediterráneo al Tíbet

El desierto de Taklimakan, o Taklamakan, se encuentra en el centro de Asia, entre dos ramas de la Ruta de la Seda. Ocupa más 300.000 de kilómetros cuadrados de la cuenca endorreica —es decir, que no desagua las agua que recoge— de Tarim, en el extremo noroccidental de China. En un 85 por ciento está formado por dunas móviles; es el segundo desierto más grande del mundo de ese tipo. No hay acuerdo unánime acerca de su antigüedad. Las opiniones van desde los que le atribuyen tres millones y medio de años hasta los que le conceden sólo unos cientos de miles. Dos geólogos chinos sostienen ahora en *Science* que hace 5.300.000 años la cuenca de Tarim ya estaba cubierta por las dunas. Proponen, además, una explicación de la formación del desierto que vale como buen ejemplo de encadenamiento de fenómenos geofísicos a escala continental. Entre hace 5.600.000 y 5.300.000 años el Mediterráneo quedó aislado y la salinidad mundial de los mares se redujo en un seis por ciento. Este episodio debió de facilitar la formación de hielos a latitudes elevadas. El consiguiente enfriamiento en esas regiones boreales debió de intensificar el anticiclón siberiano, con el consiguiente efecto en el clima de China y Mongolia. Por otra parte, de sus propias investigaciones deducen que la meseta del Tíbet, al sur del desierto, no se elevó de golpe a lo largo de toda su extensión. Aunque su región central ya estaba a 4 kilómetros de altura hace decenas de millones de años, la parte septentrional todavía pudo elevarse hace 5.300.000 millones de años, y así habría alterado la circulación atmosférica en esas zonas del continente.



El desierto de Taklimakan, en China, fotografiado por el satélite Aqua el día 26 de marzo 2004, durante una tormenta de arena.

MEDICINA

Medicaciones fatales

Un informe, titulado “Errar es humano”, hacía saber en 1999 que cada año morían en Estados Unidos casi cien mil personas por culpa de los errores médicos. Conmocionó, pero no parece que se extrajera lección alguna. El Instituto de Medicina, de la Real Academia de Ciencias de Estados Unidos, acaba de publicar un nuevo informe, “Prevenir los errores de medicación”, que cita el número de “sucesos adversos con medicamentos” evitables que al año se producen allí: 380.000 o 450.000 en los hospitales, 800.000 en las unidades de cuidados de larga duración, 530.000 entre los jubilados no hospitalizados. Para el

informe, los números se quedan cortos. El comité redactor concluye que hay al menos millón y medio de esos incidentes al año, pero se inclina a creer que la cifra real es mucho mayor. Un hospitalizado ha de esperar que sufrirá al menos un error de medicación al día. Propone el informe algunas medidas para rebajar el número de incidentes: que los médicos se asesoren con medios informáticos en el momento de prescribir una medicación, que escriban las prescripciones también electrónicamente, un mejor etiquetado de los fármacos y, sobre todo, que se involucre a los pacientes en su propio tratamiento.

ELECTRICIDAD

¿Cómo se cargan y se descargan las baterías?

Las baterías constan de una o varias pilas electroquímicas, compuestas de dos electrodos separados por una cierta distancia. Llena ese espacio un electrolito, es decir, un líquido o sólido que contiene partículas dotadas de carga, o iones. Uno de los electrodos —el ánodo— emite electrones. El otro —el cátodo— los recibe. Las diferencias químicas entre ambos electrodos crean un salto de energía, o diferencia de potencial, que impulsa a los electrones a moverse desde el ánodo hacia el cátodo a través del electrolito. En el caso particular de los acumuladores de plomo se emplea un cátodo de óxido de plomo, un ánodo de plomo y un electrolito líquido de ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico proporciona un medio que altera los enlaces químicos del plomo y el óxido de plomo, de manera que tienen lugar a la vez reacciones de oxidación y de reducción. En la reducción, el ácido arranca el oxígeno del cátodo de óxido de plomo y lo sustituye por sulfato. El



ión óxido se combina entonces con hidrógeno (procedente del ácido) y forma agua. En la oxidación, el ácido sulfúrico expulsa dos electrones del plomo y se liga a éste, formando sulfato de plomo. Si la batería está unida a un dispositivo que deba alimentar, los electrones reemplazados por el sulfato salen de la pila para entrar en el dispositivo; así se crea una corriente eléctrica. El proceso se detendrá cuando uno de los electrodos, o los dos, agoten los compuestos que desencadenan las reacciones de oxidación/reducción. En una batería no recargable, la reacción química que crea la energía no es fácilmente reversible; cuando se agotan los reactivos, la pila se inutiliza. En las baterías recargables, así las de ácido y plomo recién descritas, la reacción es reversible: una fuente externa de corriente continua obliga a los electrones a fluir desde el cátodo hacia el ánodo hasta que la pila se recarga.

—Kenneth Buckle, Centro de Estudios sobre Fabricación Integrada, Instituto de Tecnología de Rochester

FISICA CUANTICA

A 144 kilómetros de distancia

Según la física clásica, todas las variables que describen un sistema físico toman a la vez valores determinados. Esta propiedad parece tan consustancial a la realidad, que la única razón de que se repare en ella es que no sea cierta a escala atómica. Según la mecánica cuántica, sólo algunas de esas variables podrán tener a la vez un valor determinado; las otras sufrirán una inevitable dispersión estadística. Más aún: si un sistema que consta de al menos dos partes tiene un valor determinado de cierta variable, lo que impondrá una correlación estricta entre los valores de esa variable para cada parte, las mediciones de variables que no puedan tomar un valor fijo al mismo tiempo que aquella pero aplicadas a cada componente arrojarán resultados entre los que habrá, pese a su aleatoriedad, cierta correlación aun cuando ambas partes se hayan separado hasta el punto de que ya no pueda haber conexión causal entre ellas. Y esa correlación será tal, que no podrán explicarla variables clásicas que hubiera ocultas y se hubiesen

correlacionado cuando ambos sistemas estaban juntos. Este fenómeno, el “entrelazamiento” cuántico, se da sea cual sea la separación de los sistemas. En principio, podrían mediar vacíos intergalácticos entre ellos. O al menos eso dice la teoría. Con las fibras y detectores actuales no parece que pueda conservarse el entrelazamiento en distancias de más de cien kilómetros. Mediante la propagación de fotones por el aire libre se puede, sin embargo, superar ese límite, pero hasta ahora la máxima distancia en que se había verificado el entrelazamiento por esa vía era de 13 kilómetros. Ahora, el equipo de Anton Zeilinger ha llegado a los 144 kilómetros: lo han logrado gracias a una fuente de gran calidad de pares de fotones con polarización entrelazada, instalada en el observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, desde donde se emitió un fotón de cada pareja hasta el telescopio Estación Óptica Terrestre, de la Agencia Espacial Europea, situado en el observatorio del Teide.

OPTICA

Censura videofotográfica

Los sensores, o dispositivos acoplados a la carga, de las cámaras digitales, fotográficas o de video, son retrorreflectores: devuelven la luz que les llega directamente a su punto de partida, en vez de dispersarla. Un grupo del Instituto Tecnológico de Georgia (Estados Unidos) ha elaborado un prototipo que rastrea una zona con haces de luz visible —más adelante podría ser infrarroja—. Dos cámaras captan sus reflejos; cuando reciben alguno que se parece a un sensor digital se interpreta que se ha encontrado una cámara intrusa. El sistema dispara entonces un haz intenso hacia ésta, para cegarla. Uno de los principales usos de este invento consistiría en impedir la grabación pirata de películas mediante cámaras de vídeo introducidas en los cines. Podría emplearse también en salas iluminadas, para inutilizar cámaras compactas de fotos con las que se pudiera hacer espionaje industrial: sus sensores se hallan más cerca de la lente que en las cámaras de vídeo, con lo que es más fácil detectarlos que los de éstas cuando no hay oscuridad. Este método, en cambio, no sería aplicable a las cámaras de película o a las réflex digitales, cuyos sensores quedan ocultos por el espejo móvil del visor, salvo en el momento mismo del disparo.

—Charles Q. Choi

La hoja informativa del Instituto de Georgia da una idea del mérito de un sistema para cegar cámaras allí inventado: serviría para impedir que en un centro comercial el público tomase fotos de los niños con Papá Noel; así, tendrían que comprar fotos de pago.



Toma de decisiones en enjambres

Cuando 10.000 abejas buscan una nueva morada, ¿cómo resuelven, en una decisión colectiva, dónde instalarse?

Thomas D. Seeley, P. Kirk Visscher y Kevin M. Passino

El problema de la decisión colectiva ha tenido en jaque durante siglos a sociólogos y politólogos. En los grupos, el dilema fundamental para la toma de decisiones estriba en traducir a una sola las varias preferencias que los individuos puedan tener sobre los posibles resultados y en que tal decisión sea aceptada por el grupo entero. Este problema se ha estudiado, sobre todo, en lo concerniente a los grupos humanos, que han desarrollado un abanico de procedimientos de votación para singularizar una sola opción de entre una lista de elecciones posibles: las reglas de mayoría absoluta o de mayoría simple, sistemas de votación ponderada, etcétera. Menos se ha estudiado la decisión social en grupos animales, a pesar de la abundancia de ejemplos: una horda de babuinos decide hacia donde dirigirse después de un período de descanso; una colonia de hormigas decide si ataca o no a otra colonia vecina.

La elección del lugar de anidamiento por un enjambre de 10.000 abejas ofrece un llamativo ejemplo de toma de decisiones en un grupo animal. Este proceso entraña la intervención de varios centenares de abejas del enjambre: colaboran para hallar una docena o más de cavidades adecuadas en los árboles; luego seleccionan la mejor opción para instalar su nueva morada. Los autores vienen investigando este proceso desde hace diez años, valiéndose para ello de una gavilla de estudios de observación, experimentación y modelización matemática. Tales trabajos han revelado que el enjambre cuenta con mecanismos conductuales que producen de forma sistemática decisiones colectivas excelentes. Inteligencia grupal, que constituye un producto del desacuerdo y la competición —no del consenso y la componenda— entre varios grupos de abejas que presentan posibilidades distintas ante el problema en cuestión. La evolución ha suministrado una solución harto curiosa al problema de lograr que un grupo opere como unidad eficaz de toma de decisiones.

Trabajos precursores

Los apicultores saben desde hace siglos que, en las postrimerías de la primavera o comienzos del verano, las colonias de abejas se escinden por *enjambro*. En este proceso, la reina y alrededor de la mitad de las obreras abandonan la colmena para fundar una nueva colonia; entre tanto, la reina hija y el resto de las obreras permanecen donde están para perpetuar la antigua colonia. Se sabía también que una vez que un enjambre abandona su colmena materna, las abejas se apiñan formando una especie de barba en una rama de algún árbol cercano, inspeccionan los alrededores en busca de nueva vivienda y, por fin, acaban alzando el vuelo y trasladándose todas juntas hasta su nueva morada, que suele ser un árbol hueco distante.

Desde hace mucho, los colmeneros han capturado a los enjambres que han descubierto vivaqueando y los han instalado en colmenas de factura humana, cortando de raíz la búsqueda de alojamiento emprendida por las abejas. Por ello, no resulta sorprendente que este proceso de toma de decisiones haya permanecido oculto durante largo tiempo.

La situación empezó a cambiar en los años cincuenta del siglo pasado cuando Martin Lindauer, zoólogo alemán, publicó un artículo seminal sobre la búsqueda de vivienda por las abejas melíferas. Lindauer completaba entonces su formación posdoctoral en la Universidad de Múnich con el etólogo Karl von Frisch, quien poco antes había descodificado la *danza del vientre* (“waggle dance”) de las abejas (movimiento oscilante del abdomen).

Mediante este comportamiento comunicador, las merodeadoras más afortunadas informan a sus compañeras de la colmena de la ubicación de ricas fuentes de alimento. La abeja danzarina avanza volando y efectúa una *pasada de contoneo* (“waggle run”), haciendo vibrar su abdomen hacia los lados; después describe un círculo de regreso a su punto de partida. En eso consiste un circuito de danza. Una danza consta de varios circuitos. Von Frisch des-



1. UN ENJAMBRE DE UNAS 10.000 OBRERAS Y UNA REINA vivaquea en la rama de un árbol. La tarea de buscar un nuevo asentamiento donde anidar se delega en unos pocos cientos de abejas; durante el proceso, el resto permanece quiescente para conservar energía. La forma en que las exploradoras seleccionan los posibles alojamientos, deliberan sobre las opciones candidatas y alcanzan un veredicto constituye un proceso cuya complejidad rivaliza con la de las deliberaciones de una comisión decisoria humana. Una vez las exploradoras han elegido su nuevo hogar, estimulan al enjambre para que levante el vuelo; después lo guían hasta el nuevo domicilio.



2. LAS ABEJAS MUESTRAN CIERTAS PREFERENCIAS “INMOBILIARIAS”. Se inclinan por cavidades situadas a una altura considerable sobre el suelo, con una capacidad de unos 20 litros cuando menos, a las que se acceda por un agujero situado en la base de la cavidad, cuya sección no pase de 30 centímetros cuadrados y esté orientado hacia el sur. En este árbol (*izquierda*), la entrada corresponde al agujero de un nudo, en la bifurcación izquierda del tronco. Al talar el árbol, el nido de su interior quedó a la vista (*derecha*).

cubrió que la longitud de la pasada de contoneo representaba la distancia hasta la fuente de alimento; el ángulo de la danza denotaba la dirección en que se encontraba el alimento.

Lindauer era un observador atento y perspicaz. En cierta ocasión en que estudiaba un enjambre que se había establecido en el jardín del Instituto Zoológico, observó que unas abejas de la superficie del enjambre estaban ejecutando danzas ventrales. A diferencia de las del interior de una colmena, estas danzarinas, que permanecían sobre el enjambre, no portaban cargas de néctar ni de polen. No parecían, pues, abejas forrajeras que estuvieran dando a conocer provechosas fuentes de alimento. ¿Podría tratarse de exploradoras, que estuviesen informando de posibles asentamientos nuevos? Había descubierto una danza ventral de finalidad desconocida hasta entonces.

Lindauer dilucidó esta cuestión a partir de la observación paciente de todas las danzarinas de varios enjam-

bres, una tarea maratónica que le obligó a muchos días de vigilancia constante y de frenética toma de notas. Cada vez que veía a una nueva abeja danzante, Lindauer anotaba la ubicación que codificaba en su danza y marcaba a la abeja con una mancha de pintura, para no registrar más de una vez la información contenida en su danza.

Este concienzudo trabajo fructificó en varios hallazgos notables. Así, durante el proceso de toma de decisiones, sólo unos centenares de entre los miles de abejas del enjambre se mostraban activas: volaban hacia y desde el enjambre, en busca de sitios donde anidar; después danzaban. La mayoría de las abejas permanecía inmóvil —con toda probabilidad, para conservar la provisión de energía del enjambre— hasta que se tomaba una decisión y llegaba la hora de volar hasta el emplazamiento elegido.

Descubrió también que, al principio, las danzas de las abejas señalaban distintos lugares en torno al

enjambre; al ir pasando las horas, el número de asentamientos publicitados se iba reduciendo, hasta que por fin quedaba sólo uno, que era vigorosamente anunciado por docenas de abejas danzantes. Al poco de que las danzas se refirieran a un solo sitio, el enjambre completo despegaba súbitamente y volaba hacia el lugar acordado. A veces, el investigador lograba correr campo a través bajo el enjambre durante todo su vuelo y conocer así su destino exacto, que solía ser la oquedad de un árbol o de un edificio, siempre en el lugar indicado en las últimas danzas. No cabía duda: las abejas danzarinas informaban de lugares de anidamiento. De hecho, parecía como si éstas celebraran una especie de plebiscito sobre el futuro hogar del enjambre, aunque se desconocía la forma en que llevaban a cabo sus deliberaciones.

Un segundo análisis

A mediados de los años noventa, nos propusimos ahondar en esta apasionante muestra de democracia animal. En el intervalo transcurrido desde el trabajo de Lindauer, varios expertos habían estudiado las preferencias “inmobiliarias” de las abejas melíferas. Descubrieron que, para una colonia de abejas, una morada de primera clase debe disponer de una cavidad con una capacidad de más de 20 litros y un orificio de acceso de menos de 30 centímetros cuadrados, situado a varios metros de altura sobre el suelo, que mire al sur y se encuentre a ras del suelo de la cavidad. Pero nadie había determinado la forma en que las abejas exploradoras de un enjambre materializan estas “preferencias inmobiliarias” durante la elección colectiva de nueva residencia.

Lo primero que hicimos fue repetir las observaciones de Lindauer sobre las danzas de las exploradoras. Esta vez, sin embargo, usaríamos modernos equipos de vídeo para lograr una imagen más completa de la posible hace 50 años. Trabajamos con enjambres pequeños, de unos 4000 individuos. Marcamos las abejas una por una, para facilitar su identificación; así podríamos atribuir cada danza a un sujeto y, por tanto, cerciorarnos de su contribución a que el enjambre tomase una decisión determinada.