

INVESTIGACION *y* CIENCIA

JUNIO 2002
5 EURO

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

La proteómica en el horizonte

De los núcleos
atómicos
a las proteínas

Halitosis

Física de los modos
discretos



SECCIONES

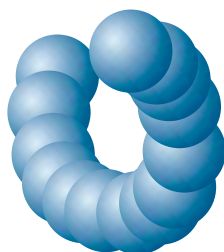
3
HACE...
50, 100 y 150 años.

4
APUNTES

34
PERFILES
Mildred S. Dresselhaus:
aspiraciones científicas
y sociales.



36
CIENCIA Y SOCIEDAD
Paleomadrigueras,
cambio climático
en el Atacama...
Química macromolecular...
ADN dañado...
El sorgo y sus virus...
Música, sustrato biológico...



44
DE CERCA
Bajo las piedras

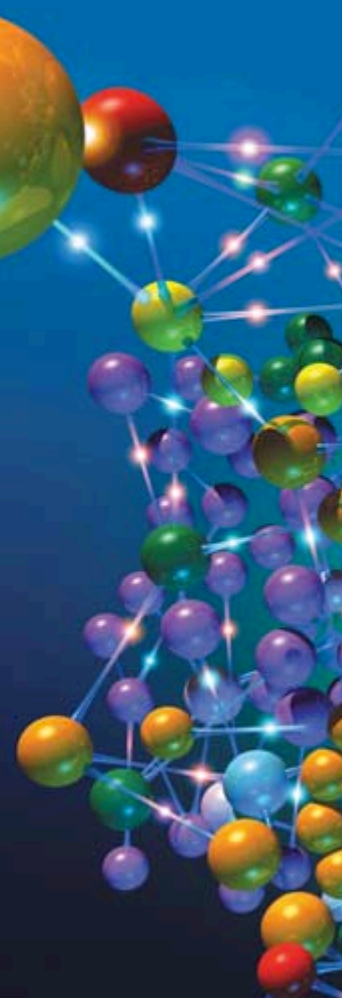


46

La proteómica en el horizonte

Carol Ezzell

Avanzado ya el estado de desarrollo de la genómica, la ciencia se apresta a catalogar las proteínas de nuestro organismo y a descubrir su mutua interrelación. El progreso de la proteómica habrá de contribuir a la aparición de fármacos nuevos más eficaces.



6



La halitosis

Mel Rosenberg

La gente se gasta miles de millones de euros cada año en combatir esta afección tan corriente. Están ya a nuestro alcance nuevos enfoques diagnósticos y posibles soluciones.

Una nueva forma de visión: la realidad complementada

Steven K. Feiner

Unos sistemas informáticos integrados en la indumentaria completarán nuestra visión de lo que nos rodea.



24



Ondas en el espacio-tiempo

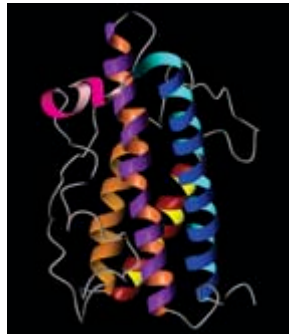
W. Wayt Gibbs

EL LIGO, un polémico detector de ondas de gravedad, está casi a punto después de ocho años de trabajo y 400 millones de euros gastados.

54 De los núcleos atómicos a las proteínas

Ricardo A. Broglia

Un modelo basado en las interacciones entre los nucleones permite acotar las fases a través de las cuales una cadena lineal de aminoácidos se va plegando hasta adoptar la estructura tridimensional característica de las proteínas.



62



Parasitismo y evolución

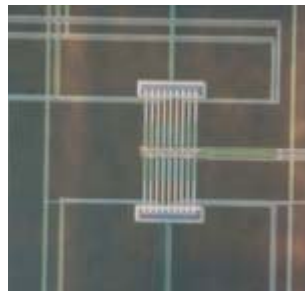
Laurence D. Hurst y James P. Randerson

Un parásito que controla las vidas sexuales de los insectos que infecta quizá contribuya también a originar nuevas especies.

68 Física de los modos discretos

Luis M. Floría, José Luis Marín y Juan José Mazo

Se han detectado en ciertas redes superconductoras los modos discretos, unas soluciones dinámicas donde la energía permanece confinada. Se trata de la confirmación experimental de una teoría no lineal.



76



¿Obra de arte auténtica o genial falsificación?

Heike Bronk e Irmgard Misch

Para los propios historiadores del arte expertos en el análisis estilístico resulta difícil determinar si un preciado esmalte pintado data realmente del Renacimiento o se realizó en un taller del siglo XIX. El análisis de su composición química aporta información adicional más objetiva.

SECCIONES

82

CURIOSIDADES DE LA FÍSICA

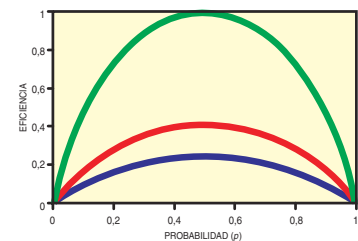
Cuándo se hielan los lagos, por J.-M. Courty y E. Kierlik



84

JUEGOS MATEMÁTICOS

Juegos equitativos con dados y monedas trucadas, por Juan M. R. Parrondo



86

IDEAS APLICADAS

Análisis de laboratorio por Mark Fischetti

88

NEXOS

Sin combustible por James Burke

90

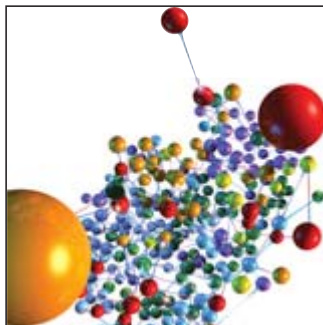
LIBROS

Renacimiento científico...
Vademécum ambiental...
Biología de la conservación...
El Sol en nuestra vida.

96

AVENTURAS PROBLEMÁTICAS

Un cuento de hadas, por Dennis E. Shasha



Portada: Slim Films

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
4	BSIPS/SERCOMI <i>Photo Researchers, Inc.</i> (arriba); JPL/NASA (arriba)
5	Scott Camazine y Sharon Billota-Best <i>Photo Researchers, Inc.</i> (arriba); Matt Collins, cortesía de Malin Space Science Systems y Devon M. Burr et al. en <i>Geophysical Research Letters</i> , vol. 29, n.º 1, 15 de enero de 2002
7-10	Joseph Daniel Fiedler
11	Rellu Samuel, Univ. de Tel Aviv (arriba); Nina Finkel (abajo)
12	Joseph Daniel Fiedler
14-15	Pat Rawlings/Saic
17-18	Bryan Christie Design, basado en un prototipo de Mixed Reality Systems Laboratory, Inc.
20	Tobias Hollerer, Steven K. Feiner y John Pavlik (fotografías de la izquierda); Jannick Rolland (derecha)
24	Werner Bengert AEI/ZIB (visualización); Numerical Relativity Group at AEI (simulación); LBNL/NERSC (centro de cálculo); Max Plank Society, EU Astrophysics Network Project, Dpto. de Energía de Estados Unidos (patrocinador)
27	Max Aguilera-Hellweg
28-29	Bryan Christie Design
31-33	Max Aguilera-Hellweg
46-47	Slim Films
49	Slim Films; cortesía de Duncan McRee <i>Syrrx</i> (proteína)
51	MDS Proteomics
53	Kay Chernush
55	F. X. Avilés, Instituto de Biotecnología y de Biomedicina, Univ. Autónoma de Barcelona
56-60	Ricardo A. Broglia/Le Scienze
62	Francis M. Jiggins
64-65	Thierry Rigaud et al. (izquierda); John H. Werren (derecha)
66	Nina Finkel
67	Merijn Salverda y Richard Stouthamer (arriba); Claudio Bandi y Luciano Sacchi (abajo)
68-75	Luis M. Floría, José Luis Marín y Juan J. Mazo
77-79	Herzog Anton Ulrich Museum
80	Victoria and Albert Museum, Londres; Erika Speel (fotografía)
81	Herzog Anton Ulrich Museum
82-83	Bruno Vacaro
86-87	Bryan Christie Design
88	Vlad Guzner
96	Sara Chen

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Esteban Santiago: *La halitosis*; Luis Bou: *Una nueva forma de visión: la realidad complementada, Aventuras problemáticas y Apuntes*; M.ª Rosa Zapatero: *Ondas en el espacio-tiempo*; José M.ª Valderas Martínez: *De los núcleos atómicos a las proteínas y Nexos*; Santiago Mas Coma: *Parasitismo y evolución*; Carmina Fuster: *¿Obra de arte auténtica o genial falsificación?*; Angel Garcimartín: *Perfiles*; J. Vilardell: *Hace..., Curiosidades de la física e Ideas aplicadas*

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL José M.ª Valderas Gallardo

DIRECTORA FINANCIERA Pilar Bronchal Garfella

EDICIONES Juan Pedro Campos Gómez

PRODUCCIÓN M.ª Cruz Iglesias Capón

Bernat Peso Infante

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 93 414 33 44 Telefax 93 414 54 13

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF John Rennie

EXECUTIVE EDITOR Mariette DiChristina

MANAGING EDITOR Michelle Press

ASSISTANT MANAGING EDITOR Ricki L. Rusting

NEWS EDITOR Philip M. Yam

SPECIAL PROJECTS EDITOR Gary Stix

SENIOR WRITER W. Wayt Gibbs

EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, Carol Ezzell,

Steve Mirsky y George Musser

PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

VICE PRESIDENT AND MANAGING DIRECTOR, INTERNATIONAL Charles McCullagh

PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER Gretchen G. Teichgraber

CHAIRMAN Rolf Grisebach

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	55,00 euro	100,00 euro

Extranjero	80,00 euro	150,00 euro
------------	------------	-------------

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 5,00 euro

Extraordinario: 6,00 euro

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

DISTRIBUCION

para España:

LOGISTA, S. A.

Aragoneses, 18 (Pol. Ind. Alcobendas)

28108 Alcobendas (Madrid)

Tel. 914 843 900

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª – 08021 Barcelona

Teléfono 934 143 344

PUBLICIDAD

GM Publicidad

Francisca Martínez Soriano

Menorca, 8, semisótano, centro, izquierda.

28009 Madrid

Tel. 914 097 045 – Fax 914 097 046

Cataluña y Baleares:

Sergio Munill

Valencia, 58 entlo. 2.ª

08015 Barcelona

Tel. y fax (34) 932 263 624



Copyright © 2002 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2002 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

Filmación y fotocopros reproducidos por Dos Digital, Zamora, 46-48, 6ª planta, 3ª puerta - 08005 Barcelona

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

Printed in Spain - Impreso en España

HACE...

...cincuenta años

TRANSISTORES PARA TODOS. «El transistor de uniones ya está al alcance de todos. El mes pasado se anunciaba la llegada a los comercios de este revolucionario sustituto del tubo de vacío. El transistor se ha estudiado a fondo en los laboratorios de Bell Telephone, General Electric y Radio Corporation of America, todos los cuales le han introducido mejoras. Comienza ahora la competencia ávida por los mercados. Un distribuidor citó un precio de 30 dólares por un transistor.»

NO SE APURE. «¿Por qué un mismo tipo de cáncer se desarrolla más deprisa en unos pacientes que en otros? En el Hospital de Veteranos de Long Beach (California) un equipo de investigadores seleccionó a 25 pacientes cuyos cánceres crecían rápidamente y a 25 con cánceres más lentos. Los cincuenta fueron examinados con el Cuestionario Multifásico de la Personalidad de Minnesota, un test psicológico estándar que revela el tipo de personalidad. ‘Las averiguaciones sugieren que las personas con tumores de crecimiento rápido poseen una fuerte tendencia a ocultar sus sentimientos íntimos y son menos capaces de hacer algo por reducir las tensiones.’ Afirman estos investigadores que con medidas para aliviar la tensión psicológica se podría alargar la vida de los pacientes.»

PALUDISMO AL ESTILO ITALIANO. «Aún en 1945, había en Italia 411.600 casos de paludismo, si bien los casos de mortalidad, gracias a la atebriña, se habían reducido a 386. En los últimos tres años no se ha registrado ni una sola defunción a causa de esa enfermedad. Al fin de la guerra Alberto Missiroli, primer experto en paludismo del país, formuló un plan quinquenal para erradicarla totalmente. Los techos y las paredes interiores de todas las casas y corrales de las zonas afectadas se rociaron cada año justo an-

tes de la temporada palúdica (*véase la ilustración*). Italia es un modelo de lo que puede lograrse gracias a la nueva arma contra el paludismo de que dispone la humanidad: el DDT y otros insecticidas similares, como el hexacloruro de benceno.»

...cien años

ESPERANZAS SUMERGIDAS. «El submarino es uno de esos ingenios que han padecido el celo de sus partidarios. Ahora, los ambientes navales experimentan la primera reacción que había de seguir inevitablemente a las exageradas alabanzas y las afirmaciones que les atribuían



Campaña antipalúdica en Italia, 1952: distribución de DDT

una potencia destructiva ilimitada. Nos bastaría con el importantísimo detalle de que el submarino es ‘ciego’. En la superficie, la embarcación ve; pero sumergida, ni puede ver ni puede ser vista.»

ENVASADO DE CARNES EN CHICAGO. «La industria del sacrificio y envasado de carnes de vaca, cerdo y carnero ha alcanzado tales dimensiones en Chicago —el mayor centro mundial de esa actividad—, que se han introducido los procesos más modernos al objeto de ahorrar tiempo y mano de obra, así como para aprovechar al máximo las reses. Al año se matan 3.000.000 de cabezas de vacuno y 5.000.000 de porcino para servir a ‘la Ciudad del Envasado’. Se emplean máquinas hasta donde es posible, con el resultado de que una de las empresas más importantes trata 7000 cabezas de porcino al día, mientras que manualmente no se llegaría ni al diez por ciento de esa cifra.» [Nota de la redacción: Upton Sinclair, en su libro *La jungla*, de 1905, expuso las espantosas condiciones de esa industria.]

...ciento cincuenta años

TIERRAS VERDES. «El teniente Matthew Fountaine Maury, en un curioso memorial presentado ante el Senado y la Cámara de Representantes, expone: ‘Imaginemos un inmigrante que llegase como colono al valle del Amazonas desde el interior de Europa. En ésta, su trabajo no podía mantenerlo ni del modo más frugal era imposible que fuese cliente de Estados Unidos. Pero en su nuevo hogar, donde se dice que el trabajo de un día de cada siete basta para colmar la mesa, dispone de lo suficiente para adquirirmos los artículos que más ansie. Puede esperarse, cuando la inmigración se asiente en aquel valle, que Nueva York y Boston tendrán que abastecer a esa gente de productos del telar o del taller, desde un hacha y una azada hasta un traje de gala.’»

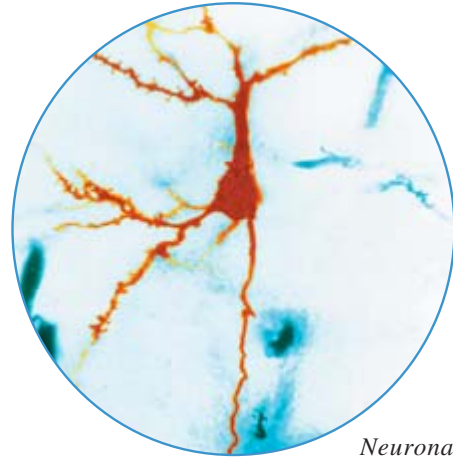
APUNTES

NEUROBIOLOGÍA

Neuronas nuevas

Se sabe desde hace años que el cerebro genera nuevas neuronas, pero no había certeza de que después actuaran debidamente. Fred H. Gage y sus colaboradores del Instituto Salk de Estudios Biológicos de La Jolla, en California, han informado de que las células nerviosas recién creadas en individuos adultos parecen desempeñar sus funciones con destreza no menor que las antiguas. Observaron en ratones que las neuronas recientes llegaban a adquirir formas similares a las que presentan las maduras. Parece que se integran en la red electrofisiológica del cerebro. La pregunta, en estos momentos, es: ¿de qué modo utiliza el cerebro esas células recién engendradas? El grupo de Gage se dedica ahora a averiguarlo. El trabajo se publicó el 28 de febrero en *Nature*.

—Alison McCook



Neurona de ratón

ASTROFÍSICA

Erupciones de rayos gamma

Un grupo de la Universidad de Leicester ha analizado la radiación residual en rayos X que siguió a una erupción de rayos gamma del 11 de diciembre de 2001. En ella ha descubierto indicios de que una explosión de supernova estuvo ligada a la erupción (*Nature* del 4 de abril de 2002). Sus resultados descartan —al menos en este caso— otras hipótesis que atribuyen esas inmensas, efímeras y remotas emisiones de energía a colisiones entre estrellas de neutrones o estrellas de neutrones y agujeros negros. Las erupciones se diferenciarían de una supernova corriente en que el derrumbe estelar que genera el estallido dejaría como resto un agujero negro. En el llamado modelo de los colapsares o hipernovas, supernova y erupción son simultáneas. En la hipótesis de las supranovas, se forma primero una estrella de neutrones inestable que, pasado un tiempo que el modelo no determina, se derrumba a su vez y crea el agujero negro; en ese segundo paso es cuando se generaría la erupción.

La observación del rescoldo empezó once horas después del brote de rayos gamma y abarcó unas siete horas. Se detectaron en el espectro líneas de emisión de elementos ligeros, pero no de hierro (al contrario que en algunas otras

erupciones). La interpretación es que las líneas procedían de un caparazón de material, expulsado por una supernova y calentado poco después por la erupción de rayos gamma, que se expandía a un décimo de la velocidad de la luz. El grupo de Leicester, con este dato y el valor que le calculan al radio del caparazón, deduce que pasaron unos cuatro días entre la supernova y la erupción, plazo que explica la ausencia de hierro. (En las capas exteriores de la supernova, las expulsadas, se genera por desintegración radiactiva del níquel y del cobalto, pero hacen falta más días para que se produzca una cantidad considerable.)

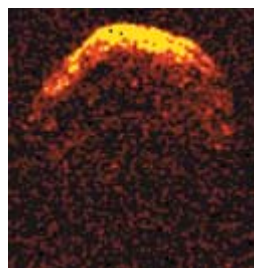
En marzo, dos nutridos grupos habían comunicado pruebas a favor del modelo de los colapsares (astro-ph/0203391 y astro-ph/0203467), obtenidas de la observación de una erupción un poco anterior a la del grupo de Leicester. Charles D. Dermer (astro-ph/0204037), sin cuestionar las observaciones, somete a duro análisis las interpretaciones ofrecidas. Dermer recuerda un ensayo de M. J. Harris acerca del riesgo de que, una vez se ha adoptado una hipótesis astrofísica (una “síntesis”, lo llamaba Harris), se criben los resultados nuevos de manera que parezca que la respaldan.

OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA

Peligro de colisión

La mala noticia es que hay una probabilidad entre trescientas de que un asteroide de un kilómetro de envergadura, el 1950 DA, se estrelle contra la Tierra; según la NASA, no hay, que se sepa, otro con un riesgo mayor de choque. La explosión, de cien mil megatones, sembraría la desolación en todo el planeta. La buena noticia es que no ocurriría sino el 16 de marzo de 2880.

Lo más probable es que el asteroide no atine con la Tierra; son veinte los minutos peligrosos, y 1950 DA se adelantará o retrasará varios días. Se desconocen muchos factores; en particular, el eje de rotación de



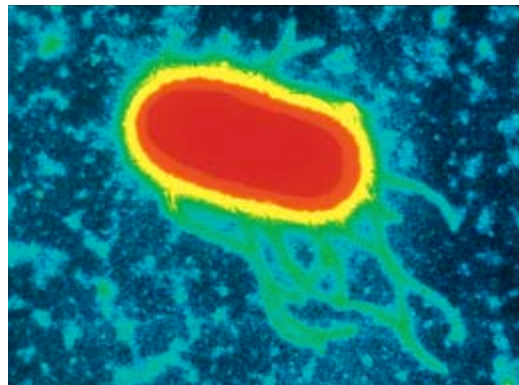
Se nos acerca: imagen por radar del asteroide 1950 DA

la roca. Su orientación determina la dirección en que la empujará la reemisión de la luz solar que vaya absorbiendo. Según Joseph N. Spitale, de la Universidad de Arizona, podríamos aprovechar este tipo de impulso —el efecto Yarkovski— para desviar de nuestra trayectoria cuerpos de esa naturaleza. Cubrir un asteroide de polvo de tiza o de carbón, pintarlo de blanco, hasta recubrirlo con mylar, alteraría sutilmente su velocidad. Un plan así, ejecutado con decenios o siglos de antelación, apartaría las rocas más amenazadoras. Para más detalles, véase el número del cinco de abril de *Science*.

MICROBIOLOGIA

Bacterias sometidas a presiones extremas

Creíase que sólo podían soportar presiones muy elevadas los contados microorganismos que se han adaptado a ellas, como los que habitan en las profundidades de las fosas oceánicas. Tenemos ahora pruebas de que las resisten incluso bacterias comunes, las que moran en el intestino humano entre ellas. Unos investigadores de la Institución Carnegie de Washington comprimieron entre caras de diamante dos especies: *E. coli*, que tapiza los intestinos, y *Shewanella oneidensis*, que digiere metales. Sufrieron presiones que multiplicaban por 16.000 la del nivel del mar. Para encontrar fuerzas así, que congelarían el agua a temperatura ambiente, hay que descender 50 kilómetros por debajo de la superficie de la Tierra. Los resultados, expuestos en el número del 22 de febrero de *Science*, refuerzan la idea de que podría haber vida en los hielos profundos de la Antártida o en Europa, Calisto y Ganímedes, lunas de Júpiter. —Charles Choi



E. coli, habitual del intestino, puede medrar en las profundidades de la Tierra

FILOSOFIA DE LA CIENCIA

La realidad

Se acepta que la física es una descripción de la realidad, verdadera en la medida en que coincide con ésta. Pero las palabras de esta frase son, antes que nada, meros signos; quien los utilice será responsable de qué haga con ellos. La palabra realidad no figura en el lenguaje de la física; pertenece al comentario. Que dista de ser clara en ese uso se comprueba en una curiosa encuesta del filósofo Robert P. Crease. Entregó a cientos de físicos una lista de términos y les preguntó si pensaban que correspondían a “cosas reales” (*Physics World*, abril 2002). La Tierra obtuvo el porcentaje más alto de síes, un 93 por ciento, como las piedras; las alucinaciones sólo un 40 por ciento (un 49 las emociones), menos que los números imaginarios (un 43 por ciento), muy superados por los reales (un 63), que sacaron casi la misma puntuación que los quarks y las ondas de luz (un 68 por

ciento, contra un 72 por ciento de las longitudes de onda y un 50 de los colores). Las últimas posiciones fueron para el sistema ptolemaico (9 por ciento, por un 43 del copernicano), el átomo de Bohr (18 por ciento) y los infinitos de orden superior (un 26 por ciento, pero con el porcentaje más alto de indecisos, un 37 por ciento). La masa sacó un 76 (por un 66 de la viscosidad), los genes un 83 y los átomos, como los electrones, un 84 (un 77 sus estados excitados). La impresión resultante es de una gran confusión conceptual, engendrada en parte por la propia encuesta. Como recuerda Crease en su artículo, el célebre físico Steven Weinberg está en guerra con “los filósofos”. Pero en esa campaña no hace física, sino filosofía (¿sin saberlo?). La filosofía quizá sea sobre todo, o debería ser, la crítica ineludible de las mismas palabras en que viene a existir.

PLANETAS

Marte hídrico

Indicios recientes respaldan la vieja teoría de que el planeta rojo alberga gran cantidad de agua. La misión *Mars Odyssey* ha detectado abundante hidrógeno en la superficie de su hemisferio sur, lo que refuerza la conjetura de que allí se encuentra una masa de hielo gigantesca. Este hallazgo se dio a conocer en una rueda de prensa celebrada en marzo. Los investigadores se proponen dedicar un par de años a recopilar más datos para mejor determinar la cantidad y ubicación exacta del hielo. También las imágenes de la Cámara Orbital Marciana han facilitado indicios de la existencia de agua. Los análisis de la Universidad de Arizona apuntan que el agua inundaba el sistema de canales Athabasca Valles hace tan sólo 10 millones de años, como se expone en el número del 15 de enero de *Geographical Research Letters*. Se trataría de la más reciente de las grandes riadas marcianas que se haya datado. De ello se infiere que pudiera existir todavía agua subterránea a gran profundidad bajo la pulverulenta corteza del planeta.

—Alison McCook

¿Una riada reciente? La región marciana de Athabasca Valles



La halitosis

El mal aliento, vieja afección, está recibiendo una atención científica renovada que ofrece maneras de diagnosticarlo y de remediarlo

Mel Rosenberg

Fíjese en lo que le pasa al doctor Juan Cepillo. Es un dentista metido hasta las cejas en su trabajo; se centra tanto en los pacientes, que con frecuencia se olvida de comer y hasta de beber. Sus dientes y encías son, por supuesto, ejemplares. Sin embargo, al Dr. Cepillo se le escapa un problema que emana de su propia boca. Sus pacientes lo saben, y lo sabe también el que le cuida la boca. Pero no se atreven a indicarle su mal aliento.

En este caso, como en muchos otros, el olor desagradable resulta de la actividad metabólica de las bacterias bucales que se alimentan con la secreción posnasal que suele acumularse en la parte posterior de la lengua del dentista. Las bacterias producen en su metabolismo una serie de productos de degradación. Gargarismos con un buen elixir dentífrico y la limpieza de la lengua aliviarían con casi toda seguridad el problema. Incluso mascar un poco de alimento ayudaría. De momento, sin embargo, los pacientes del dentista están protegidos sólo por su mascarilla quirúrgica.

Por supuesto, siempre ha habido conciencia del fenómeno del mal aliento, o halitosis (del latín *halitus*, aliento, y del griego *-osis*, condición anormal). Pero la halitosis empieza a ser ahora un problema científico fascinante, en que se funden una preocupación muy humana y un horizonte donde se cruzan diversos cam-

pos científicos, entre ellos la bacteriología, la química, la fisiología y la psicología.

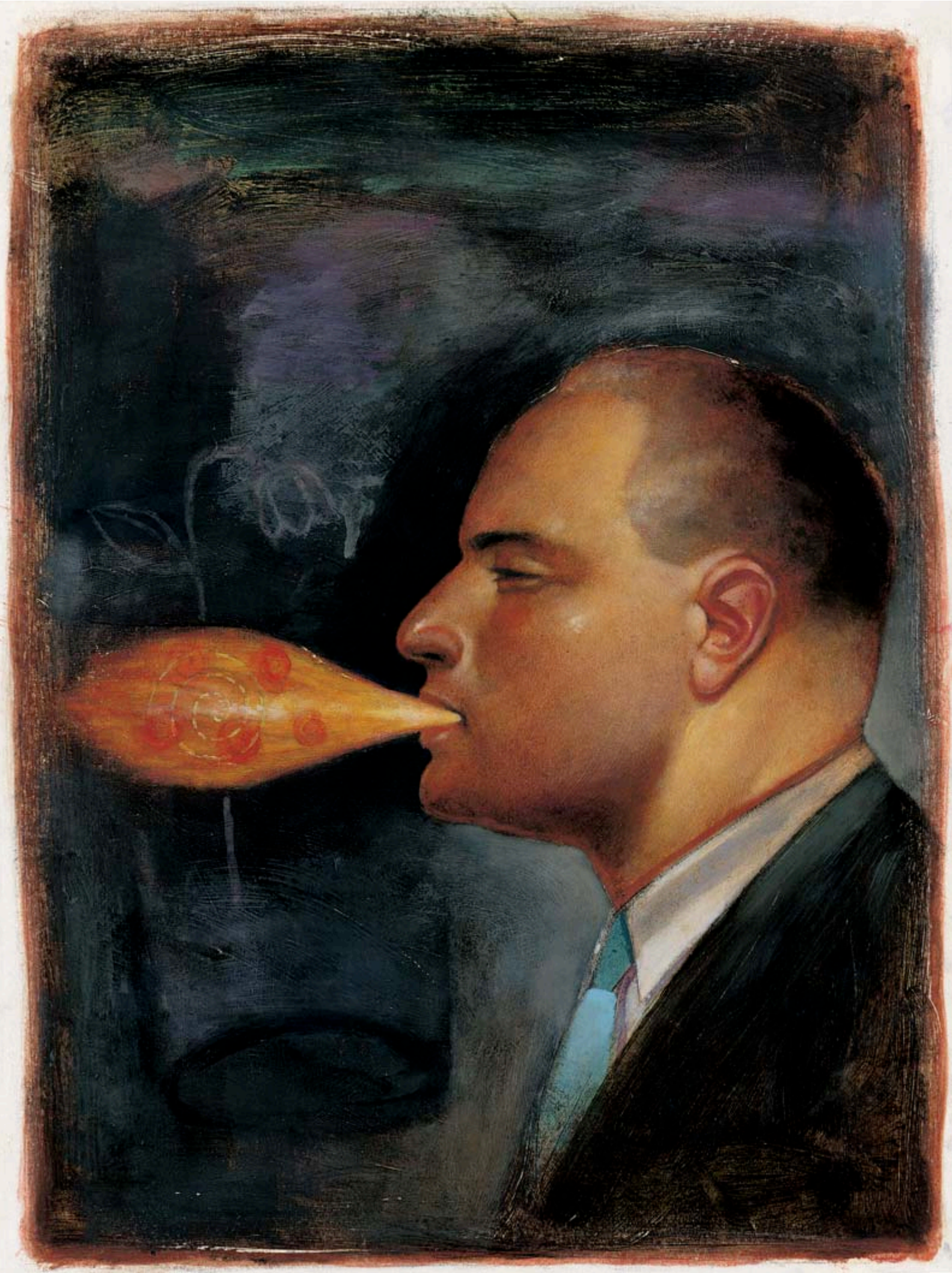
Millones de personas tienen mal aliento y, como el Dr. Cepillo, probablemente lo ignoran, lo que hace difícil generar una estadística precisa acerca de la frecuencia de la halitosis. Un estudio reciente, una encuesta entre estudiantes universitarios brasileños realizada por Paulo Nadanovsky, del Instituto de Medicina Social de Río de Janeiro, arrojó que el 31 por ciento de los preguntados tenía al menos un miembro de su familia al que le olía la boca, con consecuencias serias: el 24 por ciento señaló que le costaba encontrarse a gusto en la compañía de ese pariente y el 62 por ciento que el problema del mal aliento del familiar les afectaba en mayor o menor medida.

Mi interés por el tema comenzó hace casi 20 años, cuando mi grupo se embarcó en el desarrollo en dos fases de un elixir concebido para atrapar bacterias y detritos orales en la superficie de gotitas oleosas. En aquel momento, sólo unos cuantos investigadores, encabezados por Joseph Tonzetich, de la Universidad de la Columbia Británica, se dedicaban a estudiar la halitosis; ahora son cientos, en las universidades y en la industria. En julio del año pasado, la recién creada Sociedad Internacional para la Investigación del Mal Aliento (ISBOR) reunió unos 350 participantes en su quinto congreso internacional, celebrado en Tokio.

El crecimiento de esta ciencia refleja una preocupación pública general (en algunos casos hasta una obsesión) por el buen aliento. Según las investigaciones de mercado, los estadounidenses gastaron 2000 millones de euros en pasta de dientes, unos 780 millones en chicles para el cuidado de la boca, casi 810 millones en elixires dentífricos y otros enjuagues dentales, y cerca de 1050 millones en cepillos e hilos dentales. Aunque muchos de esos productos se destinan al mantenimiento de la salud bucal, la gente los com-

El autor

MEL ROSENBERG creció en Canadá y se trasladó a Israel en 1969. Es profesor de microbiología en la escuela de odontología Maurice y Gabriela Goldschleger, de la Universidad de Tel Aviv. En 1996, con Karl Laden y contando con respaldo universitario, fundó InnoScent, firma que desarrolla productos contra los malos olores corporales.



pra para que su aliento sea también agradable. Y los 690 millones de euros que gastan en refrescantes del aliento, además de en elixires y chicles, en pastillas de menta por ejemplo, van dirigidos precisamente a ese propósito.

La fuente del mal aliento

Las causas básicas de la mayoría de los casos de halitosis se conocen bastante bien. Según una investigación realizada por Daniel van Steenberghe, cofundador de ISBOR, y sus colaboradores de la Universidad Católica de Lovaina y por nuestro grupo de la Universidad de Tel Aviv, alrededor del 85 por ciento de los casos se origina en la boca. Como sucede con otros olores que emanan de las junglas microbianas húmedas del organismo —como las de los sobacos y los pies—, el mal aliento deriva, sobre todo, del metabolismo microbiano.

La boca es la sede de centenares de especies bacterianas con apetencias nutritivas diversas. A estos organismos minúsculos les gustan de manera especial las proteínas; los compuestos químicos resultantes de su digestión incluyen algunas sustancias fétidas. En cualquier momento las bacterias orales, por lo habitual anaeróbicas, pueden producir ácido sulfhídrico, con su olor característico a huevos podridos; metilmercaptano y escatol, también presentes en las heces; indol, que se usa en cuánta pequeña en los perfumes, pero desagradable en cantidades grandes; la cadaverina, asociada a la descomposición de cadáveres; la putrescina, que se genera en la carne corrompida; y el ácido isovaleriánico, que huele a pies sudados. No sorprende, pues, que el aliento humano pueda en ocasiones resultar tan desagradable.

Uno de los presidentes en el pasado de la ISBOR, Walter J. Loesche, de la Universidad de Michigan, descubrió hace poco que la microbiota de la lengua difiere de las especies que viven en la placa dentaria. Loesche, que recibió una ayuda económica de los Ins-

titutos Nacionales de la Salud (NIH) para estudiar la halitosis, ha descubierto especies bacterianas, no descritas hasta la fecha, que se asientan en nuestras cavidades bucales. En la actualidad se ocupa de la confección de un catálogo de la flora microbiana en personas con y sin halitosis, trabajo que espera completar este verano.

En quienes por lo demás están sanos, la parte posterior de la lengua es la fuente principal, antes que los dientes o las encías, del mal aliento. Esta región se limpia difícilmente con la saliva y contiene numerosas invaginaciones diminutas donde se esconden las bacterias, que pudren la secreción posnasal —común en una cuarta parte de las personas estudiadas que viven en medios urbanos— y otros detritos orales que pueden acumularse allí.

Son también fuentes bucales del mal aliento una higiene deficiente de la boca (sobre todo, si se permite que se acumulen partículas proteicas entre los dientes), la inflamación de las encías, un trabajo odontológico descuidado, una dentadura sucia y los abscesos. Como el flujo continuo de saliva elimina las bacterias y sus productos químicos olorosos, cualquier cosa que induzca sequedad —respirar por la boca, el ayuno, hablar largo tiempo, el estrés y centenares de medicamentos— puede exacerbar el problema. El tabaco es enemigo de un aliento fresco. Aunque fumar puede reducir la actividad bacteriana, este posible efecto positivo se viene abajo por otros negativos: el humo seca la boca, empeora la condición de las encías y la secreción posnasal, amén de dejar un residuo cuyo olor se mezcla con el preexistente en la boca.

En algunos casos el mal aliento parece estar asociado a la enfermedad periodontal —la destrucción de las encías— y constituye, por tanto, una clave útil para el médico y el dentista. El ácido sulfhídrico y el metilmercaptano son tóxicos, además del mal olor que tienen; pueden dañar las células y ser así un factor en la enfermedad de las encías. Además, algunas especies bacterianas implicadas en las enfermedades de las encías producen un hedor intenso cuando se las cultiva en el laboratorio anaeróticamente en presencia de aminoácidos, según las investigaciones de Israel Kleiberg, de la Universidad estatal de Nueva York en Stony Brook. La presencia de varias de estas bacterias —*Treponema denticola*, *Porphyromonas gingivalis* y *Bacteroides forsythus*— en la placa o en el recubrimiento de la lengua puede determinarse en breves minutos en la clínica dental con una prueba de color llamada BANA (por benzoil-DL-arginina-naftilamida), que ideó Loesche. Estas bacterias sintetizan una enzima que degrada BANA y forma un nuevo compuesto coloreado. No es sorprendente que las estadísticas asocien las pruebas positivas de BANA con la halitosis.

Se ha considerado siempre que las bacterias orales que prefieren los azúcares a las proteínas no guardan relación con el mal aliento. Los trabajos de Nir Sterer en mi laboratorio, sin embargo, indican lo contrario. Una buena parte de las proteínas que hay en la boca se encuentra en forma de glicoproteínas, en las que el núcleo proteico está ligado a residuos glucídicos. Los organismos que se alimentan de azúcares pueden arran-

Resumen/Halitosis

- La halitosis, o mal aliento, es una afección frecuente que repercute en las relaciones personales. Por su parte, el temor permanente al mal aliento, la halitofobia, deteriora gravemente la calidad de vida de algunas personas.
- Los investigadores analizan desde hace poco la halitosis cualitativa y cuantitativamente; ahora empiezan a ofrecer ideas nuevas acerca de sus causas y posibles tratamientos. Así se han descubierto nuevas especies de bacterias bucales y se ha confirmado que la inmensa mayoría de los casos de halitosis se origina en la boca.
- Mantener el aliento fresco y la higiene de la boca son negocios de grandes dimensiones; cada año se gastan miles de millones de dólares en los Estados Unidos en dentífricos, cepillos, hilos dentales, elixires, pastillas de menta y otros refrescantes del aliento.

car éstos de las glicoproteínas, dejando las proteínas desnudas para que las bacterias inclinadas a nutrirse con ellas las digieran. Sterer y su grupo han demostrado, con una sencilla prueba cromatográfica, que la cantidad de azúcar escindido por la acción enzimática en la saliva se correlaciona con los niveles de mal aliento. En el futuro, es posible que se ataque el mal aliento evitando la escisión inicial del azúcar.

Hay la tentación de concluir que la erradicación de todos los microorganismos de la lengua sería un tratamiento potencial de la halitosis. Estas bacterias, sin embargo, desempeñan también una función protectora. De ordinario, la lengua alberga cierta cantidad del hongo *Candida*, similar a las levaduras; su población se mantiene bajo control gracias a las bacterias. Cuando éstas desaparecen de la lengua por acción de los antibióticos, *Candida* prolifera. Y las enfermedades que produce son más graves y difíciles de domeñar que la halitosis. Se trata, pues, de mantener las poblaciones bacterianas, aunque bajo control.

Más diagnósticos de halitosis

Las fuentes más habituales del mal aliento, después de la boca, son la nariz y las fosas nasales. En un 5 o 10 por ciento de los casos el olor surge principalmente de la nariz, no de la boca; tiene una cualidad diferente, que una vez más puede orientar el diagnóstico del médico o del dentista. Otra posibilidad es que el olor nasal resulte de una sinusitis u otras afecciones que impidan o bloqueen el flujo mucoso. En un caso curioso, un olor del aliento no característico en una mujer de 28 años nos llevó a descubrir una pequeña cuenta que tenía dentro de la nariz desde niña. Se sabe que los niños se incrustan objetos en el interior de la nariz; se les genera entonces una descarga nasal con la que se manchan por todos lados. Cuando un niño desarrolla de repente mal olor, debe comprobarse que no tiene un cuerpo extraño en una fosa nasal. A unas amígdalas purulentas puede atribuirse hasta un tres por ciento de los casos de halitosis. Cientos de otros estados y dolencias causan en total menos del uno por ciento de los que nos encontramos. Un caso interesante, aunque raro, es el síndrome del olor a pescado. No siempre se percibe uno mismo de tal condición. El síndrome del olor a pescado, o trimetilaminuria, débese a la insuficiencia de una enzima que en condiciones normales rompe la trimetilamina, molécula con dicho olor nauseabundo.

Se halla muy extendida la creencia de que el mal aliento procede del estómago. La infrecuencia de que el estómago sea la causa tuvo una importancia fundamental en un juicio reciente en que participé como experto (véase el recuadro "El olor en el juzgado"). El mal aliento que se origina fuera de la boca o de las fosas nasales es, en efecto, inusual. El esófago constituye un tubo cerrado. El flujo continuo de gas o material putrefacto del estómago indica un problema de salud, como una fístula entre el estómago y el intestino o un reflujo de consideración suficiente para que ascienda el contenido del estómago. Incluso después



de haber comido ajo, la boca retiene una parte sustancial del olor agudo.

¿Por qué nos mostramos tan sensibles al mal aliento ajeno y percibimos tan mal el propio? La teoría que asegura que nos acostumbramos al mal aliento propio, parece que carece de fundamento. La investigación que hemos llevado a cabo con Ilana Eli, Ronit Barnes Greenstein y otros en nuestro laboratorio ha revelado que hay sujetos capaces de valorar muestras de su propia boca de una manera objetiva cuando están fuera de la fuente originaria (por ejemplo, cuando huelen residuos extraídos de entre sus dientes con un palillo).

Puede que haya una explicación muy sencilla: expelemos el aire de la boca horizontalmente y sólo después inspiramos en sentido vertical por la nariz; por tanto, es limitada la oportunidad de que le llegue a

Las sustancias más indeseables

Compuestos producidos por las bacterias de la boca, con sus olores

Acido sulfhídrico	Huevos podridos
Metilmercaptano	Heces
Escatol	Heces
Cadaverina	Cadáveres
Putrescina	Carne en descomposición
Acido isovaleriánico	Sudor de los pies

Obsesiones olfatorias

Sara (paciente imaginada a partir de diversos casos reales) viste de manera impecable y cuida su aspecto con particular esmero. Dirige un pequeño negocio y parece tenerlo todo muy bien controlado. Sólo hay un problema. Una compañera de colegio le dijo en una ocasión, hace 30 años, que tenía mal aliento. Desde aquel momento ha vivido con el temor de que la gente pueda olérselo. Así, cuando habla con los clientes lo hace a cierta distancia y masca chicle de manera incesante. Acude a la consulta del dentista con frecuencia y se limpia los dientes cuatro o cinco veces al día; se limpia la lengua, usa hilo dental y hace gárgaras con un elixir. Evita besar a su marido en la boca y estar físicamente cerca de la gente en las reuniones sociales. En la calle, cuando habla con alguien, se pone mirando al viento. Siempre se ha sentido tan cohibida por su aliento, que no le ha hablado de ello a nadie.

Un día vino a nuestra clínica y estalló en sollozos. “Tengo la sensación de que he triunfado en la vida a pesar de esta rémora”, dijo. Pero cuando oímos su aliento, no detectamos ningún olor. Consultas posteriores tampoco hicieron pensar en olores sospechosos. El aliento de Sara era puro.

Sara, como millones de personas, padece halitofobia, un temor exagerado a tener halitosis. En 1997 Murray B. Stein, experto en fobias sociales, hoy en la Universidad de California en San Diego, estudió a 1206 personas en Alberta; halló que al 15,8 por ciento le preocupaba “mucho” cómo olía su aliento, que el 2,8 por ciento había consultado a un profesional al respecto y que el 2,7 por ciento decía que la inquietud por el aliento afectaba su vida de forma moderada o grave. Un uno por ciento reveló que había evitado ir a una reunión porque le preocupaba su aliento. Los halitofóbicos pueden llegar a eludir las actividades sociales y a vi-

vir en una soledad que se imponen a sí mismos.

Entre los halitofóbicos que he entrevistado hay abogados, maestros, jueces, actores, un médico, un político e incluso alguno que se hizo dentista con la esperanza de que sus estudios le ayudarían a enfrentarse con su “problema”. El halitofóbico oculta su preocupación. Un colega intentó una vez convencerme de que apenas si hay halitofóbicos. “Pero, ¿qué dices?”, profirió de repente su mujer, con la que lleva casado más de 30 años. “Yo lo soy.”

El halitofóbico suele pensar que tiene razones lógicas para pensar que su aliento huele. Puede interpretar que la sensación de mal sabor es un signo del mal aliento, aunque el gusto y el aliento no estén siempre relacionados. Que un miembro de la familia tenga mal aliento

puede inducir a otros a concluir que han heredado el problema. Y algunos halitofóbicos viven convencidos de que tienen mal aliento porque interpretan mal el comportamiento de otros —por ejemplo, abrir una ventana o frotarse la nariz— y creen que es una reacción a su aliento. Los pocos halitofóbicos que estén dispuestos a considerar que sus temores tienen una base psicológica encontrarán a menudo ayuda en la psicoterapia. En colaboración con Ilana Eli, hemos comprobado en la Universidad de Tel Aviv que los halitofóbicos tienden a la hipersensibilidad en las interacciones interpersonales y al comportamiento obsesivo-compulsivo, según se desprende de los análisis psicológicos. La mayoría de los halitofóbicos, sin embargo, siguen buscando la curación de un problema que no padecen.

