

INJERTOS PARA EL CORAZON • CAMBIO CLIMATICO BRUSCO

INVESTIGACION *y* CIENCIA

ENERO 2005
6,00 EURO

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

COMPUTACION EN AGUJEROS NEGROS

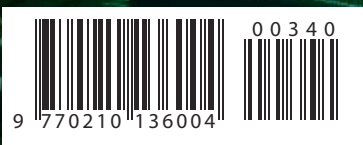
LA ENSEÑANZA DE LA LECTURA

ESTRUCTURA
DEL CEREBRO HUMANO

BRECHAS
EN LA DEFENSA ANTIMISIL

LA RED COSMICA

MUSICA Y CEREBRO



3

HACE...

50, 100 y 150 años.

4

APUNTES

Endocrinología...

Etología...

Biología...

Salud...

Zoología...

Geofísica.

34

CIENCIA Y SOCIEDAD

Adaptación al estrés celular,
el papel de la cromatina...

La muda en Artrópodos...

El virus del oeste del Nilo...

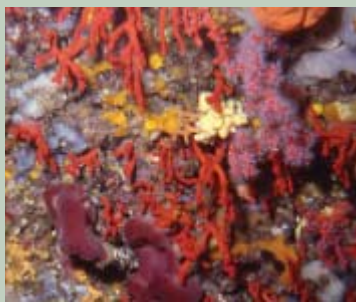
Agricultura prehistórica



40

DE CERCA

Recuperación del coral rojo.



6

La enseñanza de la lectura

Jesús Alegría, Marisol Carrillo y Emilio Sánchez

La búsqueda del mejor método para enseñar a leer sigue preocupando a muchos educadores. La investigación científica permite actualmente encontrar respuesta a muchos de los dilemas que se plantean.

16

La red cósmica

Robert A. Simcoe

Las observaciones y las simulaciones del medio intergaláctico descubren las mayores estructuras del universo.

26



Música y cerebro

Norman M. Weinberger

¿Dónde reside el secreto del poder singular de la música? En busca de una respuesta, se están reordenando los componentes del proceso desarrollado en el cerebro de intérpretes y melómanos.

42

Cambio climático brusco

Richard B. Alley

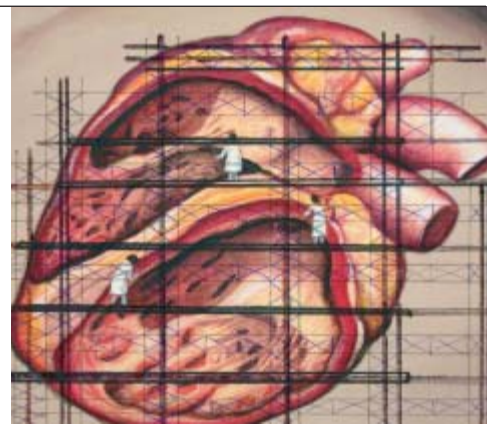
No sólo en las películas abrasan los campos secos súbitos y caen de golpe las temperaturas del invierno seis grados. Tan sorprendentes saltos climáticos se han dado antes; a veces, en cuestión de años.

50

Injertos para el corazón

Smader Cohen y Jonathan Leor

Expertos de varios campos colaboran en la incipiente ingeniería tisular. Están a punto de alcanzar uno de sus principales objetivos: construir un parche vivo para el corazón humano.



58

Computación en agujeros negros

Seth Lloyd e Y. Jack Ng

Conforme al espíritu de nuestro tiempo, cabe interpretar las leyes de la física como programas informáticos y, el universo, como un colosal ordenador.

68



Estructura del cerebro humano

John S. Allen, Joel Bruss y Hanna Damasio

De la investigación centrada en el tamaño y la forma del cerebro brotan nuevas ideas sobre el desarrollo neural, las diferencias entre sexos y la evolución humana.

76

Brechas en la defensa antimisil

Richard L. Garwin

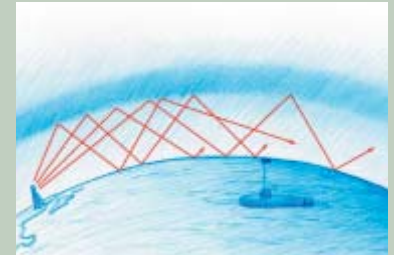
Es dudosa la eficacia del sistema defensivo antimisiles desplegado por los Estados Unidos.



86

CURIOSIDADES DE LA FÍSICA

A través del espejo,
por Jean-Michel Courty
y Edouard Kierlik



88

JUEGOS MATEMÁTICOS

El número mayor
y la información misteriosa,
por Juan M.R. Parrondo

90

IDEAS APLICADAS

Marcapasos,
por Mark Fischetti



92

LIBROS

Estudios zoológicos
Superconductividad
Humanistas matemáticos



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. Teichgraber
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
Teléfono 934 143 344

PUBLICIDAD

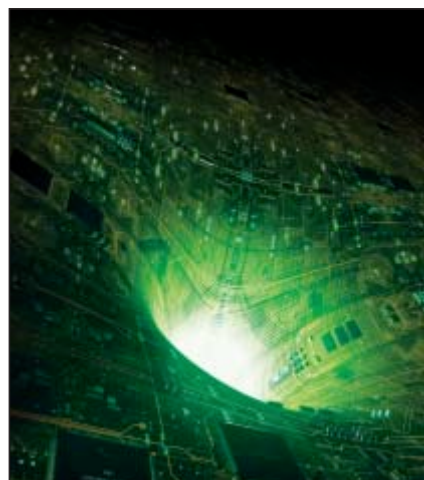
Madrid:
GM Exclusivas Publicidad
Menorca, 8, Bajo, Centro Izda.
28009 Madrid
Tel. y Fax 914 097 046

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:

M.^a Rosa Zapatero Osorio: *La red cósmica*; Andrés Lewin Richter: *Música y cerebro*; Manuel Puigcerver: *Cambio climático brusco*; Cristóbal Pera: *Injertos para el corazón*; Luis Bou: *Computación en agujeros negros*; David Costa Miserachs: *Estructura del cerebro humano*; J. Vilardell: *Brechas en la defensa antimisil, Hace..., Apuntes, Curiosidades de la física e Ideas aplicadas*



Portada: Kenn Brown

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
Extranjero	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 © 2004 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2005 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

CIENTÍFICOS ANTISOCIALES. «¿Deben considerarse como defectos de personalidad rayanos en lo anormal los rasgos sociales que caracterizan a numerosos científicos? Respuesta: no. En nuestra muestra poblacional, las crisis mentales o emocionales no resultaron más corrientes entre los científicos que entre los no científicos. A lo sumo, en el grupo escogido, físicos e ingenieros aparecen en el polo opuesto al de hombres de negocios y abogados, respecto a capacidades, intereses ocupacionales y comportamiento social. Esas diferencias básicas entre las personalidades podrían explicar buena parte de las fricciones entre los científicos y los políticos.»

ABAJO EL AMOR. «En un estudio de 1297 telefonistas, los investigadores descubrieron que el perfil típico del trabajador que solicita la baja por enfermedad correspondía a una mujer casada, viuda o divorciada cuyas esperanzas se habían cifrado en ser ama de casa y madre. Privadas del apoyo del cónyuge, por muerte, abandono o incompatibilidad, se habían visto obligadas a seguir trabajando, con frecuencia mientras criaban a sus hijos. Entre los telefonistas con menos bajas por enfermedad, predominaban las mujeres solteras con escasa propensión al matrimonio y cuyas ambiciones no iban mucho más allá de la modesta satisfacción por su trabajo.»

HELICÓPTEROS. «La versatilidad y usos del helicóptero resultan formidables y van en aumento, pero aún no se aplican al transporte de masas. El futuro del helicóptero se basa en su singular capacidad de despegar del centro de una ciudad densamente poblada, saltarse los atascos del tráfico y aterrizar en un centro igualmente denso. Logra hacerlo a una velocidad aceptable y con poquísimos riesgos. La compañía aérea Sabena demostró que un helicóptero que vuele a una velocidad de crucero de sólo 120 kilómetros por hora podría llevar pasajeros desde el centro de Bruselas a Londres con mayor rapidez que un avión comercial que volara a 400 kilómetros por hora, cuyos pasajeros deberían trasladarse en taxi a y desde los aeropuertos.»

...cien años

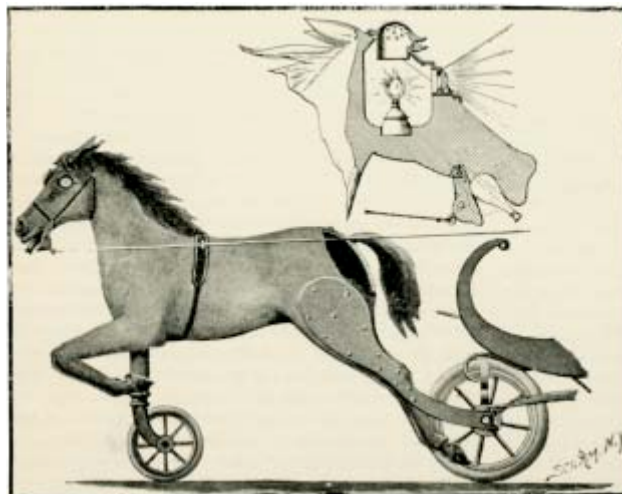
EQUIDOS NERVIOSOS. «Un residente en Canadá propone apaciguar los caballos asustadizos mediante caballos de juguete a escala natural sujetos al frente de los automóviles (*véase la figura*), de forma que éstos ofrezcan la apariencia de vehículos hipomóviles. Además de engañar a los caballos medrosos y nerviosos, el señuelo lleva en la cabeza un reflec-

tor para usar de noche y en la boca una bocina de automóvil.»

LA GUERRA RUSO-JAPONESA. «*Scientific American* lamenta profundamente que, tal como revela la presente guerra, los avances científicos, en vez de mitigar los horrores de la guerra, los hayan multiplicado. El sueño de los filántropos, de que la ciencia había convertido la guerra moderna en algo tan espeluznante y aterrador que imposibilitaría su continuación, se desvanece ante el horrible panorama de Port Arthur, donde los cuerpos de miles de valientes se pudren sobre las faldas nevadas de las fortificaciones, sin que el afán por el triunfo bélico permita una tregua para su sepultura.»

...ciento cincuenta años

ORBITAS COMETARIAS. «Las órbitas de todos los planetas, y probablemente de casi todos los cometas, describen elipses, en uno de cuyos focos se encuentra el Sol. No puede existir un cuerpo atractivo en el foco superior de la órbita de un cometa que se sepa periódica, pues resulta imposible que un cuerpo permanezca inmóvil en ese punto. La estrella fija más próxima cuya distancia ha sido determinada, *Alfa Centauro*, se halla a más de doscientos mil radios de la órbita terrestre alrededor del Sol. La luz, viajando continuamente a más de 300.000 kilómetros por segundo, requeriría más de 3 años y cuarto para cubrir ese trayecto. Así pues, ¿cuánto tiempo tardaría un cometa en completar un viaje de ida y vuelta? Que a nuestro sistema no llegaran cometas desde las regiones de la estrella fija resulta bastante claro.»



Caballos de juguete para apaciguar caballos de verdad, 1905.

ENDOCRINOLOGIA

Violencia acuciante

Entre las hormonas del estrés y la vía cerebral que controla la violencia parece existir una relación de mutuo fortalecimiento. En las ratas, la estimulación eléctrica de esa ruta activa la reacción adrenocortical ante el estrés (“lucha o huye”). Para que se dispare esa reacción, se requiere la confrontación con otro congénere. De igual modo, podemos despertar la agresividad de los muridos mediante la inyección de corticos-



terona, la hormona del estrés. Nos encontramos, pues, con un círculo vicioso: la conducta violenta estimula la secreción de hormonas del estrés, que propician más violencia, y así sucesivamente.

—Aimee Cunningham

La tensión nerviosa y la violencia forman un círculo vicioso.

REUTERS/CORBIS

ETOLOGIA

La simulación castigada

Hay animales que muestran su esplendor en costosos despliegues de fuerza o exhibiciones. Pensemos en la cola del pavo real. Las manifestaciones de otros animales, sin embargo, diríanse exentas de coste especial.

¿Mienten acaso? No. El engaño les saldría muy caro desde el punto de vista social, vienen a declarar los etólogos. Los entomólogos han observado el primer dato inequívoco que respalda esa idea. En las hembras de avispa papelera, descubrieron que las que portaban sobre el aparato bucal marcas negras más fragmentadas o en mayor número tendían



a salir victoriosas en su lucha por el dominio. Pintaron luego en algunas hembras las marcas propias de un dominio superior o inferior. ¿Qué ocurrió? Ambos grupos de farsantes sufrieron un mayor acoso que las hembras control. El engaño no era, pues, bien recibido. Se sospecha que alguna clave química o conductual termina por delatar a las embaucadoras.

—J. R. Minkel

Las avispas papeleras desaprueban las suplantaciones.

E. A. TIBBETS

BIOLOGIA

Células madre oculares

Los humanos poseemos auténticas células madre retinianas autorregeneradoras. En el banco de ojos de la Universidad de Toronto, los investigadores se apres-



taron a crear cultivos celulares. En el ensayo descubrieron que, aproximadamente, una de cada 500 células, procedentes del anillo negro que circunda al iris, se dividía indefinidamente y se engendraban todos los tipos de células retinianas. (En estudios anteriores se habían encontrado células madre retinianas de capacidad limitada, carentes de potencial para una división indefinida y que se transformaban sólo en unos pocos tipos de células.) Al ser trasplantadas a embriones de ratón o de pollo, las células madre se transformaban en células del tipo que hallaban en el embrión en cuestión y en su fase concreta de desarrollo. El próximo paso a dar será el implante celular en ratones con retinas degenerativas; nos permitirá averiguar si restablecen la función y estudiar de qué modo podríamos activar y manipular dichas células.

—J. R. Minkel

El iris, una fuente potencial de células madre.

DAVID PARKER Science Photo Library

SALUD

Dispersión del mercurio



El mercurio es neurotóxico. Inquieta en especial su efecto sobre el desarrollo de los fetos. De acuerdo con la investigación epidemiológica, un número considerable de mujeres estadounidenses en edad de procrear alojan en sus organismos una cantidad excesiva de ese metal. El estudio de marras se ha centrado en muestras de cabello de unas 1500 personas de todas las edades. Un quinto de los sujetos estudiados poseía un nivel de mercurio superior al recomendado por la Agencia de Protección Medioambiental, una parte por millón. Ningún otro contaminante, que se sepa, somete a un porcentaje tan alto de la población de EE.UU. a unos niveles de exposición superiores a los recomendados por las autoridades federales. Los mayores focos de mercurio suspendido en el aire son las centrales eléctricas que queman carbón.

—Charles Q. Choi

La exposición al mercurio se halla muy extendida.

DIRK WIERSMA Science Photo Library

ZOOLOGIA

Aun sin oxígeno

Sin oxígeno, pocos vertebrados sobreviven más de unos minutos. Algunos, como la tortuga de agua dulce, ralentizan drásticamente su corazón para seguir vivos. La carpa cruciana (*Carassius carassius*), del mismo género que uno de los peces más comunes en las peceras, el pez rojo, carpa dorada o carpín, puede vivir sin apenas oxígeno durante al menos cinco días, sin que el corazón deje de latir perfectamente. Lo consigue transformado el ácido láctico, perjudicial subproducto metabólico, en el mucho menos dañino etanol. El corazón quizá contribuya a la circulación del

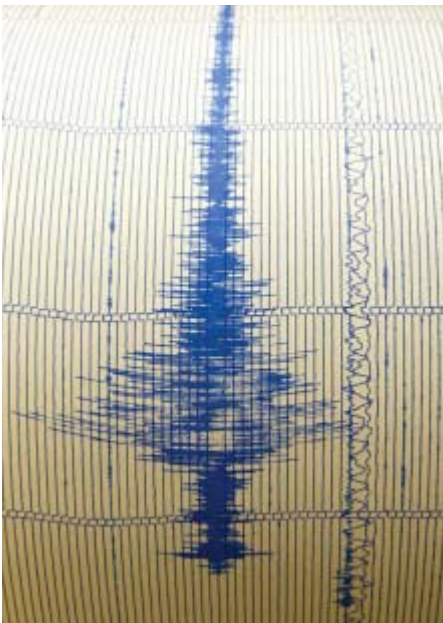
etanol por las branquias y a su descarga en el agua. Gracias a esta capacidad, la carpa cruciana sobrevive al invierno escandinavo. De su investigación podrían inferirse claves para salvar la vida de quienes se quedan sin oxígeno suficiente por un ataque cardíaco o un ataque cerebrovascular.

—Charles Q. Choi

La escasez de oxígeno no es un problema para algunos peces.



SIRBOO



GEOFISICA

Seísmos y gravedad

Los terremotos desplazan masas corticales, con la alteración consiguiente de la gravedad. Pero los instrumentos de medida son imprecisos, inestables; los cambios sólo pueden seguirse por medio de largos registros que empiecen antes del seísmo y acaben después. En Japón han concebido un método mucho más rápido. Consiste en observar cómo reaccionan unas bolas superconductoras a la gravedad mientras flotan atrapadas en campos magnéticos de una estabilidad extraordinaria, generados por bobinas también superconductoras. Tras descontar el efecto del Sol, la Luna, el aire, el mar y la rotación terrestre, quedó aún un aumento permanente de alrededor de una parte en dos mil millones en la atracción gravitatoria al sudeste de la costa de Hokkaido, en el epicentro de un seísmo de magnitud 8 ocurrido en 2003. Los resultados concuerdan con las predicciones teóricas. Los gravímetros superconductores podrían auxiliar a los satélites que cartografiaban la gravedad terrestre, a la hora de determinar el espesor de las capas polares, los niveles de salinidad de los mares, la densidad de la atmósfera y la geología del planeta.

—Charles Q. Choi

Los temblores modifican localmente la fuerza gravitatoria.

CHARLES REX ARBOGAST AP Photo

La enseñanza de la lectura

La búsqueda del mejor método para enseñar a leer sigue preocupando a muchos educadores.

La investigación científica permite actualmente encontrar respuesta a muchos de los dilemas que se plantean

Jesús Alegría, Marisol Carrillo y Emilio Sánchez

La enseñanza de la lectura ha recibido una atención considerable en los últimos años por parte de diversas disciplinas: la psicología, la lingüística, las neurociencias y la inteligencia artificial, entre otras. Las investigaciones realizadas han creado un sólido cuerpo de conocimientos sobre la naturaleza del acto de leer, sobre el proceso de adquisición de esta competencia y sobre las dificultades que encuentra el aprendiz en tal proceso. No obstante, y reflejando la enorme importancia que tiene en nuestra sociedad la alfabetización plena de toda la población, los debates sobre los métodos de enseñanza siguen siendo intensos.

¿Hay que enseñar a leer? Plantear esta pregunta presupone que pudiera no ser necesario hacerlo, que se puede aprender a leer como se aprende a hablar, es decir, sin enseñanza organizada sistemáticamente. Todos los niños adquieren su lengua materna sin programas de enseñanza ni maestros. Basta con la presencia de adultos que hablan sin intención de enseñar para que los niños aprendan sin voluntad de aprender. Aprender a leer, por el contrario, exige clases, programas, profesores, y a pesar de todos estos esfuerzos, plantea problemas a una proporción grande de niños. Sin embargo, algunos autores defienden la idea de que aprender a leer y adquirir la lengua materna no son conquistas fundamentalmente diferentes. Es cierto que muchos niños aprenden a leer con una facilidad asombrosa. Pero, junto a éstos, se encuentran otros para quienes esta tarea es casi irrealizable. Tales diferencias individuales no se observan en la adquisición de la lengua materna, lo que respalda la idea de que aprender a leer y aprender a hablar entrañan mecanismos diferentes.

Existen dos familias de métodos de enseñanza de la lectura que se suelen presentar como mutuamente ex-

cluyentes: los métodos “fónicos”, que dan prioridad a la enseñanza del principio alfabético, y los métodos “globales” y sus derivados, que dan prioridad al significado que transmiten los mensajes escritos. Veremos que no existe ningún fundamento para aceptar esta oposición. Aunque la confrontación entre defensores de uno y otro método es particularmente enconada en el mundo anglosajón, por razones que aparecerán más adelante, los planteamientos también son semejantes en las comunidades de lengua castellana.

El método fónico

El método fónico se propone explotar los beneficios del principio alfabético que está en la base de nuestro sistema de escritura: que las unidades utilizadas en la escritura, letras y grupos de letras, denominadas grafemas (la “c” de casa y la “ch” de chal, por ejemplo), representan de manera más o menos sistemática las unidades fonológicas de la lengua denominadas fonemas. El método fónico de enseñanza de la lectura considera que el principio alfabético debe ser presentado al aprendiz de manera *explícita, sistemática y temprana*. *Explícita* significa que el maestro debe ayudar al alumno a comprender la relación que existe entre grafemas y fonemas sin esperar que éste descubra espontáneamente tal relación. *Sistemática* quiere decir que la enseñanza debe organizarse siguiendo un orden preciso, determinado por consideraciones teóricas y prácticas que toman en cuenta las dificultades que plantea el aislar ciertos fonemas. Los fonemas no son “los sonidos materiales” de que está hecha el habla, sino entidades abstractas. Por ejemplo, el fonema /p/ es una abstracción: es lo que las palabras “papa”, “pipa” y “pe” (el nombre de la letra que lo representa) tienen en común al comienzo. Este fonema no puede ser concretizado

materialmente en un sonido porque es imposible pronunciarlo sin una vocal. Por esta razón, la enseñanza de la correspondencia entre grafemas y fonemas será más exitosa si comienza con las vocales y las consonantes fricativas que pueden ser aisladas, y se espera que esto ayude al niño a comprender el principio alfabético. Por último, *temprana* se refiere a que el código alfabético debe presentarse desde el comienzo del programa de enseñanza.

El fundamento teórico de este método es que el dominio del sistema de correspondencias pone a disposición del niño una herramienta (leer) que le permitirá comprender el significado de cualquier palabra que encuentre. De ahí la noción de *productividad* que caracteriza al código alfabético.

Entre las críticas que se han formulado hacia este método, principalmente por defensores de propuestas metodológicas alternativas, cabe destacar tres. La primera: resulta poco estimulante para el aprendiz; le aleja de la dimensión funcional de la lectura: extraer significado y comunicar. En segundo lugar, su falta de eficacia, particularmente en algunas lenguas, como el inglés, en las que el código alfabético es poco productivo a causa de la falta de regularidad de las relaciones grafema-fonema. Esta crítica es de menos importancia en sistemas ortográficos más regulares, como el del castellano. Por último, algunos autores afirman que los niños poseen conocimientos intuitivos sobre la escritura (qué representa, cómo lo hace, para qué sirve) que el sistema de enseñanza fónico ignora, lo que podría llevar al niño a no operar con lo que ya posee y a adoptar una actitud pasiva ante el nuevo aprendizaje.

Los métodos globales

Los métodos globales aparecen como un intento de superar algunas de estas críticas. La proposición principal es que las unidades enseñadas sean las palabras completas. De esta forma se evitan los problemas de la falta de regularidad del código y, además, el aprendizaje se centra en unidades que tienen significado abandonándose las que no lo tienen, los grafemas y los fonemas.



1. LA ENSEÑANZA DE LA LECTURA, ¿debe basarse en la asociación de grafemas y fonemas, o ha de empezar ya por las palabras completas?

En un programa clásico de lectura global se empieza enseñando al aprendiz varias decenas de palabras hasta que las reconozca directamente, es decir, sin recurrir a la mediación fonológica (“luna” →/luna/, “sol” →/sol/, etc.). El vocabulario visual así adquirido es utilizado por los alumnos para leer y componer frases, pero estas actividades están limitadas por la cantidad de palabras memorizadas. Ante una palabra desconocida el aprendiz esta obligado a adivinar su significado; el maestro lo animará a practicar esta actividad y no a buscar la correspondencia entre grafemas y fonemas. Versiones menos radicales del método plantean que el crecimiento del vocabulario visual requiere realizar discriminaciones cada vez más finas que pueden inducir al alumno a reparar en la fonología. Por ejemplo, para memorizar el significado de palabras como “luna”, “cuna”, “duna”, “tuna”, etc., inferir el valor fonológico de la primera letra es importante. De esta manera, cabría suponer que si

bien las correspondencias grafema-fonema no se enseñan (al menos explícita y sistemáticamente), el alumno pueda llegar a operar con ellas de algún modo.

No obstante, los defensores de esta metodología asumen el principio teórico, defendido por F. Smith entre otros, de que la fonología no forma parte de los procesos que intervienen en la identificación de palabras escritas por parte del lector experto. Más específicamente, argumentan que la mediación fonológica hace más lento el acceso al significado y, consecuentemente, debería ser desterrada de la enseñanza. Es importante anticipar que estas ideas han sido refutadas empíricamente durante los últimos años, como veremos enseguida.

En la línea de los métodos globales, la opción denominada “lenguaje integrado” pone el énfasis en el uso del lenguaje escrito en situaciones comunicativas reales. Según esta posición, el papel del maestro es el de ayudar al alumno a explorar y descubrir progresiva-

mente las convenciones del lenguaje escrito a través de su uso en contextos naturales. Al lector principiante que no consigue leer un mensaje se le animará para que adivine su significado explotando todos los recursos disponibles: palabras que reconoce, sus propios conocimientos lingüísticos e informaciones sobre el tema, las ilustraciones que acompañan el mensaje, la comprensión de las intenciones del autor, etc. Kennet Goodman condensó esta noción en una frase célebre: “Leer es practicar un juego de adivinanzas psicolingüísticas”. Esta afirmación tiene como consecuencia que el reconocimiento de palabras sea considerado un proceso secundario, una opción, en la comprensión de la lengua escrita. Para los defensores del lenguaje integrado no es necesario leer cada una de las palabras de un texto, pues el lector

posee un poder predictivo basado en la redundancia del lenguaje y una capacidad de interpretación basada en sus conocimientos previos. Capacidad predictiva y conocimientos previos permiten al lector seleccionar de forma “inteligente”, según sus necesidades e intereses, qué leer y qué dejar de lado. Esta proposición ha tenido una influencia considerable en la enseñanza de la lectura.

En el mundo hispanohablante se ha desarrollado otra metodología comunicativa con raíces en la teoría evolutiva constructivista de Jean Piaget. El fundamento de esta propuesta es que los niños que desde muy pequeños entran en contacto con la lengua escrita desarrollan espontáneamente, esto es, sin enseñanza formal, ideas sobre lo que representa la escritura en el plano formal y funcional: qué distingue

lo escrito de otras formas de representación gráfica, qué representan los signos ortográficos, para qué sirve la escritura. Los constructivistas han puesto al descubierto regularidades importantes en la evolución de las ideas que el niño desarrolla sobre la lengua escrita. A una edad temprana, por ejemplo, distingue entre lo que es un dibujo y lo que es una palabra escrita y, de manera progresiva, establece relaciones entre lo oral y lo escrito hasta llegar a formular (implícitamente) hipótesis fonológicas. Por ejemplo, la llamada “hipótesis silábica” supone que las sílabas que componen las palabras deben tener una representación gráfica diferenciada. Así /crístina/ necesitará tres signos gráficos y /pedro/ dos.

La metodología constructivista plantea la enseñanza a partir de las “hipótesis” del niño y propicia en los aprendices el empleo de sus propios recursos para escribir. Es importante subrayar que el avance del alumno supone un acercamiento progresivo al código alfabético, y que si bien las reglas de transformación grafema-fonema, y viceversa, no se enseñan de manera sistemática, el aprendiz tendrá inevitablemente que descubrirlas o codescubrirlas con la ayuda del enseñante. Este crea situaciones que favorezcan la evolución de las ideas personales del niño sobre el lenguaje escrito. Por el contrario, en la metodología fónica, y también en la global, es el enseñante el que planifica la secuencia con la que se llevarán a cabo los aprendizajes.

Pero una revisión crítica de las opciones metodológicas presentadas no puede dejar al margen a las aportaciones bien consolidadas de la investigación sobre los mecanismos o procedimientos de lectura de las palabras, su adquisición y sus dificultades.

¿Cómo leemos las palabras?

Esta cuestión puede parecerle extraña al lector experto. Nuestra impresión es que la identificación de una palabra escrita es instantánea y no deja lugar al estudio de procesos que podrían tomar tiempo y consumir energía por parte del lector. Sin embargo, el análisis experimental de la lectura de palabras demuestra



2. LOS METODOS GLOBALES toman como unidad de aprendizaje las palabras completas. La irregularidad ortográfica del inglés podrá ser una razón para optar por este enfoque en esa lengua.

que no es así. Por ejemplo, las palabras frecuentes se identifican más deprisa que las menos frecuentes y los estudios de laboratorio muestran que este y otros factores, tales como la longitud de la palabra, su estructura ortográfica o la existencia de “vecinos” ortográficos o fonológicos (palabras similares ortográfica o fonológicamente; por ejemplo, son vecinas de “pato” las palabras gato, palo, pata, pito...), determinan de manera previsible la duración y la precisión del proceso de identificación.

Los modelos elaborados para explicar estos resultados consideran que identificar una palabra consiste en establecer una conexión entre su forma ortográfica en el texto y los conocimientos que el lector posee en su memoria léxica sobre dicha palabra; conocimientos principalmente semánticos (su significado), sintácticos (tipo gramatical, género, etc.) y fonológicos (su pronunciación). Esta conexión se puede realizar de dos formas diferentes. La primera tiene lugar de manera directa y se produce cuando la palabra que hay que identificar forma parte del repertorio de palabras memorizadas que posee el lector, el denominado *léxico ortográfico*. La segunda procede por *ensamblaje fonológico*, esto es traduciendo los elementos ortográficos de la palabra, letras y grupos de letras, a la forma fonológica correspondiente. Se trata en este caso de un reconocimiento indirecto que se produce a través de la representación fonológica de la palabra.

Actividad automatizada

Estos dos procesos funcionan de manera paralela y automática, lo que quiere decir que los procesos implicados en la lectura de palabras se ponen en marcha obligatoriamente en cuanto los ojos del lector fijan una palabra escrita. La voluntad del lector no desempeña ningún papel en este proceso y, por ello, no se puede evitar leer una palabra una vez que ha entrado en el campo visual, ni tampoco decidir si la palabra será procesada fonológica u ortográficamente.

G. Van Orden y sus colaboradores han demostrado elegantemente la intervención de la fonología en

Comparación de métodos de enseñanza en Estados Unidos

Son numerosas las investigaciones que muestran las ventajas de la enseñanza fónica en la lengua inglesa. En los EE.UU. hay una larga tradición de comparar los resultados obtenidos con diferentes métodos de enseñanza de la lectura. Entre los estudios recientes se encuentra el realizado por la Academia Nacional de Ciencias/ Consejo Nacional de Investigaciones, que, bajo el auspicio del Departamento de Educación, revisó más de 700 publicaciones. Llegó a la conclusión de que el reconocimiento de las palabras escritas es muy difícil si no se dispone del conocimiento de cómo las letras representan de forma sistemática a los sonidos. Además, sin tal conocimiento no es posible el progreso en el aprendizaje. Si un niño no puede apoyarse en el principio alfabético, el reconocimiento de palabras será lento y laborioso, lo que dificultará la comprensión de los textos.

Así mismo el Panel Nacional sobre la Lectura, organizado por el Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano, de Estados Unidos, realizó un metaanálisis de una selección de 38 estudios bien controlados sobre instrucción fónica. Los resultados mostraron que la instrucción fónica sistemática aumenta el éxito de los niños en el aprendizaje de la lectura y que resulta significativamente más efectiva que la instrucción que incluye poca, o ninguna, enseñanza fónica.

Otra importante publicación americana, *How Psychological Science Informs the Teaching of Reading*, recoge una revisión excelente de los datos más actuales y significativos en el tema que nos ocupa.

la lectura de palabras por medio de una tarea de toma de decisión semántica: contestar rápidamente si una palabra escrita pertenece o no a una categoría particular; por ejemplo, decidir si se trata o no de una flor. Los resultados muestran que palabras como “rows” (rema), que se pronuncia igual que “rose” (rosa), producen a menudo el error de apretar el botón “sí”. Por supuesto que el lector “sabe” que rows no es un nombre de flor, pero la tendencia a responder “sí” revela que la fonología de rows, que se activa de modo automático en el proceso de identificación de la palabra escrita, interfiere negativamente en la tarea semántica, sin que los sujetos puedan evitarlo. Este fenómeno, llamado “efecto de homofonía”, se observa también cuando se presentan pseudopalabras. Por ejemplo, en castellano, la pseudopalabra “habión”, homófona de “avión”, produciría interferencias en la tarea de decisión semántica “objeto que vuela” generando una tendencia errónea a responder “sí”.

Cabe agregar que los estudios minuciosos de Rayner y sus colaboradores sobre la manera en que los ojos recorren un texto revelan aspectos de esta actividad que, de nuevo, no coinciden con nuestras

intuiciones de lector. Tenemos la impresión de que los ojos se deslizan de manera continua a lo largo de las líneas de texto, pero la realidad es muy diferente. Los ojos proceden de manera discontinua: se detienen en la palabra que leen durante unos 200-250 milisegundos como promedio (fijación ocular) y saltan, literalmente, a la siguiente en 30 ms (movimiento sacádico). Los estudios sobre los movimientos oculares del lector experto muestran que se fijan casi todas las palabras de un texto y que la duración de las fijaciones depende del trabajo de identificación que exija la palabra (es menor en las palabras frecuentes que en las que no lo son tanto).

Todos estos trabajos muestran que el procesamiento de las palabras escritas, aisladas o componiendo un texto, es una actividad automatizada en el lector experto. Sus cualidades intelectuales tienen poco o nada que ver en tal proceso. Por supuesto, el lector las ejerce en los procesos de comprensión de los textos: aplica sus conocimientos lingüísticos y conceptuales para extraer las ideas, relacionarlas entre sí y con los conocimientos previos, para realizar inferencias, e incluso para elegir inteligentemente dónde



3. ANTES DE APRENDER A LEER los niños toman contacto con los textos escritos. Se familiarizan con los relatos a través de los cuentos e historias que les leen los adultos. Aprenden sobre la forma gráfica de las palabras y su disposición en las páginas, adquieren nuevo vocabulario y nuevas formas de expresión que son propias del lenguaje escrito. Estos conocimientos desempeñan un papel muy importante en que la lectura sea una experiencia motivadora y plena de significado.

leer en función de sus intereses y necesidades.

Enseñar a un niño a leer consiste, por necesidad, en ayudarlo a elaborar un procesador de palabras escritas automatizado, pero es también enseñarle a encontrar las claves que permiten la comprensión de los textos y a buscar información inteligentemente en función de sus necesidades. Estos múltiples aspectos que engloba la enseñanza de la lectura son del todo diferentes y buena parte del debate sobre los métodos proviene de que los defensores de uno u otro hablan de enseñar a leer haciendo referencia a cuestiones diferentes: crear y automatizar el procesador de palabras escritas, por una parte, y enseñarle al niño a servirse con inteligencia de él, por otra.

La conciencia fonológica

El proceso de aprendizaje que lleva a la adquisición de los mecanismos de identificación de palabras es uno de los mejor documentados de la psicología cognitiva. En el caso del lector experto vimos que existen dos procedimientos para la identificación de palabras escritas,

uno directo u ortográfico y otro indirecto o fonológico. En este último caso el sistema atribuye fonemas a las letras o grupos de letras, y para aprender a hacer esta operación el aprendiz tiene que comprender el código alfabético, lo que le exige haber aislado mentalmente los fonemas. Sólo así el niño será capaz de concebir las palabras “sol” y “gol” como formadas cada una por tres fonemas, de los cuales es el primero el que distingue una de otra. Se ha dado el nombre de *conciencia fonológica* a esta capacidad. No se trata sólo de poder discriminar auditivamente palabras que presentan diferencias fonológicas mínimas; esta última capacidad forma parte de los mecanismos de procesamiento del habla que se desarrollan de forma natural y el niño la posee incluso antes de empezar a hablar. Si no fuera así, no podría distinguir entre las palabras que oye y establecer correspondencias sistemáticas entre cada una de ellas y sus referentes. La conciencia fonológica se desarrolla más tarde y requiere un tipo de reflexión consciente que permita aislar mentalmente las uni-

dades fonológicas que constituyen las palabras.

Ciertos aspectos de la conciencia fonológica preceden en su desarrollo al aprendizaje de la lectura. Así se ha demostrado que los niños prelectores son capaces de segmentar una palabra en sílabas dando un golpecito o palmada por sílaba. Con unos pocos ejemplos y algo de entrenamiento la mayoría de los niños de 4 y 5 años son capaces de hacer esta tarea. La “hipótesis silábica” (cada sílaba tiene que ser representada por un signo gráfico), descrita por los constructivistas, se basa en esta habilidad. Es evidente que el niño no podría desarrollar la hipótesis si no fuera capaz de concebir explícitamente las palabras como secuencias de sílabas. La conciencia de otros aspectos fonológicos del habla, tales como la rima, también se observan antes de aprender a leer. Los niños prelectores son capaces de realizar tareas que exigen esta habilidad. Por ejemplo, se les presentan 3 dibujos, “sol”, “gol” y “mar”, y se les pide que identifiquen el intruso (“mar” en este caso), para lo cual el niño tiene que reconocer que las palabras “sol” y “gol” riman entre ellas pero no con “mar”.

Sin embargo, las tareas que exigen la segmentación en fonemas son mucho más difíciles. Así, la supresión del fonema inicial, tarea clásica en este dominio, en la que se propone al niño una palabra como /sol/, a lo que tiene que responder /ol/, no está al alcance de los prelectores. Esta tarea implica la conciencia *fonémica*, que es el aspecto más exigente de la conciencia fonológica. La conciencia fonémica es necesaria para la comprensión del código alfabético, ya que para entender lo que representan las letras de una palabra escrita el aprendiz tiene que ser capaz de aislar mentalmente los fonemas correspondientes en la palabra hablada. Esta habilidad no se desarrolla de manera espontánea, tal como han podido demostrar experimentalmente J. Morais y sus colaboradores con adultos iletrados: fueron incapaces de realizar la tarea de suprimir el fonema inicial. Por el contrario, un grupo de adultos del mismo entorno social que habían sido alfa-