

INVESTIGACION *y* CIENCIA

¿QUE DEBE APRENDERSE EN LA SEGUNDA ENSEÑANZA?

EINSTEIN Y LOS AGUJEROS NEGROS

EXPOSICION AL SOL Y CANCER DE PIEL

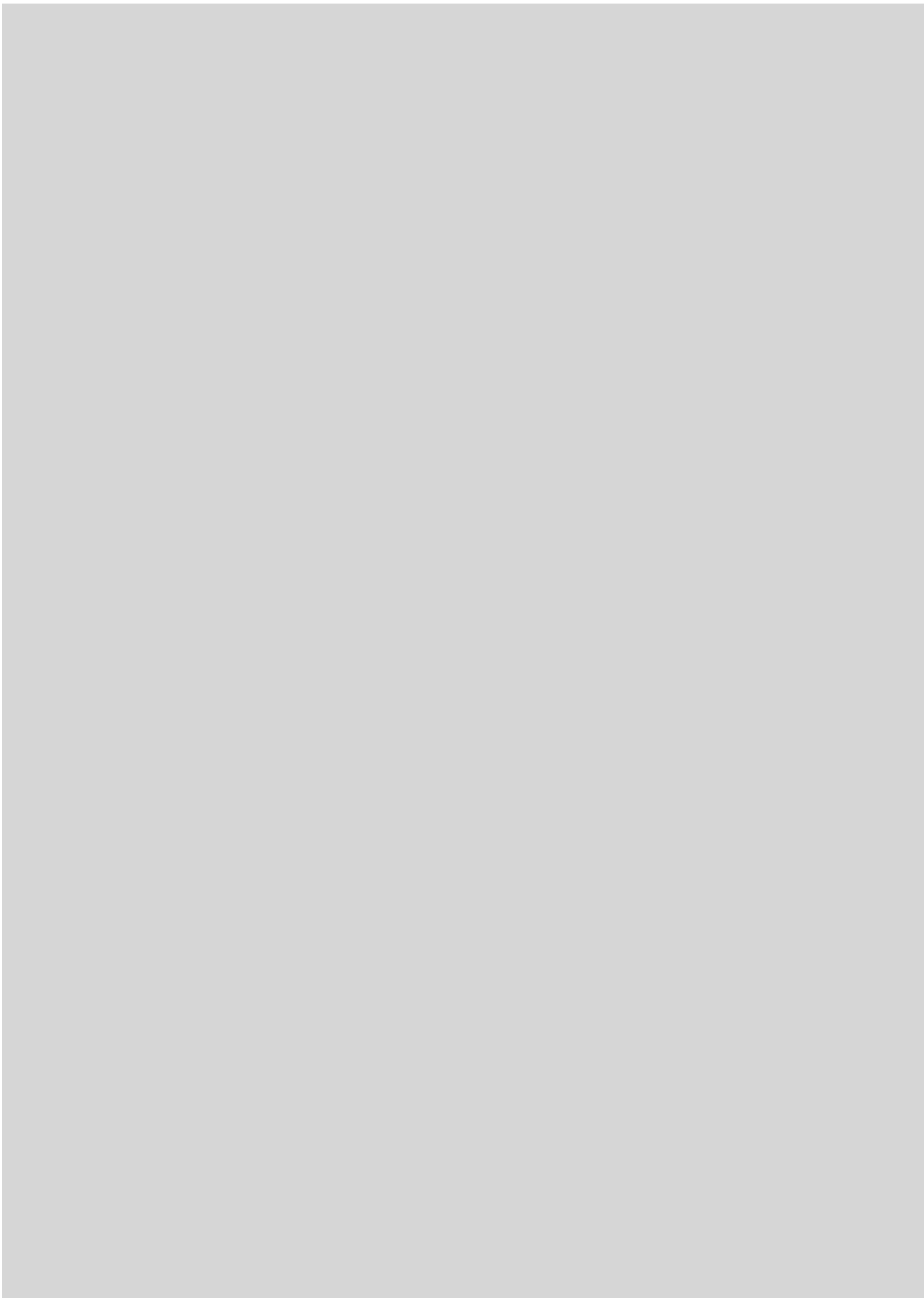
Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

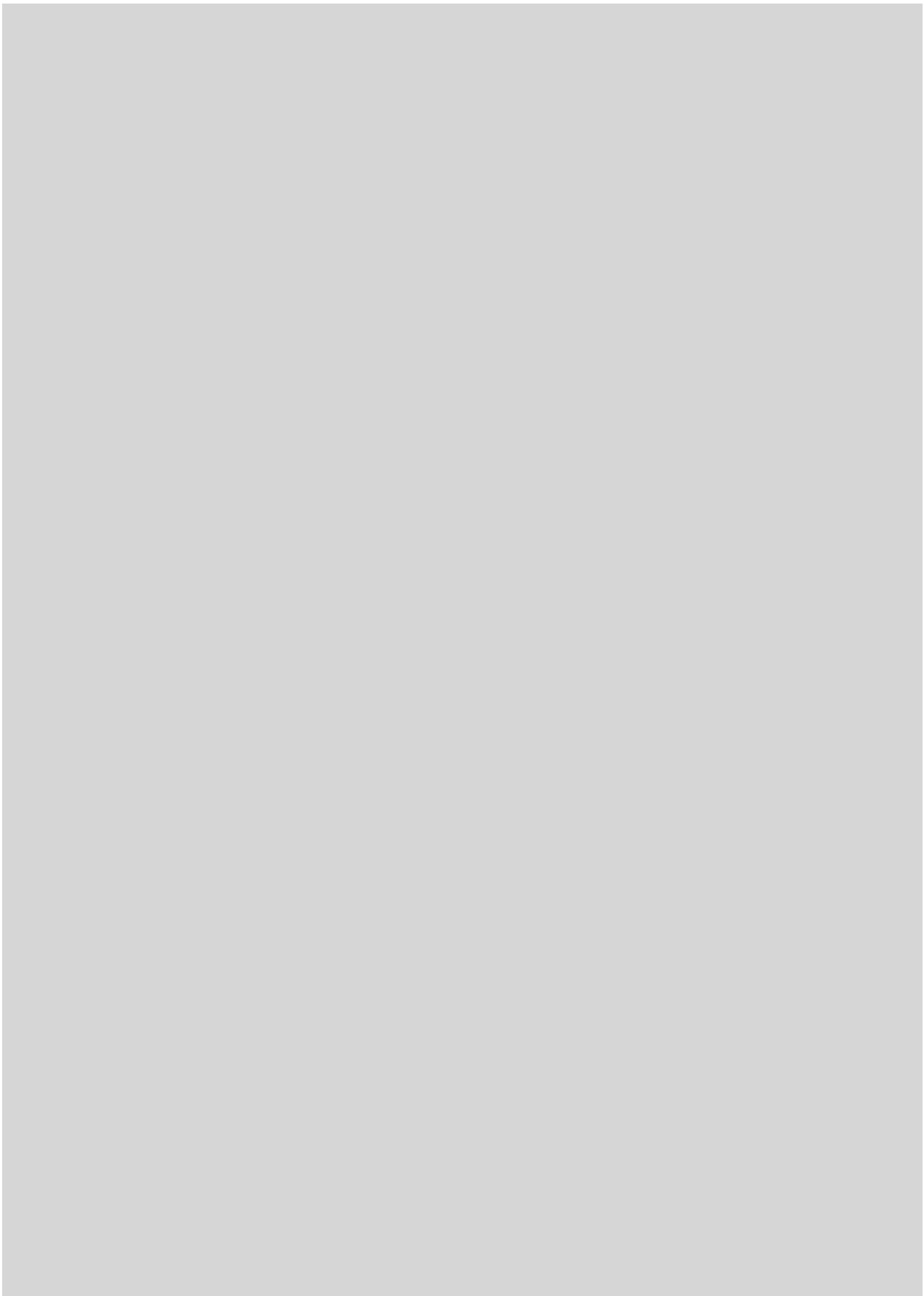


EL PELIGRO DE LAS MINAS ABANDONADAS



AGOSTO 1996
800 PTAS.





6



La tragedia de las minas contrapersonal

Gino Strada

Las minas contrapersonal se han convertido en arma favorita de las guerras de nuestros días: son baratas, persistentes y diabólicamente eficaces. Hay sembradas unos 100 millones de ellas, que cubren teatros de operaciones y zonas que lo fueron. Cada año matan o mutilan a 15.000 personas, civiles en su mayoría y, en número muy alto, niños.

12



Los geles, líquidos que no fluyen

Madeleine Djabourov y Jean-Michel Guenet

Las industrias de cosméticos, las agroalimentarias y los laboratorios farmacéuticos basan sus productos en los geles. ¿En qué consisten éstos? Sabemos que se forman cuando se entrelazan ciertas moléculas en disolución y tejen una red que atrapa al disolvente. Pero sólo la teoría de la percolación describe por qué “prenden” los geles.

20



¿Qué debe enseñarse en el bachillerato?

Pierre-Gilles de Gennes, Jean-Marie Lehn, Antonio García Bellido, Jean-Christophe Yoccoz, Francisco Rodríguez Adrados, Antonio Domínguez Ortíz y Emilio Lledó

Desde el siglo pasado, no ha habido apenas gobierno en nuestra nación que no reformara el plan de estudios del precedente. *Investigación y Ciencia* ha solicitado a reconocidos representantes de distintas disciplinas que expongan qué les hubiera gustado recibir a ellos en los años de formación.

40



El padre renuente de los agujeros negros

Jeremy Bernstein

La teoría general de la relatividad de Albert Einstein y su descubrimiento de la mecánica cuántica estadística están en la base de todas las conjeturas sobre la realidad de los agujeros negros. Einstein, sin embargo, rechazaba la idea de estas singularidades extrañas, y en repetidas ocasiones adujo argumentos contra su existencia.

46



CIENCIA EN IMÁGENES

El arte pictórico de Charles R. Knight

Gregory St. Paul

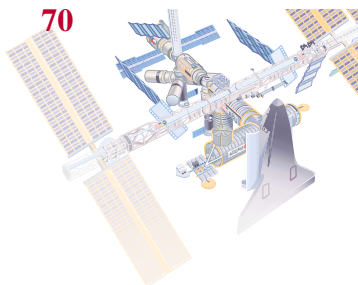
La idea de que los dinosaurios eran perezosos gigantes con cerebro de mosquito debe tanto al arte como a la ciencia, y específicamente, al trabajo de Knight, cuyos murales configuraron el pensamiento de los paleontólogos.

54**Almacenamiento de residuos nucleares***Chris G. Whipple*

En el medio siglo de era nuclear que llevamos, sólo los Estados Unidos han acumulado unas 30.000 toneladas de barras agotadas de combustible, procedentes de los reactores nucleares, y 380.000 metros cúbicos de residuos generados en la producción de plutonio con fines militares. ¿Qué hacer con ellos?

62**Radiación solar y cáncer de piel***David J. Leffell y Douglas E. Brash*

Aunque los médicos ya venían advirtiendo desde hace muchos años que la exposición a los rayos solares puede aumentar el riesgo de cáncer de piel, sólo recientemente ha comenzado a entenderse las razones. La cascada tumorógena comienza con una mutación en el gen *p53*.

70**TENDENCIAS EN CIENCIA ESPACIAL****Ciencia en el firmamento***Tim Beardsley*

La Estación Espacial Internacional, cuyo coste alcanza los 27.000 millones de dólares, no realizará muchas de las tareas que se concibieron para ella. Pese a todo, el año próximo la NASA iniciará su construcción.

SECCIONES**5 Hace...****28 Perfiles****84 Taller y laboratorio****30****Ciencia
y sociedad**

Las jaras.

87**Juegos
matemáticos**

Cuentos de un número desdeñado.

38 De cerca**90 Libros****78 Ciencia y empresa****96 Ideas aplicadas**



Portada: Daniel Adel

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
6-7	Emergency Archive
8-9	Emergency Archive (<i>fotografías</i>); Pamela Blotner, The Arms Project/PHR (<i>dibujos</i>)
10-11	Boris Starosta
12	P. Favard y M. Djabourov (<i>izquierda</i>); F. Gaill (<i>derecha</i>)
13	R. Audebert y M. Djabourov
14-16	PLS
17	Lothar Brendel
18	SBI
20-24	PLS
40	Agencia de Comunicación Internacional, cortesía del Archivo Visual Emilio Segrè; Archivo Bettmann; Jared Schneidman Design (<i>dibujo</i>); UPI/Bettmann
42	Robert Bein, AIP Archivo Visual Emilio Segrè; Ins. Max Planck, cortesía de AIP; UPI/Bettmann; AIP Archivo Visual Emilio Segrè
43	UPI/Bettmann; AIP Archivo Visual E. Segrè; UPI/Bettmann
44	Archivo Bettmann; JSD (<i>dibujo</i>); UPI/Bettmann
46-47	Ron Testa, Museo Field de Historia Natural; Museo Americano de Historia Natural; Depto. Servicio Biblioteca (<i>arriba</i>)
48-49	M. A. de Historia Natural
50	M. A. de Historia Natural (<i>arriba</i>); Don Hamerman, M. A. de Historia Natural (<i>abajo</i>)
51	M. A. de Historia Natural (<i>arriba</i>); Ron Testa, Museo Field de Historia Natural
52	John Weinstein, Museo Field de Historia Natural (<i>arriba</i>); M. A. de Historia Natural (<i>abajo</i>)
54-55	Roger Ressmeyer, <i>Starlight</i>
56-57	Roberto Osti
58	Nuclear Waste Management R&D Group, Lab. Nac. de Los Alamos
59	Depto. de Energía de EE.UU.
60	Jason Goltz
62	Consejo Anti-cáncer de Victoria
63	Audra Geras
64-65	Laurie Grace
66	Laboratory for Atmospheres; NASA Goddard Space Flight Center; Inst. Nac. del Cáncer; Laurie Grace
70-71	NASA
72	Ian Worpole
73	Boeing Defense and Space Group
74	Mike McCormick, Boeing
76	Cortesía de NASA y Agencia Espacial rusa
84	Bryan Christie
85-87	Johnny Johnson
88	Bryan Christie (<i>arriba</i>); Johnny Johnson (<i>abajo</i>)

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

J. Vilardell: *La tragedia de las minas contrapersonal, Hace..., Taller y laboratorio e Ideas aplicadas*; Claudi Mans: *Los geles, líquidos que no fluyen*; Antoni Malet: *El padre renuente de los agujeros negros*; Luis Bou: *¿Qué debe enseñarse en el bachillerato?*; *El arte pictórico de Charles R. Knight, De cerca y Juegos matemáticos*; Juan Pedro Campos: *Almacenamiento de residuos nucleares*; Esteban Santiago: *Radiación solar y cáncer de piel*; Mónica Murphy: *Ciencia en el firmamento*; Angel Garcimartín: *Perfiles*

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL Francisco Gracia Guillén

EDICIONES José María Valderas, *director*

ADMINISTRACIÓN Pilar Bronchal, *directora*

PRODUCCIÓN M.^a Cruz Iglesias Capón

Bernat Peso Infante

Carmen Lebrón Pérez

SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez

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

BOARD OF EDITORS Michelle Press, *Managing Editor*; Marguerite Holloway, *News Editor*; Ricki L. Rusting, *Associate Editor*; Timothy M. Beardsley;

W. Wayt Gibbs; John Horgan, *Senior Writer*; Kristin Leutwyler;

Madhusree Mukerjee; Sasha Nemecek; Corey S. Powell; David A. Schneider;

Gary Stix; Paul Wallich; Philip M. Yam; Glenn Zorpette

PRODUCTION Richard Sasso

CHAIRMAN AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER John J. Hanley

PUBLISHER John J. Moeling, Jr.

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona (España)
Teléfono (93) 414 33 44
Fax (93) 414 54 13

Precios de suscripción, en pesetas:

	Un año	Dos años
España	8.800	16.000
Extranjero	9.700	17.800

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 800 pesetas
Extraordinario: 1.000 pesetas

—Todos los precios indicados incluyen el IVA, cuando es aplicable.

—En Canarias, Ceuta y Melilla los precios incluyen el transporte aéreo.

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

DISTRIBUCION

para España:

MIDESA
Carretera de Irún, km. 13,350
(Variante de Fuencarral)
28049 Madrid Tel. (91) 662 10 00

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a – 08021 Barcelona
Teléfono (93) 414 33 44

PUBLICIDAD

GM Publicidad
Francisca Martínez Soriano
Menorca, 8, bajo, centro, izquierda.
28009 Madrid
Tel. (91) 409 70 45 – Fax (91) 409 70 46

Cataluña y Baleares:

Miguel Munill
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona
Tel. (93) 321 21 14
Fax (93) 414 54 13

Difusión controlada 

Copyright © 1996 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 1996 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 Scan V2, S.A., Avda. Carrilet, 237 – 08907 L'Hospitalet (Barcelona)

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

Printed in Spain - Impreso en España

Hace...

...cincuenta años

SCIENTIFIC AMERICAN: «Se ha opinado que el magnesio acabará sustituyendo al hierro como materia prima esencial en la construcción civil. Es plausible, pues, que a las próximas épocas humanas las llamemos “edad del magnesio”. Este elemento parece ser el único material “básico” cuyas reservas resultan inagotables: un kilómetro cúbico de agua marina contiene más de una tonelada del metal en forma de cloruro magnésico. Es el más liviano de los metales estructurales y el “peligro de incendio” que se le atribuye sólo debe tenerse en cuenta si se maneja fundido o en polvo fino. No obstante, aun cuando llegara a convertirse en la materia prima fundamental no lo sería, a buen seguro, hasta dentro de siglos. Sus competidores (hierro y acero, aluminio y plástico estructural) tendrían que alcanzar un estado de agotamiento y precios elevados.»

...cien años

SCIENTIFIC AMERICAN: «La Compañía del Ferrocarril de la Tercera Avenida, de Nueva York, ha mostrado interés por el motor de aire comprimido y ha adoptado el sistema inventado por el señor R. Hardie. En sistemas anteriores, cuando el aire se expandía desde los calderines, era tal la consiguiente reducción de temperatura que provocaba la congelación y obturación de los conductos de paso. En el sistema de Hardie, los coches, uno de los cuales se ilustra, presentan un aspecto general similar a un tranvía ordinario. Pero bajo los asientos hay dieciséis depósitos de aire comprimido, recipientes de acero laminado de 23 centímetros de diámetro y más de seis metros de largo, y un tanque de agua caliente, que sirve para calentar el aire antes de que entre en los dos cilindros del motor,

salvando así el inconveniente de la congelación del aire descargado.»

«Declara Nikola Tesla que los rayos Roetgen producidos por el tubo de Crookes son partículas materiales. Afirma el señor Tesla que “el chorro catódico se reduce a una forma primaria de materia no conocida hasta el presente.”»

«El doctor Fridjof Nansen, explorador noruego del Artico, ha alcanzado la latitud de 86 grados y 14 minutos, la más septentrional de las logradas hasta ahora en la pugna por llegar al polo. Expone el doctor Nansen: “A los 78 grados y 50 minutos de latitud norte dejamos que nuestro barco, el Fram, quedase atrapado en el hielo. Tal como se esperaba, anduvimos a la deriva hacia el noroeste durante el otoño y el invierno. El teniente Johansen y yo abandonamos el barco el catorce de marzo de 1896, para explorar en dirección norte y llegar a la latitud más alta posible. Disponíamos de veintiocho perros, dos trineos y dos kayaks por si aparecían trechos de agua líquida. Sin embargo, el siete de abril el hielo se había hecho tan accidentado que consideré imprudente continuar.” Se dirigieron hacia el sur y tras un invierno viviendo de carne de oso y morsa en una casa de piedra que se construyeron, los

dos exploradores fueron recogidos por el vapor Windward en la costa de la Tierra de Franz Josef.»

...ciento cincuenta años

SCIENTIFIC AMERICAN: «Merced a un magnífico y potente telescopio, proporcionado por Lord Ross, de Irlanda, la Luna ha estado sometida al más crítico de los exámenes hechos hasta ahora. Se afirma que no había vestigios de restos arquitectónicos que indiquen que nuestro satélite esté habitado, o lo haya estado, por una raza de mortales semejante a nosotros. La Luna no ofrecía señal alguna de contener nada parecido a los verdes campos y amables verdores de este hermoso mundo nuestro. No había agua visible, ni un río, ni siquiera una balsa suficiente para alimentar una factoría, y todo aparecía desolado.»

«Se sabe perfectamente que hay una emisión constante de hidrógeno procedente de la descomposición de diversas sustancias; y que ese gas, siendo más ligero que el aire, tiende a elevarse hacia la atmósfera. Según una opinión, no cabe por tanto ninguna duda de que esta inflamable sustancia abunda en la regiones superiores y que una chispa eléctrica envolvería el mundo en llamas. La única circunstancia que impide tal conflagración es que la región de electricidad excitable se encuentra a kilómetros por debajo de la del gas inflamable.»

«Sopa homeopática: Tómense dos pichones que se hayan matado de hambre, cuélgueselos de un cordel en la ventana de la cocina, de tal suerte que el sol arroje la sombra de los pichones en una olla de hierro puesta al fuego con unos cuatro litros de agua. Hiérvase la sombra a fuego lento durante diez horas, y seguidamente dése al paciente una gota en un vaso de agua cada diez días.»



Coche de aire comprimido Hardie

La tragedia de las minas contrapersonal

Las minas terrestres matan o mutilan a más de 15.000 personas cada año. La mayoría de las víctimas son civiles inocentes, entre ellas un número muy alto de niños. Pese a lo cual, cada día se siguen sembrando por millares

Gino Strada

Por fin, en Ruanda el terrible derramamiento de sangre había concluido. Alphonsine y su familia regresaban a su hogar cuando la niña pisó una mina camuflada. En el hospital de Kigali, regido por EMERGENCY, una organización asistencial, otros médicos y yo hicimos cuanto pudimos para curar las lesiones. La explosión había destrozado las piernas de Alphonsine y fracturado su antebrazo izquierdo. Hubo que amputar ambas piernas por encima de las rodillas. Su hermana sufría una herida penetrante en el cerebro producida por un fragmento metálico; no llegó a recuperar el conocimiento y murió seis horas después de la intervención. Su padre, que iba rezagado unos metros de distancia de las dos niñas, presentaba sólo pequeñas heridas múltiples en el pecho.

En mi calidad de cirujano de EMERGENCY, he tratado a numerosos niños como Alphonsine y su hermana, víctimas de una nueva clase de guerra. En su gran mayoría, los conflictos modernos no son entre países, sino domésticos: guerras civiles, luchas secesionistas, “limpiezas” étnicas y raciales o campañas terroristas. Hay auténticos ejércitos de soldados irregulares que, sin uniforme, luchan con armas devastadoras en medio de zonas densamente pobladas. Para evitar ser descubiertos, muchos grupos armados se mezclan con la población. A veces, emplean incluso a los civiles como parapetos. En numerosas ocasiones, la estrategia militar de un ejército se basa en emplear a grupos civiles como blancos y aterrorizarlos.

Todo ello ha determinado que la población civil haya venido a ocupar

los primeros puestos entre las víctimas de la guerra. En la primera guerra mundial, los civiles representaron sólo el 15 por ciento de las bajas, pero al final de la segunda el porcentaje se había elevado al 65 por ciento, incluidos los muertos en el Holocausto. En las hostilidades de hoy día, más del 90 por ciento del total de heridos son civiles. Estas cifras están confirmadas por numerosos centros de investigación, entre ellos el Instituto de Investigación para la Paz Internacional, de Estocolmo, y su homónimo de Oslo, y por las organizaciones humanitarias comprometidas en la asistencia a las víctimas.

Uno de los aspectos más dramáticos de tan catastrófico cambio es el uso cada vez más generalizado de minas contrapersonal. Armas tan inhumanas plantean una amenaza indiscriminada y persistente. Las minas terrestres no



distinguen entre el pie de un combatiente y el del niño que está jugando; tampoco reconocen la suspensión de las hostilidades ni los acuerdos de paz. Una vez sembradas, pueden mutilar o matar decenios después de terminado el conflicto. Por esta causa, se ha llamado al artilugio "arma de destrucción masiva a cámara lenta".

Las minas se han venido utilizando de formas diversas desde comienzos de siglo. Con los años, sin embargo, el arte militar ha evolucionado para hacer un uso más ingenioso de ellas. Ya no se limitan a constituir armas que impiden al enemigo acceder a ciertos terrenos, con las que se pretende embarrancar o encauzar los movimientos de las tropas adversarias, o proteger determinadas instalaciones clave. Ahora se colocan muchas veces para privar a una población local del acceso a los recursos de agua, leña, combustible, caminos e incluso a cementerios. En muchos países se han empleado helicópteros, artillería y otros medios a distancia para esparcir minas al azar sobre pueblos o tierras cultivadas como actos deliberados de terrorismo contra la población civil.

En términos técnicos, una mina contrapersonal (mina CP) es un artefacto concebido para matar o mutilar a la persona que la accione. (En contraste, las minas antitanque, minas AT, están específicamente concebidas para volar carros de combate y vehículos. Sólo estallan cuando las comprime algo que pese cientos de kilogramos.) Las minas CP son por lo general de tamaño más bien redu-

GINO STRADA estudió la carrera de medicina en la Universidad de Milán. En 1988 entró en el Comité Internacional de la Cruz Roja destinado en Pakistán. Desde entonces ha trabajado como cirujano de guerra. Ha tratado a víctimas de minas terrestres en Afganistán, Camboya, Perú, Bosnia, Djibuti, Somalia, Etiopía, Ruanda y el norte de Irak. En 1994 fundó EMERGENCY, asociación humanitaria para atender a las víctimas civiles de la guerra. EMERGENCY tiene la sede en vía Bagutta 12, 20121 Milán, Italia; teléfono 39-2-7600-1104; fax 39-2-7600-3719.

cido, frecuentemente de menos de 10 centímetros de diámetro, y difíciles de detectar. En algunos casos, el color y la forma de la mina facilitan su camuflaje y resulta indistinguible a primera vista.

La mina terrestre se activa cuando la víctima acciona la espoleta, por presión directa sobre la misma mina o sometiendo a tracción un cable de disparo. Esa acción enciende al detonador, que a su vez activa al multiplicador, una pequeña carga de alto explosivo. Por fin, la detonación del multiplicador explota la carga principal de la mina.

En los últimos años, la técnica de las minas ha evolucionado de modo importante. El desarrollo de las minas de plástico, así como de otras que contienen una mínima cantidad de metal, las ha convertido en armas más baratas, más fiables, más duraderas y más difíciles de detectar y desmontar. Por su lado, los sistemas

de despliegue a distancia (helicópteros y otros) han posibilitado lanzar miles de minas sobre una gran extensión de terreno en cuestión de sólo minutos. Semejante siembra de minas impide registrar el lugar exacto donde toman tierra, lo que dificulta todavía más su recuperación.

Por desgracia, la técnica de las minas terrestres es muy sencilla y su coste muy bajo (la mayoría de ellas cuestan entre 500 y 2000 pesetas). De ahí que en los últimos años las han fabricado y vendido un número creciente de países, incluidos muchos del mundo en vías de desarrollo. Aproximadamente 50 países han producido y exportado minas contrapersonal. En el mercado se ofrecen hoy más de 350 modelos, no sólo a los ejércitos regulares, sino, sobre todo, a grupos guerrilleros y facciones armadas de todo el globo.

Se desconoce el número de minas sin estallar colocadas. Según fuentes

1. MINA SB-33, a tamaño natural. Se disimula entre los cantos con tal perfección que resulta casi indistinguible. Cuando una persona pisa una de estas minas de voladura, la explosión resultante le volará el pie o la pierna. Muchas minas contrapersonal se fabrican en formas y colores que facilitan su camuflaje una vez sembradas.



Patrones de lesiones

LAS LESIONES DE PATRON A, que sufre el muchacho de la fotografía inferior, suelen causarlas las minas de voladura pequeñas, tales como la VS-50 que se muestra a la derecha. Estas armas, de menos de 10 centímetros de diámetro, casi siempre arrancan un pie o una pierna, según como se pisen. Rara vez producen heridas por encima de la rodilla o en la otra pierna.



de las Naciones Unidas, el Departamento de Estado de EE.UU. y diversas agencias humanitarias, habrá al menos 100 millones repartidas en 64 países. Ahora bien, dado que es corriente que ni los fabricantes ni los usuarios guarden registros, esas cifras probablemente infravaloran la situación real. Cualquiera que sea el caso, es innegable que una importante fracción del mundo sufre de lo que podría considerarse “contaminación por minas terrestres”.

Los organismos que prestan asistencia a las víctimas o colaboran en las operaciones de limpieza de minas estiman que durante los dos últimos decenios esas armas han matado o mutilado a 15.000 personas cada año. De esas víctimas, aproximadamente el 80 por ciento eran civiles. Es muy probable que el número real sea mayor, dado que muchos accidentes ocurren en zonas remotas sin instalaciones médicas, para los que no hay registro documental. En una zona minada, muchas actividades cotidianas (buscar leña o alimentos, sacar agua de un pozo, cultivar la tierra, jugar, cuidar del ganado) se convierten en tareas de alto riesgo. Yo mismo he atendido a 1950 personas heridas por minas; de ellas, el 93 por ciento eran civiles y el 29 por ciento eran niños de menos de catorce años.

A efectos prácticos podemos dividir las minas contrapersonal en dos grandes grupos: minas de voladura

y minas de fragmentación. Las primeras acostumbran reaccionar a una presión, por ejemplo, la de un pie que pisa una placa sensible; producen unas heridas que son consecuencia directa de la misma explosión. Las minas de fragmentación suelen activarse por cables de disparo. Cuando estallan, un gran número de esquirlas metálicas salen proyectadas hasta una distancia considerable. Esa metralla estaba encerrada en la propia mina o resulta del troceo de la vaina externa.

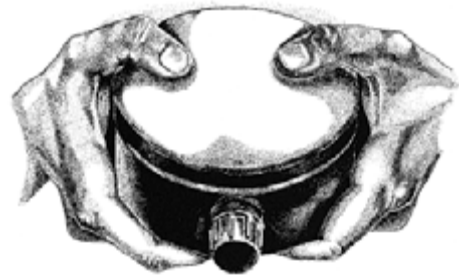
El tipo de mina, su mecanismo de explosión, su ubicación en el terreno, la posición de la víctima y las características del entorno inciden en la naturaleza y extensión del daño causado. Las víctimas sufren una amplia gama de heridas, que podemos reducir a cuatro patrones generales. Para entender hasta qué punto son realmente espantosas esas armas, hay que conocer lo que hacen y cómo lo hacen.

Las minas de voladura pequeñas, de diámetro inferior a 10 centímetros, producen un patrón de lesiones muy corriente que llamamos patrón A. Entre las minas más corriente de este grupo se cuentan las minas de siembra a voleo italianas TS-50 y SB-33 y las de siembra manual VS-50 y VAR-40, la M14 de fabricación norteamericana y la Tipo 72 china. Estas armas amputan el pie o la pierna. A veces, quizá se pierda

sólo una parte del pie, según estuviera colocada la mina y la forma en que se pisó. En la mayoría de los casos, las heridas producidas por las minas de este tipo caen por debajo de la rodilla, sin que se presenten lesiones de importancia en puntos más altos del cuerpo o en la otra pierna.

Las minas de voladura de mayor tamaño, citemos las rusas de la serie PMN, suelen ocasionar un tipo de herida distinto (patrón B). La diferencia se debe en parte a la diversidad de tamaños. El diámetro de la “pequeña” VS-50 es de 9 centímetros, mientras que el de una PMN es de 11,2 centímetros. En ambas minas, las ondas de choque se propagan hacia fuera a la misma velocidad, unos 6800 metros por segundo, siete veces la velocidad de una bala celerísima. Pero el cono de la explosión, o sea, el volumen que transporta la fuerza explosiva, es mucho más ancho en la mina mayor. Además, las minas grandes contienen más cantidad de explosivo de redoblado poder. Por ejemplo, una VS-50 contiene 42 gramos de RDX-TNT; una PMN-2, 150 gramos de TNT; y una PMN, 240 gramos de TNT.

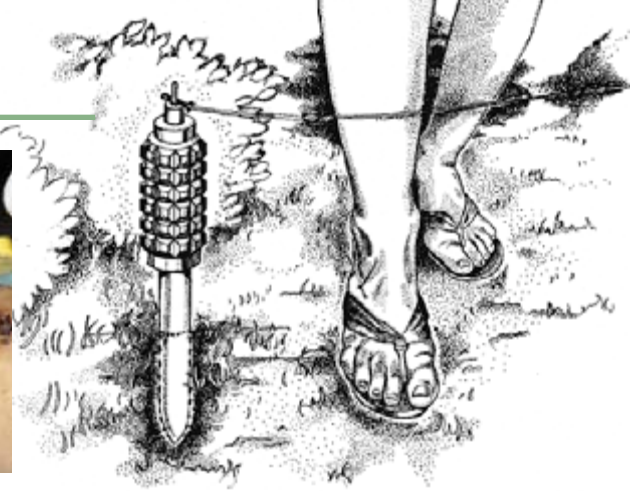
Las víctimas que pisan una de esas grandes minas contrapersonal sufren una amputación traumática. Muy a menudo, vuela la parte inferior de la pierna. Una porción de la tibia puede sobresalir del muñón y los múscu-



LAS LESIONES DE PATRON B, sufridas por algunos de los niños que aparecen en la foto de la izquierda en el hospital de la Cruz Roja de Kabul (Afganistán), resultan cuando se pisan minas contrapersonal tales como la PMN (arriba). Estas minas no son mucho mayores que las minas de voladura pequeñas, pero contienen mucha más cantidad de explosivo. Como resultado, suelen amputar la parte inferior de la pierna y causan más daños a los muslos, genitales y nalgas.



LAS LESIONES DE PATRON C las produce la mina PFM-1, llamada mina mariposa (izquierda). Estas minas no estallan hasta que se haya aplicado una compresión acumulativa suficiente en sus alas, las cuales facilitan su planeo hasta el suelo tras haberlas arrojado desde un helicóptero. Como suelen estallar cuando se las manipula, amputan dedos o manos y dañan también la cara y el pecho. Casi todas las víctimas son niños, como el de la ilustración de arriba, atraídos por su aspecto de juguete.



LAS LESIONES DE PATRON D indican que una persona ha disparado una mina de fragmentación, tal como la mina "de estaca" POMZ-2 que se muestra arriba. Estas minas acostumbran matar a quien entre en contacto directo con ellas, descargando esquirlas metálicas sobre una extensa zona.

los remanentes quedan aplastados y empujados hacia arriba, confiriendo a la herida un grotesco aspecto de coliflor. En ocasiones, se pierden la mitad inferior de la pierna y la rodilla. Con frecuencia se sufren grandes heridas en el muslo, los genitales o las nalgas. En muchos pacientes, la otra pierna presenta también daños, con heridas o fracturas abiertas. Como resultado, a veces se pierden porciones de ambas piernas. Son asimismo bastante corrientes heridas penetrantes en el abdomen o el pecho.

La PFM-1 rusa, la llamada mina mariposa, produce un tercer patrón de lesiones (patrón C). Debe ese poético apodo a las pequeñas alas que luce y que le permiten planear hasta tierra cuando se la suelta desde un helicóptero. Durante el conflicto afgano se lanzaron en cantidades enormes. Se trata de un artilugio diabólico, pues la PFM-1 es una "mina juguete", un arma disfrazada de tal. Aunque la industria militar insiste en que la forma de la PFM-1 viene determinada por su función, nadie puede negar el atractivo que encierra para los niños.

Se caracterizan estas minas por actuar merced a la deformación de las alas o a una compresión acumulativa sobre las mismas; en otras palabras, no siempre estallan a la primera. En Afganistán nos contaron varios episodios de niños que habían encontrado una mariposa (o "loro verde",

como allí la llaman) y jugado con ella durante horas con sus amigos antes de que sobreviniera la explosión. Parece, pues, que el nombre de "mina juguete" está totalmente justificado. Según la experiencia quirúrgica de nuestro grupo, entre las más de 150 víctimas de este tipo de mina que tratamos no se contaba ni un solo adulto.

Técnicamente, la PFM-1 no es sino un tipo más de mina de voladura de siembra a voleo de pequeño tamaño, pero por la peculiaridad de los daños que causa, merece una descripción aparte. Por lo común, la PFM-1 se tiene en la mano cuando estalla, por lo que amputa traumáticamente una o las dos manos desde la muñeca. En casos menos graves, sólo destruye dos o tres dedos. Muy a menudo el estallido produce daños adicionales en el pecho y la cara. Son muy corrientes las heridas en un ojo o en los dos, produciéndose ceguera parcial o total.

Las minas contrapersonal de fragmentación producen el cuarto patrón de lesiones (patrón D). Dentro de este grupo se encuentran las minas de fragmentación "de rebote", tales como la italiana Valmara-69, las estadounidenses de la serie M16 y las rusas de la serie OZM. Estas armas se siembran en el terreno pero, al accionarse, saltan al aire antes de estallar, de suerte que sus fragmentos pueden

dispersarse con el máximo alcance y el máximo efecto letal. En esta clase de armas se cuentan asimismo las minas de fragmentación direccionales, incluidas la estadounidense M18A1 (o "Claymore") y las minas "de estaca" rusas MON y POMZ, las cuales apuntan sus proyectiles hacia un blanco. Una característica común a todas ellas es que actúan mediante un cable de disparo.

La característica definitoria de las minas de fragmentación es que proyectan cascos metálicos sobre una zona extensa. La Valmara-69, por ejemplo, estalla a una altura de 50 a 100 centímetros, más o menos al nivel de la cintura de un hombre, y lanza unos 1000 trocitos de metralla metálica esparciéndolos en círculo. Los especialistas consideran que estas minas tienen una "zona mortal" de unos 2,5 metros y una "zona de heridas" de hasta 200 metros.

Las minas de fragmentación producen heridas en todo el cuerpo. El alcance de la herida depende en parte del tamaño de la esquirla que penetró. Si la víctima se halla a metros de distancia del lugar de la explosión, los fragmentos penetrarán en el abdomen, el pecho o el cerebro, en especial si la mina era de rebote. A distancias menores, las heridas se asemejan a las del patrón B. No obstante, los médicos no suelen llegar a tiempo de tratar amputaciones traumáticas debidas a minas de fragmentación porque éstas

suelen matar al instante a quien las accione por contacto directo.

En el norte de Irak, durante la guerra del Golfo Pérsico, tuvimos ocasión de observar seis bajas por explosión de una Valmara-69. Las dos personas que intentaron desespoletar la mina para recuperar su contenido de aluminio (que valía un dólar en el mercado local) murieron en el acto. A la vez, otras cuatro personas que se encontraban próximas, dos de ellas jóvenes pastores, sufrieron heridas graves. Sólo dos sobrevivieron.

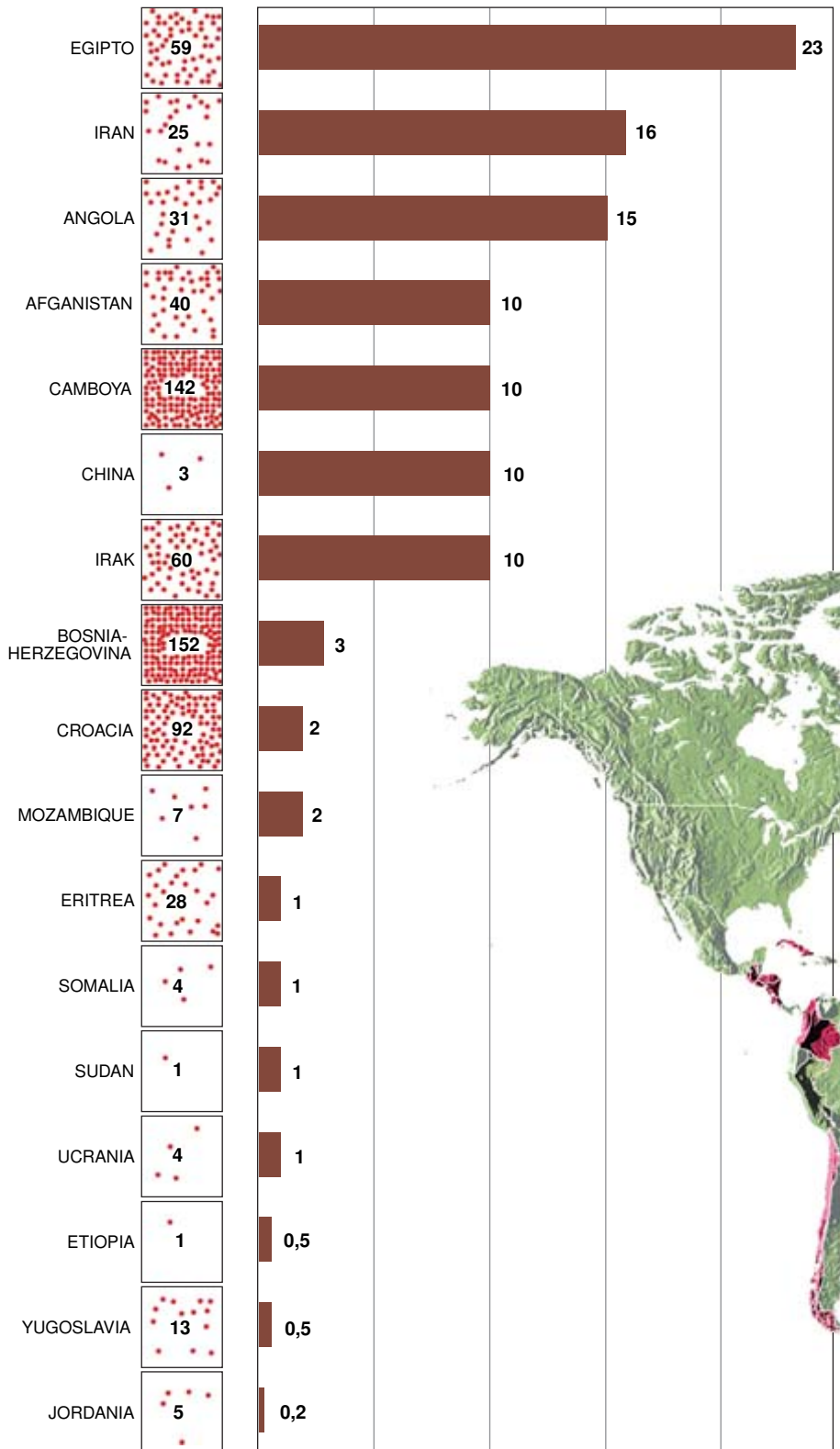
Los patrones de heridas que he descrito identifican la distribución de heridas predominante que puede sufrir un paciente, pero no guardan una correspondencia lineal con los niveles de gravedad. Una amputación traumática del pie con sólo una pequeña herida en el muslo (una baja de patrón A) podría suponer una amenaza para la vida si la herida en el muslo interesara la arteria femoral. Lo habitual es que un paciente que sufra una herida de mina terrestre se halle en situación crítica. Muchas veces estará directamente afectada alguna estructura vital, o bien las heridas (incluidas las amputaciones traumáticas) son tan extensas, que el paciente está bajo el peligro de shock hemorrágico. En una situación de emergencia así, el identificar un patrón de lesiones con una categoría específica de mina terrestre puede brindar una información muy útil al equipo quirúrgico (y también al personal responsable de la limpieza de la zona minada).

Por varias razones, la cirugía de las lesiones por minas terrestres es una disciplina compleja y dificultosa. Muchas veces los equipos médicos deben trabajar en zonas peligrosas donde prosiguen los combates. A la precariedad habitual de las instalaciones disponibles se suman la escasez de recursos, la falta de higiene adecuada y, a veces, incluso la ausencia de agua y electricidad. Si tanta menesterosidad convierte en ardua la tarea del cirujano, éste debe, además, hallarse preparado para hacer frente a toda clase de emergencias: vasculares, torácicas, abdominales, ortopédicas, etc. Los fragmentos de hueso, por ejemplo, pueden devenir "balas secundarias". En cierta ocasión tuve que reconstruir la arteria axilar del hombro de un paciente que la había seccionada un trozo de hueso procedente del pie, amputado traumáticamente, del mismo paciente.

Desde el punto de vista técnico, la piedra angular de esta cirugía es el

NUMERO MEDIO DE MINAS TERRESTRES DESPLEGADAS POR KILOMETRO CUADRADO

NUMERO TOTAL DE MINAS TERRESTRES DESPLEGADAS, EN MILLONES



2. EN EL MAPA de la derecha figuran en rojo los países que informan de incidentes con minas terrestres. El diagrama de barras muestra el número de minas plantadas en la región correspondiente sólo cuando se conoce esa estimación. En los recuadros (izquierda) se indica la densidad del despliegue de minas medida en función del número medio de minas por kilómetro cuadrado.