

INVESTIGACION *y* CIENCIA

ASI NACIERON LAS MEMORIAS MAGNETICAS

PLANTAS TRANSGENICAS

MECANISMO DARWINISTA DE LA ENFERMEDAD

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**



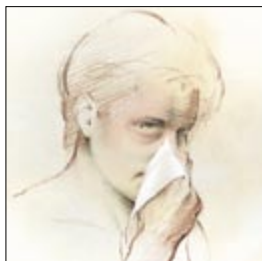
9 770210 136004

00268

ORIGEN, COMPOSICION Y ALCANCE DE LOS METEORITOS

ENERO 1999
800 PTAS.

4



Evolución y orígenes de la enfermedad

Randolph M. Nesse y George C. Williams

¿Por qué tenemos mucosidad cuando estamos resfriados? ¿Por qué tosemos? ¿Por qué algunas enfermedades son más letales que otras? Los agentes infecciosos y las debilidades del cuerpo son causas inmediatas de enfermedad, pero no explican por qué ésta adquiere la forma en que se produce. Los conceptos de la biología evolutiva pueden ayudar a unificar las ciencias médicas.

14



CAZADORES DE METEORITOS

Meteoritos en el desierto

Jeffrey C. Wynn y Eugene M. Shoemaker

No hace tanto, un meteorito del tamaño del garaje de un chalet se estrelló en el deshabitado corazón de Arabia y vitrificó en un abrir y cerrar de ojos la arena. La exploración de este lugar nos recuerda el poder destructor de las rocas venidas del espacio.

22

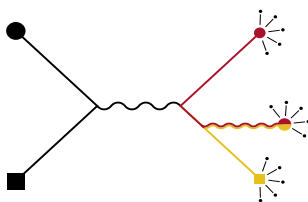


Meteoritos en hielos polares

W. Wayt Gibbs

En diciembre de 1997 una bola de fuego cruzó los cielos del Artico a la vista de testigos y cámaras en Groenlandia. Apoyado en su aceleradísima velocidad, hay quien sugiere que pudo venir de más allá de nuestro sistema solar. Los investigadores han escudriñado kilómetros de nieve en busca de sus restos... y de respuestas.

40



Glubolas

Frank E. Close y Philip R. Page

Lo mismo que los fotones transmiten la fuerza electromagnética, los gluones son los vehículos de la interacción nuclear fuerte que enlaza los quarks en el interior de protones y neutrones. No se pueden detectar gluones sueltos. Pero, como predice la teoría cuántica, es posible que se hayan encontrado ya efímeros agregados llamados glubolas.

46



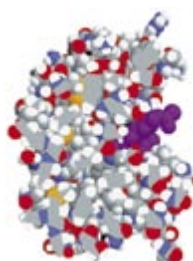
Vertidos naturales de petróleo

Ian R. McDonald

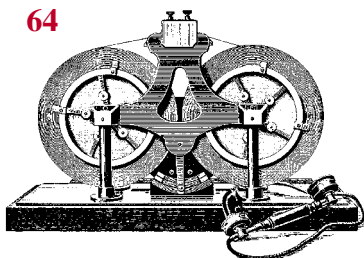
Las filtraciones de petróleo que se producen cada decenio en el golfo de México, procedentes de fisuras naturales del fondo marino, suponen el vertido de tanto crudo como el de la fuga del *Exxon Valdez*. Este lento y progresivo goteo de petróleo mantiene comunidades únicas de animales y plantas consumidoras de hidrocarburos.

52**CIENCIA EN IMAGENES****Estrategias de cópula de las arañas***Ken Preston-Mafham y Rod Preston-Mafham*

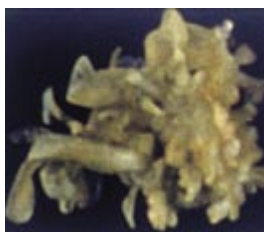
El sistema reproductor de los arácnidos guarda escaso parecido con el de cualquier otro grupo del reino animal. Las arañas han desarrollado enigmáticos comportamientos de cortejo, que a veces termina en canibalismo.

58**El agua y las moléculas de la vida***Mark Gerstein y Michael Levitt*

En el interior de las células el agua no se limita a bañar las proteínas, el ADN y otras macromoléculas. Contribuye también a darles forma, al mismo tiempo que participa en sus reacciones químicas. Mediante el uso de ordenadores, los químicos y biofísicos pueden simular cómo influye el agua en la dinámica de las moléculas biológicas.

64**Un siglo de memorias magnéticas***James D. Livingston*

Un examinador de patentes norteamericano ridiculizó el primer sistema magnético para registrar información porque contradecía “todas las leyes conocidas del magnetismo”. El desarrollo de esta técnica se demoró varios decenios por la deficiente comprensión de sus fundamentos físicos. Con el tiempo los discos duros y demás sistemas de grabación magnética se han hecho indispensables.

70**Plantas transgénicas***M.^a Fernanda Nieto-Jacobo, Arturo Guevara-García y Luis Herrera-Estrella*

Los programas actuales de mejora de plantas, fundados en la ingeniería genética, se proponen, igual que los de ayer, aumentar el rendimiento, disminuir las pérdidas por plagas y rebajar los costes de producción. Pero abrigan intereses más ambiciosos en química y farmacia.

SECCIONES**3 HACE...****30 PERFILES****32 CIENCIA Y SOCIEDAD****82 TALLER Y LABORATORIO****84 IDEAS APLICADAS****86 JUEGOS MATEMATICOS****89 LIBROS****95 NEXOS**



Portada: Don Dixon

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
4-5	Craig Kiefer; CNRI/SPL/Photo Researchers, Inc.; Laurie Grace
6	Craig Kiefer; Johnny Johnson (gráfica)
7	Craig Kiefer
10	Craig Kiefer
14-15	Don Dixon
16-17	Laurie Grace (mapa); Slim Films (ilustración); Jeffrey C. Wynn (abajo)
18	Carolyn Shoemaker (arriba); Slim Films (abajo)
19	Jeffrey C. Wynn
20	Joe Polimeni y Bill Chasteen, Zahid Tractor Corp. y A. M. General Corporation
21	David Morrison NASA Ames Research Center; Laurie Grace
22-23	Andy Ryan
24	Don Dixon
25	Laurie Grace (arriba); Andy Ryan (abajo)
26-27	Andy Ryan (izquierda), Hans Henrik Olsen (centro y derecha)
28-29	Andy Ryan
40-44	Bryan Christie
45	Fuente: Crystal Barrel Collaboration, CERN
46	Ralph Baker
47	Jonathan Blair, Crocodile Photos
48	John de Santis (arriba), William F. Haxby (abajo)
49	NASA (arriba), John de Santis (abajo)
50	Ian MacDonald
51	Charles R. Fisher y Rosemary Walsh, Universidad del estado de Pennsylvania
52-57	Ken Preston-Mafham
58-63	Mark Gerstein y Michael Levitt
64	Scientific American (arriba); Telebiblioteket-Tele Danmark; UPI/Corbis-Bettmann; Corbis-Bettmann; Emtec Magnetics
65	Ampex Archives; UPI/Corbis-Bettmann; Emtec Magnetics
66	UPI/Corbis-Bettmann; Mitre Corporation Archives; IBM Corp.
67	Bryan Christie (arriba); Ampex Archives; National Archives and Records Administration; Archive Photos (audiocassette), Blank Archives/Archive Photos (cintas)
68	UPI/Corbis-Bettmann; Donal Philby, FPG International; KTLA-Channel 5; Ken Cedeno, Sipa
70-79	M.ª Fernanda Nieto-Jacobo, Arturo Guevara-García y Luis Herrera-Estrella
82-83	Daniels & Daniels
84-85	George Retseck; Everett Collection de "The Wedding Singer"
86-87	Ian Worpole
89	Dusan Petricic

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

José M.ª Valderas Martínez: *Evolución y orígenes de la enfermedad* y *Nexos*; Mónica Murphy: *Meteoritos en el desierto* y *Meteoritos en hielos polares*; Juan P. Campos: *Glubolas*; Sonia Ambrós Albesa: *Vertidos naturales de petróleo*; Xavier Bellés: *Estrategias de cópula de las arañas*; Esteban Santiago: *El agua y las moléculas de la vida*; Xavier Roqué: *Un siglo de memorias magnéticas*; Angel Garcimartín: *Perfiles*; J. Vilardell: *Hace..., Taller y laboratorio e Ideas aplicadas*; Luis Bou: *Juegos matemáticos*

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

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*; Philip M. Yam, *News Editor*;

Ricki L. Rusting, Timothy M. Beardsley y Gary Stix, *Associate Editors*;

W. Wayt Gibbs, *Senior Writer*; Kristin Leutwyler, *On-Line Editor*;

Mark Alpert, Carol Ezzell; Alden M. Hayashi; Madhusree Mukerjee;

George Musser; Sasha Nemecek; David A. Schneider y Glenn Zorpette;

Marguerite Holloway, Steve Mirsky y Paul Wallich, *Contributing Editors*

PRODUCTION Richard Sasso

CHAIRMAN AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER John J. Hanley

CO-CHAIRMAN Rolf Grisebach

PRESIDENT Joachim P. Rosler

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	11.150	20.700

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 800 pesetas

Extraordinario: 1.000 pesetas

—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, semisótano, 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 © 1998 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 1999 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 fotocopios reproducidos por Dos Digital, Zamora, 46-48, 6ª planta, 3ª puerta - 08005 Barcelona

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

Printed in Spain - Impreso en España

HACE...

...cincuenta años

NUCLÉAIRE. «La primera reacción en cadena autoabastecida producida fuera de los países de habla inglesa acaban de conseguirla físicos franceses. Frédéric Joliot Curie, director de la Comisión Francesa para la Energía Atómica, anunció la entrada en funcionamiento, el mes pasado, de una pila de uranio en Fort Châtillon, en las afueras de París. Para los trabajadores estadounidenses, a quienes tantos esfuerzos costó refinar el uranio empleado en sus reactores, la capacidad de la pila de Châtillon para automantenerse con uranio impuro (óxido de uranio) supone cierta sorpresa.»

EL COMPLEJO DE EDIPO. «Freud sabía del complejo de Edipo por la tragedia *Edipo rey* de Sófocles. La cuestión estriba en si Freud acertaba al suponer que ese mito confirma su opinión de que los impulsos incestuosos inconscientes y el consiguiente odio hacia el padre-rival son intrínsecos a la naturaleza de todos los infantes varones. Mas si examinamos el mito más de cerca, surgen dudas. En él no hay indicio alguno que apunte a que Edipo se sienta atraído por Yocasta o de que esté enamorado de ella. El mito debe entenderse como símbolo, no de un vínculo incestuoso entre madre e hijo, sino de la rebelión de éste frente a la autoridad del padre en el seno de una familia patriarcal; la boda de Edipo y Yocasta simboliza la victoria del hijo que se apodera del puesto del padre y con ello de todos los privilegios.»

—Erich Fromm»

...cien años

POLONIO Y RADIO. «Dos de nosotros hemos demostrado que, merced a un proceso puramente químico, de la pechblenda puede extraerse una sustancia intensamente radiactiva. Llegamos, por tanto, a la conclusión de que la

pechblenda podría contener un nuevo elemento, para el que propusimos el nombre de polonio. Posteriormente, hemos topado con una segunda sustancia, intensamente radiactiva, y por completo distinta de la primera en sus propiedades químicas. Esta nueva sustancia radiactiva posee las propiedades del bario casi puro, aunque con unos cloruros 900 veces más radiactivos que el uranio. Creemos que la nueva sustancia radiactiva contiene un nuevo elemento, para el que proponemos el nombre de radio.

—M.P. Curie, Mme. P. Curie y M.G. Bémont»

MALOS AIRES. «El doctor G.B. Grassi albergó durante tiempo dudas acerca de la relación entre mosquitos y malaria, ello a causa de la ausencia de la enfermedad en ciertos distritos donde abundan los mosquitos. Ahora, una cuidadosa clasificación de las distintas especies de mosquitos le ha llevado a la conclusión de que la distribución de ciertas formas del insecto coincide muy ceñidamente con la distribución de la enfermedad. El *Culex pipiens* común debe considerarse inocuo. Por contra, una especie abundante (*Anopheles claviger*, Fabr.) conocida en Italia como 'zanzarone', o 'moschino', se encuentra siempre asociado a la malaria, y abunda donde se halla extendida la enfermedad.»



Edipo, rey de Tebas, con su reina, Yocasta

...ciento cincuenta años

BIOCIDAS PARA LA AGRICULTURA. «La revista *London Lancet* menciona entre las prácticas habituales de los agricultores ingleses la de remojar el trigo en un solución de arsénico antes de sembrarlo, para prevenir los estragos de los gusanos en los granos y de los pájaros en la planta ya crecida. Se afirma que el plan ha demostrado resultar un éxito destacado y que desde luego no ejerce ningún efecto deletéreo en la planta. En Hampshire, Lincolnshire y muchos otros distritos donde la práctica está extendida, se ha encontrado un gran número de perdices y faisanes muertos en los trigales, envenenados al comer las semillas. Se trata de una práctica condenable. Debemos ser capaces de alimentar tanto a los hombres como a los pájaros.»

CAUDALES DE NICOTINA. «En su *Tratado de las Enfermedades*, Prout dice del tabaco: 'Aunque reconocida como uno de los venenos naturales más virulentos, la influencia de esta nociva semilla es tan fascinante, que la humanidad recurre a ella de cualquier modo concebible para asegurarse su pasmosa y perniciosa acción. Son perfectamente conocidos los síntomas agudos y de dispepsia que presentan algunos inhaladores de rapé empedernidos; y yo he visto a esos casos acabar fatalmente en enfermedades malignas del estómago y el hígado. Sin duda, si se dejara prevalecer el dictado de la razón, no tardaría en proscribirse el uso común de un artículo tan nocivo para la salud y tan ofensivo por el modo en que se emplea.'»

UN DIAMANTE NOTABLE. «Koh-i-nor —o 'montaña de luz'—. Las tropas británicas han arrebatado a uno de los príncipes de la India un diamante de valor inestimable. Se proponen engarzarlo en el centro de la diadema de la reina Victoria.»

Evolución y orígenes de la enfermedad

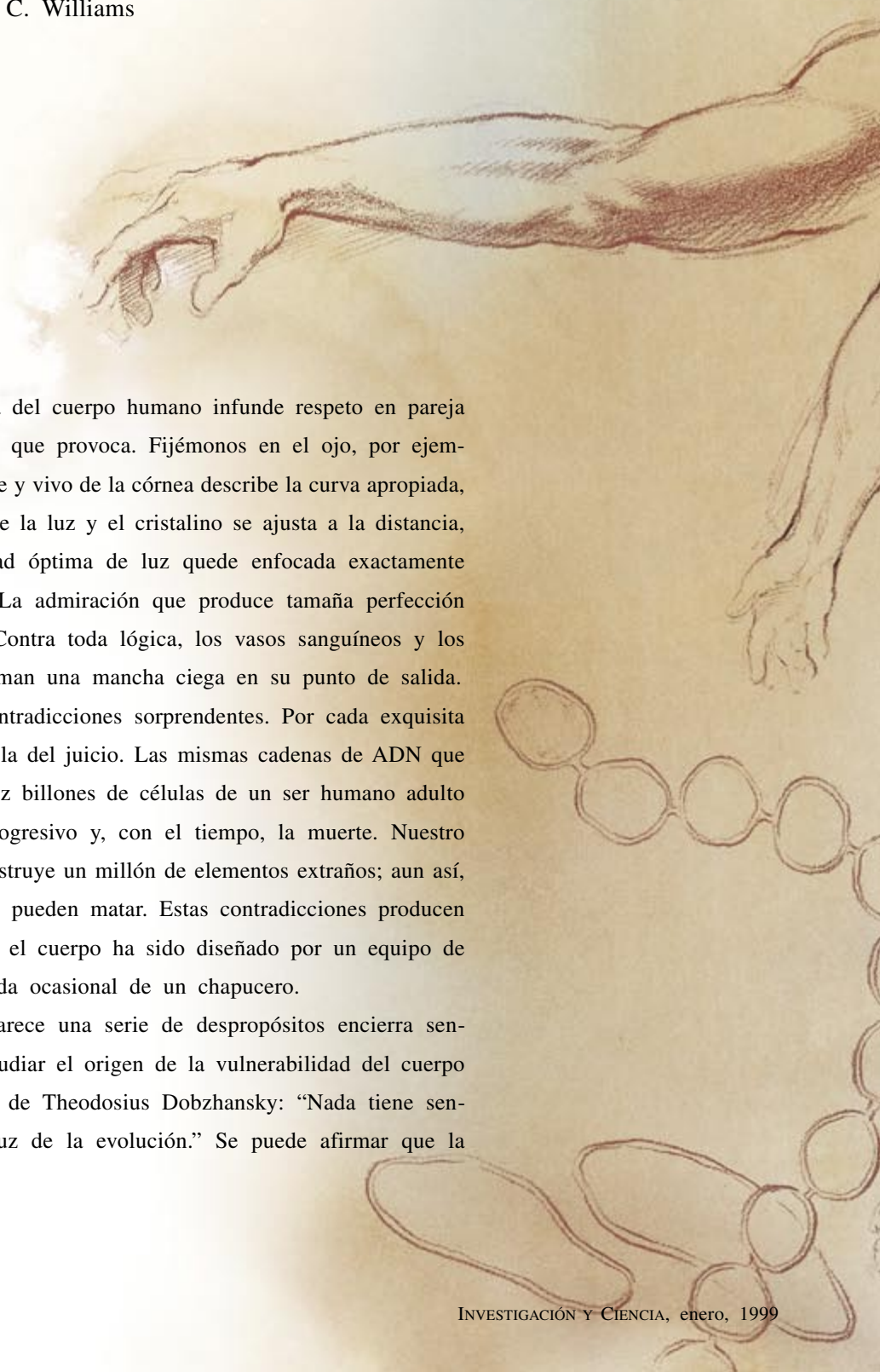
Los principios de la evolución por selección natural empiezan a aplicarse en medicina

Randolph M. Nesse y George C. Williams

La contemplación detenida del cuerpo humano infunde respeto en pareja medida a la perplejidad que provoca. Fijémonos en el ojo, por ejemplo. El tejido transparente y vivo de la córnea describe la curva apropiada, el iris se adapta a la intensidad de la luz y el cristalino se ajusta a la distancia, todo de suerte tal que la cantidad óptima de luz quede enfocada exactamente sobre la superficie de la retina. La admiración que produce tamaña perfección cede pronto a la consternación. Contra toda lógica, los vasos sanguíneos y los nervios atraviesan la retina y forman una mancha ciega en su punto de salida.

El cuerpo es un cúmulo de contradicciones sorprendentes. Por cada exquisita válvula cardíaca tenemos una muela del juicio. Las mismas cadenas de ADN que gobiernan el desarrollo de los diez billones de células de un ser humano adulto permiten también su deterioro progresivo y, con el tiempo, la muerte. Nuestro sistema inmunitario identifica y destruye un millón de elementos extraños; aun así, son muchas las bacterias que nos pueden matar. Estas contradicciones producen la desagradable impresión de que el cuerpo ha sido diseñado por un equipo de magníficos ingenieros con la ayuda ocasional de un chapucero.

Pero lo que a primera vista parece una serie de despropósitos encierra sentido. El encontrarlo nos exige estudiar el origen de la vulnerabilidad del cuerpo urgidos por las avisadas palabras de Theodosius Dobzhansky: "Nada tiene sentido en biología si no es a la luz de la evolución." Se puede afirmar que la





Limitaciones

Ejemplo: el diseño del ojo humano comporta la existencia de una mancha ciega y permite que la retina se desprenda. El ojo del calamar no presenta estos problemas.



Defensas

Ejemplo: la tos o la fiebre no son alteraciones, sino expresión de las defensas del cuerpo.



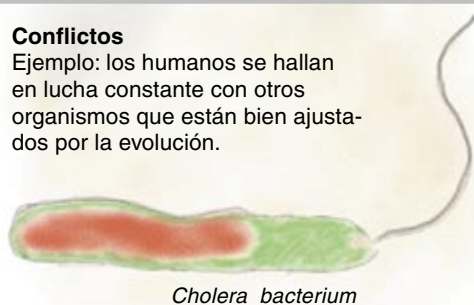
Compromisos

Ejemplo: el diseño exagerado de cualquier sistema, como un par de brazos irrompibles, desorganizaría el funcionamiento del cuerpo.



Conflictos

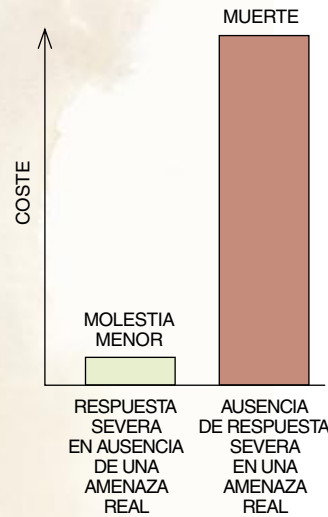
Ejemplo: los humanos se hallan en lucha constante con otros organismos que están bien ajustados por la evolución.



Nuevo ambiente

Ejemplo: la exposición del cuerpo humano a un medio donde abunda lo que antes era escaso, como la comida rica en grasas, es muy reciente.





1. EL PRINCIPIO DEL DETECTOR DE HUMOS que rige la activación de nuestras defensas es responsable de inconveniencias innecesarias e inevitables. El precio que hay que pagar por una falsa alarma —una fuerte reacción, como el vómito, que se produce en ausencia de amenaza real para la vida— es una situación desagradable, aunque pasajera. Pero un peligro real —una toxina en la dieta— inadvertido puede suponer la muerte. La falta de respuesta defensiva durante la gestación puede tener consecuencias muy serias para el feto.

biología evolutiva es el fundamento de toda biología y ésta, la base de toda medicina. Por ello sorprende que apenas ahora empecemos a reconocer el estatuto de la biología evolutiva como ciencia médica primaria. El estudio de los problemas médicos en el contexto de la evolución se ha dado en denominar medicina darwinista. La investigación médica se propone explicar las causas de la enfermedad del individuo y busca los tratamientos para curar, o al menos aliviar, las afecciones deletéreas. Semejante planteamiento se ha venido ciñendo a las cuestiones inmediatas, al estudio directo de los mecanismos anatómicos y fisiológicos. La medicina darwinista, por contra, se pregunta por qué el diseño del cuerpo humano le hace vulnerable al cáncer, la aterosclerosis, la depresión o la parálisis; dilata, pues, el horizonte y el contexto de la investigación.

Las explicaciones de tipo evolutivo relativas a la menesterosidad del cuerpo humano se estructuran en ciertas categorías, muy pocas. En primer lugar, algunos estados desagradables —el dolor, la fiebre, la tos, el vómito o la ansiedad— no constituyen tanto enfermedades o defectos de diseño cuanto defensas desarrolladas. En segundo lugar, los conflictos con otros organismos, y

aquí vale lo mismo para *Escherichia coli* que para los cocodrilos, son inherentes a la vida. En tercer lugar, determinadas circunstancias (la disponibilidad de grasas en la dieta) son tan recientes, que la selección natural no ha tenido tiempo todavía de obrar sobre ellas. En cuarto lugar, ciertas peculiaridades pueden resultar del compromiso entre los beneficios que reportan y los inconvenientes que ocasionan. En un ejemplo clásico, el gen implicado en la anemia falciforme (drepanocitosis) protege de la malaria. Por último, el proceso de selección natural condiciona el desarrollo de diseños subóptimos, como en el caso de los ojos de los mamíferos.

La tos pudiera ser el mecanismo de defensa más útil. Los sujetos que no eliminan los cuerpos extraños de sus pulmones presentan mayor probabilidad de morir de neumonía. Benéfica es también la capacidad de sentir dolor. Los contados individuos que carecen de tal sensación tampoco experimentan molestia alguna cuando permanecen en la misma posición durante largo rato. Este estatismo antinatural dificulta el riesgo de las articulaciones y fomenta su deterioro. Tales individuos suelen morir precozmente en la edad adulta por lesión de los tejidos y por infecciones. Tos

y dolor se reputan a menudo expresión de enfermedad o agresión; la verdad es que están más cercanos a la solución que al problema. Los sistemas de defensa desarrollados por la selección natural se mantienen en reserva hasta que se les necesita.

Quizá se haga más duro admitir la fiebre, el vómito, la diarrea, la ansiedad, la fatiga, el estornudo y la inflamación entre los mecanismos de defensa. La utilidad de la fiebre pasa inadvertida incluso para algunos médicos. Más que un incremento de la actividad metabólica, la fiebre es un aumento cuidadosamente regulado del punto de ajuste del termostato corporal. La subida de la temperatura corporal facilita la destrucción de los patógenos. Matthew J. Kluger, del Instituto Lovelace de Albuquerque, en Nuevo México, ha observado que los propios lagartos, animales de sangre fría, buscan lugares más templados cuando padecen una infección, para que su temperatura corporal se eleve varios grados por encima de la habitual. Si se les impide trasladarse a la parte más cálida de la jaula, se multiplica el riesgo de morir de infección. En otro estudio similar realizado por Evelyn Satinoff, de la Universidad de Delaware, las ratas viejas, que ya no pueden alcanzar las altas fiebres de sus compañeras de laboratorio, buscan instintivamente ambientes más calientes cuando sufren una infección.

La reducción de los niveles de hierro en sangre, otro mecanismo de defensa, se presta también a interpretación errónea. Quienes padecen infecciones crónicas presentan a menudo concentraciones inferiores a la normalidad. A veces se culpa de esa caída a la enfermedad, cuando se trata, por contra, de una respuesta protectora; durante la infección, el hígado secuestra el hierro para evitar que las bacterias accedan a elemento tan vital.

Tradicionalmente se ha considerado la náusea un enojoso efecto secundario de la gestación. Las náuseas coinciden con el período de diferenciación rápida del feto, época en que se manifiesta más vulnerable a la exposición a toxinas. La gestante que las experimenta tiende a restringir la ingesta de sustancias de sabor fuerte, potencialmente dañinas. Ante esa observación, Margie Profet planteó la hipótesis de que las náuseas del embarazo fueran una adaptación por la que la madre protegía al feto de la exposición a toxinas. Profet se aprestó a comprobar la hipótesis

RANDOLPH M. NESSE y GEORGE C. WILLIAMS son los autores del libro *Why We Get Sick: The New Science of Darwinian Medicine* ("Por qué enfermamos: la nueva ciencia del darwinismo médico"). Nesse enseña psiquiatría en la Universidad de Michigan, donde dirige el Programa de Evolución y Adaptación Humana del Instituto de Investigación Social. Williams, notorio teórico de la evolución, es profesor emérito de la Universidad de Nueva York en Stony Brook y director de *Quarterly Review of Biology*.

estudiando los resultados del embarazo. Halló, con suficiente seguridad, que el fruto de las mujeres con más náuseas presentaba menos malformaciones. (El estudio respalda la teoría, pero resulta todavía incompleto. Si la hipótesis de Profet es correcta, la investigación ulterior deberá descubrir que las hembras de muchas especies modifican sus preferencias dietéticas durante la gestación. Predice también un incremento de las malformaciones en los embarazos de mujeres con menos náuseas o sin náuseas en absoluto y que, como consecuencia de ello, hubieran seguido una dieta más variada durante la gestación.)

Parece obvio que el estado de ansiedad, muy común, se originase como mecanismo de defensa en situaciones de peligro para favorecer la huida y la evitación. En 1992, Lee A. Dugatkin, de la Universidad de Louisville, ponderó los beneficios del miedo en los gupis. Los clasificó en tímidos, cautos y temerarios, en función de su reacción ante la presencia de un pez potencialmente depredador, la perca americana de boca pequeña. Los tímidos se escondían, los cautos sencillamente nadaban en otra dirección y los temerarios se quedaban quietos y fijaban la vista en el posible verdugo. Dugatkin colocó a cada gupi solo en un tanque con la perca. Sesenta horas después, habían sobrevivido el cuarenta por ciento de los tímidos, por sólo un quince por ciento de los cautos. El completo exterminio de los temerarios, por su parte, facilita la transmisión de los genes del depredador más que los suyos propios.

La selección de genes que favorecen la ansiedad predice la existencia de personas que experimenten un exceso de ansiedad. Las hay. También debería haber individuos hipofóbicos, con un nivel de ansiedad insuficiente, ya sea por tendencias genéticas o

por fármacos ansiolíticos. La naturaleza exacta y la frecuencia de este síndrome es asunto por establecer. Pocas personas acuden al psiquiatra quejándose de una aprensión insuficiente. Al flemático patológico tal vez haya que buscarlo en los servicios de urgencia, en las prisiones o en la cola del paro.

La utilidad de afecciones tan comunes y desagradables como la diarrea, la fiebre o la ansiedad, no se adivina de entrada. Si la selección natural determina los mecanismos que regulan las respuestas de defensa, ¿por qué las personas que recurren a fármacos para bloquearlas salen tan bien paradas, sin que inflijan a su cuerpo un daño obvio? La verdad es que a menudo nos hacemos un flaco servicio cuando nos interponemos en esos mecanismos.

Herbert L. DuPont, de la Universidad de Texas en Houston, y Richard B. Hornick, del Hospital Regional de Orlando, han estudiado la diarrea causada por *Shigella*. Descubrieron que las personas que tomaban antidiarreicos tenían una enfermedad de curso más largo e incapacitante

que los que tomaron placebo. En otro ejemplo, Eugene D. Weinberg, de la Universidad de Indiana, ha documentado un aumento de las enfermedades infecciosas, en especial amebiasis, en determinadas zonas de Africa, donde se pretendía con la mejor intención corregir la deficiencia de hierro. Los suplementos orales de hierro no parecen afectar a personas con infecciones habituales —y sanas en lo demás—, en tanto que pueden ser muy nocivos para las malnutridas que padecen infecciones. No son capaces éstas de sintetizar una cantidad suficiente de proteínas ligadoras de hierro, que queda así libre para el metabolismo de los agentes infecciosos.

Hace poco se responsabilizó a un fármaco antinauseoso de producir efectos teratógenos. Parece que no se consideró la posibilidad de que el fármaco fuera en sí mismo inocuo para el feto y que la asociación a defectos congénitos se debiera a su interferencia con el mecanismo defensivo de la náusea materna.

Otro obstáculo para percibir los beneficios de las defensas deriva del carácter rutinario que se atribuye a las reacciones innecesarias de ansiedad,

Evolución de la virulencia

Los cambios de la virulencia de un agente infeccioso están relacionados con el momento evolutivo y el mecanismo de transmisión. Paul E. Ewald, del Colegio Amherst, ha determinado que la transmisión que requiere contacto directo suele llevar al patógeno a reducir su virulencia. De esta forma el huésped puede interactuar con otros. En cambio, los intermediarios encargados de diseminar a los microorganismos, incluso a partir de huéspedes totalmente incapacitados, pueden redoblar la virulencia. La modificación de los hábitos, como la profilaxis sexual, también puede determinar cambios en el patógeno.



FACTORES DE SELECCION QUE FAVORECEN UNA VIRULENCIA ELEVADA

Vectores de enfermedades (mosquitos, manos de los profesionales de la salud, suministros de agua potable con deficiente higiene)
Sexo sin protección; promiscuidad



FACTORES DE SELECCION QUE FAVORECEN UNA VIRULENCIA BAJA

Transmisión de persona a persona (estornudo, tos, contacto cutáneo)
Sexo con protección; monogamia

dolor, fiebre, diarrea o náusea. La explicación requiere el análisis de las respuestas defensivas en el marco de una teoría de detección de señales. Una toxina de la sangre puede tener su origen en una sustancia presente en el estómago. El organismo puede eliminarla mediante el vómito, pero ha de pagar por ello un precio. El coste de una falsa alarma —el vómito que se produce cuando no hay toxina alguna que expulsar— son apenas unas calorías. Pero el tributo que satisface el silencio de una alarma auténtica —esto es, que no provoque el vómito en presencia de una toxina— puede suponer la muerte.

La selección natural tiende a estructurar los mecanismos de regulación con activadores sutilísimos, según el principio del “detector de humos”. Una alarma de incendios fiable que

ante estímulos insignificantes y su interferencia suele ser inocua. Casi todas las alarmas que evitamos al quitar la pila del detector de humos son falsas, por lo que esta estrategia puede parecer razonable. Hasta que algo arda.

La selección natural no puede darnos de una protección perfecta contra toda suerte de patógenos. Tienden éstos a evolucionar de forma mucho más rápida de lo que es capaz el hombre. La elevada tasa de reproducción de *Escherichia coli*, por ejemplo, le confiere más oportunidades de mutación y de selección en un solo día que a la humanidad en un milenio. Nuestras propias defensas, sean naturales o artificiales, actúan como una potente fuerza de selección, por cuya razón los pató-

la vez. Para averiguarlo habría que investigar y determinar si el bloqueo de las secreciones nasales acorta o prolonga la enfermedad. No abundan ese tipo de trabajos.

Con el desarrollo de los antibióticos y las vacunas la humanidad ha ganado importantes batallas en su guerra contra los agentes infecciosos. Las victorias brillaron tanto, que en 1969 William H. Stewart se atrevió a afirmar que había llegado “el momento de cerrar el libro de las enfermedades infecciosas”. Se subestimó al enemigo y el poder de la selección natural. La realidad es que los patógenos parecen adaptarse a cualquier producto que los investigadores desarrollen.

La resistencia a los antibióticos ejemplifica una demostración clásica de los mecanismos por los que opera la selección natural. Las bacterias cuyos genes les permiten sobrevivir incluso en presencia del antibiótico, se reproducen en menos tiempo que las otras. De esta forma, los genes que confieren resistencia se diseminan con rapidez. Joshua Lederberg, de la Universidad Rockefeller, ha demostrado que estos genes pueden saltar de bacteria en bacteria incluidos en pequeños fragmentos infecciosos de ADN. Hoy en día, algunas cepas de tuberculosis de la ciudad de Nueva York resisten a los tres tratamientos antibióticos principales. Los pacientes infectados por estas cepas no tienen mejor pronóstico que los tuberculosos de hace un siglo. Stephen S. Morse, de la Universidad de Columbia, apunta que la cepa multirresistente que se ha diseminado por toda la costa este pudo emerger en un asilo próximo al Hospital Presbiteriano de Columbia. Este fenómeno sería previsible en un medio donde una feroz presión de selección elimina con rapidez las cepas menos virulentas. Los bacilos supervivientes se han seleccionado en razón de su resistencia.

Todavía hay quien cree en la trashed teoría según la cual los patógenos, tras una larga asociación con el huésped, caminan hacia la benignidad. Este prejuicio débese a una exposición superficial del problema. Un organismo que mate pronto a su hospedante quizá llegue a tiempo de infectar a otro. La selección natural primaría en este caso una virulencia baja. La sífilis, por ejemplo, era una enfermedad de extrema virulencia cuando entró en Europa, pero a medida que transcurrieron los siglos se volvió cada vez más benigna. La virulencia de un patógeno es, de todas formas, una característica circunstan-

Ambientes nuevos, peligros nuevos

Peligros para la salud, desde 2000 a.C. hasta la Edad Moderna

Accidentes

Inanición

Predadores

Enfermedades infecciosas



Peligros actuales para la salud (en culturas avanzadas)

Infarto y otras complicaciones de la aterosclerosis

Cáncer

Otras enfermedades crónicas asociadas a los hábitos de vida y la longevidad

Diabetes no insulino dependiente

Obesidad

Nuevas enfermedades infecciosas



despierte a una familia en caso de incendio, producirá necesariamente una falsa alarma cuando se queme una tostada. El tributo a pagar por los numerosos “detectores de humos” repartidos por el cuerpo humano es el sufrimiento a menudo innecesario. Este principio explica por qué al bloqueo de las defensas no sigue la mayoría de las veces un trágico desenlace. En buena medida, las reacciones defensivas se desencadenan

genos se ven obligados a desarrollar sus defensas para no extinguirse. Paul W. Ewald, del Colegio Amherst, ha propuesto una clasificación de los fenómenos asociados a la infección según se beneficie de ellos el huésped, el patógeno, ambos o ninguno de los dos. Consideremos la mucosidad que acompaña a cualquier resfriado. La secreción nasal puede expulsar los patógenos, acelerar su transmisión a otros huéspedes o ambas cosas a

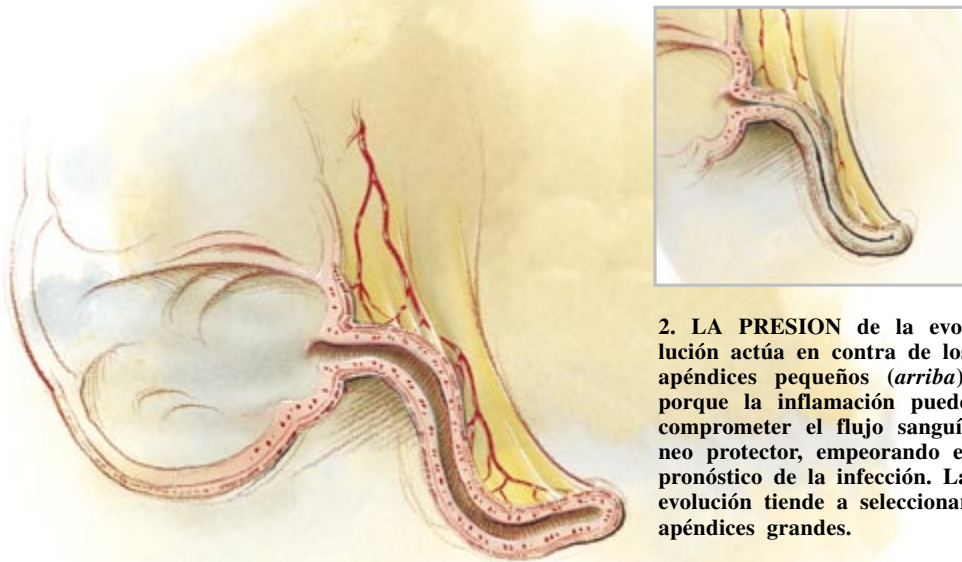
cial en la vida del mismo. Aumentará o disminuirá en función de lo que en cada momento les resulte más ventajoso a sus genes.

La virulencia baja suele ser ventajosa para el agente que se transmite directamente de un individuo a otro, pues permite al hospedante mantener su relación con nuevas víctimas potenciales. Otras enfermedades, así la malaria, se transmiten de forma igualmente eficaz, cuando no mejor, a partir de enfermos muy postrados. Este tipo de patógenos depende de vectores intermediarios (mosquitos); para ellos una virulencia elevada puede suponer una ventaja selectiva. El principio halla una aplicación directa en el control de las infecciones en los hospitales, donde las manos del personal sanitario pueden actuar de vectores que seleccionen las cepas virulentas.

En el cólera la red pública de distribución del agua y alcantarillado desempeña el papel de los mosquitos. Si el agua destinada al consumo o a la higiene se contamina con heces de los enfermos, la selección tiende a incrementar la virulencia de la bacteria. Cuanto mayor es la diarrea, mayor será la diseminación del organismo, aunque el sujeto hospedante muera. Ewald ha demostrado que, al mejorar la higiene, la selección actúa en contra del biotipo clásico de *Vibrio cholerae* y en favor del más benigno El Tor. En estas condiciones, la muerte del huésped es un callejón sin salida y un enfermo menos afectado y más móvil, capaz de contagiar a otros durante un período mucho más largo, es un vector eficaz para propagar el patógeno de baja virulencia. En otro ejemplo, una mayor higiene favorece que *Shigella sonnei* desplace a la más agresiva *S. flexneri*.

Estas consideraciones pueden ser de utilidad a la hora de diseñar las políticas sanitarias. A propósito del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) la teoría de la evolución prevé que con agujas limpias y medios profilácticos se consigue más que mediante tratamientos terapéuticos. Si nuestra misma conducta puede frenar las tasas de transmisión del VIH, las cepas que no acaben en poco tiempo con el huésped adquirirán ventaja selectiva a largo plazo; por contra, los virus más virulentos, los que acaben presto con la vida del huésped, verán limitada su capacidad de diseminación. Las medidas públicas pueden cambiar la naturaleza del VIH.

La pugna no se limita a los patógenos. Los grandes depredadores



2. LA PRESION de la evolución actúa en contra de los apéndices pequeños (arriba), porque la inflamación puede comprometer el flujo sanguíneo protector, empeorando el pronóstico de la infección. La evolución tiende a seleccionar apéndices grandes.

representaron antaño una auténtica amenaza para el hombre. Salvo en contados puntos, los grandes carnívoros han dejado de ser un riesgo. Mayor peligro revisten serpientes y arañas venenosas. Aunque resulta paradójico que las fobias provocadas por estas criaturas produzcan más daño que cualquier tropiezo real con ellas. Mucho más peligrosos que los predadores o los organismos venenosos son otros miembros de nuestra misma especie. Nos atacamos unos a otros, pero no para conseguir carne, sino por la pareja, el territorio o los recursos. Los conflictos violentos entre los individuos se dan sobre todo en jóvenes, que se agrupan en organizaciones que respalden sus intereses. Los ejércitos, cuyas filas se nutren también de hombres jóvenes, tienen objetivos parecidos y con un coste desmesurado.

Incluso las relaciones humanas más íntimas pueden convertirse en fuente de conflictos con secuelas médicas. Al principio, madre e hijo parecen compartir los mismos intereses, pero pronto divergen. Robert L. Trieves señala en un artículo clásico publicado en 1974 que, cuando el niño tiene unos pocos años de vida, los intereses genéticos de la madre pueden quedar mejor satisfechos con una nueva gestación, mientras que su retoño se beneficia de que se prolonguen los cuidados. Antes incluso del parto, ya existe un conflicto. Desde el punto de vista de la madre, el tamaño óptimo del feto es algo menor de lo que sería ideal para padre e hijo. De acuerdo con David Haig, de la Universidad de Harvard, el conflicto da pie a una carrera armamentística entre el feto y la madre por la regulación de

los niveles de tensión arterial y de glucosa en sangre. A veces, el resultado es la aparición de hipertensión y diabetes del embarazo.

Un paseo por cualquier hospital recoge testimonios más que suficientes de las enfermedades que la humanidad se ha buscado. Los ataques al corazón, por ejemplo, se deben en su mayoría a aterosclerosis, un problema de nuestro siglo y raro antaño. La investigación epidemiológica proporciona la información necesaria para controlar la enfermedad. Bastaría con limitar la ingesta de grasas, comer mucha verdura y realizar ejercicio diario. Sin embargo, proliferan las hamburgueserías, las comidas dietéticas acumulan polvo en los estantes y los aparatos de gimnasia sólo sirven de improvisados roperos. En Estados Unidos, la proporción de obesos, cifrada en un tercio, sigue aumentando. Si sabemos lo que nos conviene, ¿por qué tomar decisiones que perjudican?

Las elecciones relativas a la dieta y el ejercicio dimanan de cerebros diseñados para hacer frente a un entorno distinto del que nos rodea hoy en día. La estructura humana se ajustaba mejor a la sabana africana, donde la grasa, la sal y el azúcar eran escasos y preciosos. Los individuos con tendencia a consumir grandes cantidades de grasa cuando se les presentaba la rara ocasión tenían una ventaja selectiva. Para ellos era más probable sobrevivir a las hambrunas que diezmaran a sus estilizados compañeros. Nosotros, que descendemos de ellos, conservamos esa urgencia por hartarnos, cuando ya no escasea la comida. La humanidad ha creado

una sociedad que nada en leche y miel, para ver cómo ese éxito se ha trocado en origen de enfermedades modernas y de muertes precoces.

Tenemos también acceso cada vez más franco a diversos tipos de drogas, en particular alcohol y tabaco, culpables de una elevada proporción de enfermedades, de la carestía de la sanidad y de muertes anticipadas. Si bien los individuos han recurrido siempre a sustancias psicoactivas, el problema se ha agravado con la disponibilidad de drogas concentradas y vías de administración directas, especialmente mediante inyección. La mayoría de estas sustancias —nicotina, cocaína y opio, por ejemplo— son productos de la selección natural para proteger de los insectos a las plantas. Los humanos compartimos con los insectos un bagaje genético común y la mayoría de estas sustancias también afectan a nuestro sistema nervioso.

No cabe, pues, restringir la vulnerabilidad a individuos problemáticos o a sociedades desordenadas. Todos nosotros nos hallamos expuestos en razón de la larga historia de interacción de nuestra bioquímica con las drogas.

El incremento rápido y reciente de la incidencia de cáncer de mama probablemente obedezca también a cambios operados en el entorno y en los hábitos de vida; sólo unos pocos casos serían atribuibles a aberraciones genéticas. De acuerdo con los trabajos del grupo de Boyd Eaton, de la Universidad de Emory, las tasas de cáncer de mama en las sociedades “no modernas” actuales representan sólo una pequeña fracción de la registrada en Estados Unidos. Plantean la hipótesis de que el lapso que transcurre entre la menarquía y la primera gestación es un factor de riesgo crucial, al igual que el número total de ciclos menstruales. En sociedades de cazadores-recolectores, la menarquía ocurre a los quince años o más tarde, seguida en pocos años por una gestación, dos o tres años de puerperio y de nuevo, en poco tiempo, otra gestación. La mujer sólo menstrúa desde el final del puerperio hasta la siguiente gestación; durante este período las hormonas alcanzan niveles elevados que pueden lesionar las células mamarias.

En las sociedades modernas la menarquía ocurre a los doce o trece años, probablemente, al menos en parte, por una ingesta de grasa suficiente como para permitir a una mujer jovencísima alimentar al feto,