

Mente y cerebro

Nº 22/2007
6,50 €

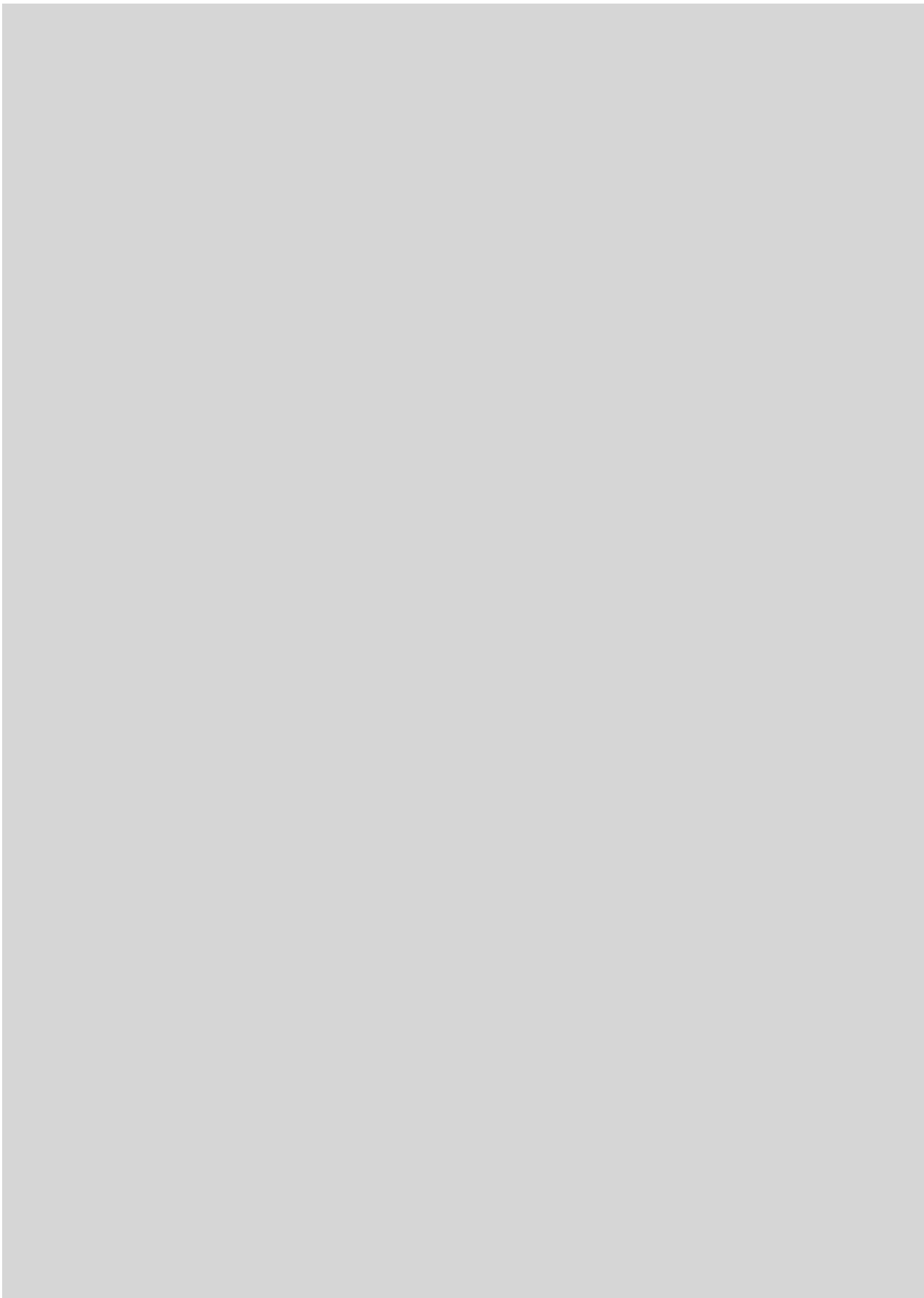
INVESTIGACION
CIENCIA

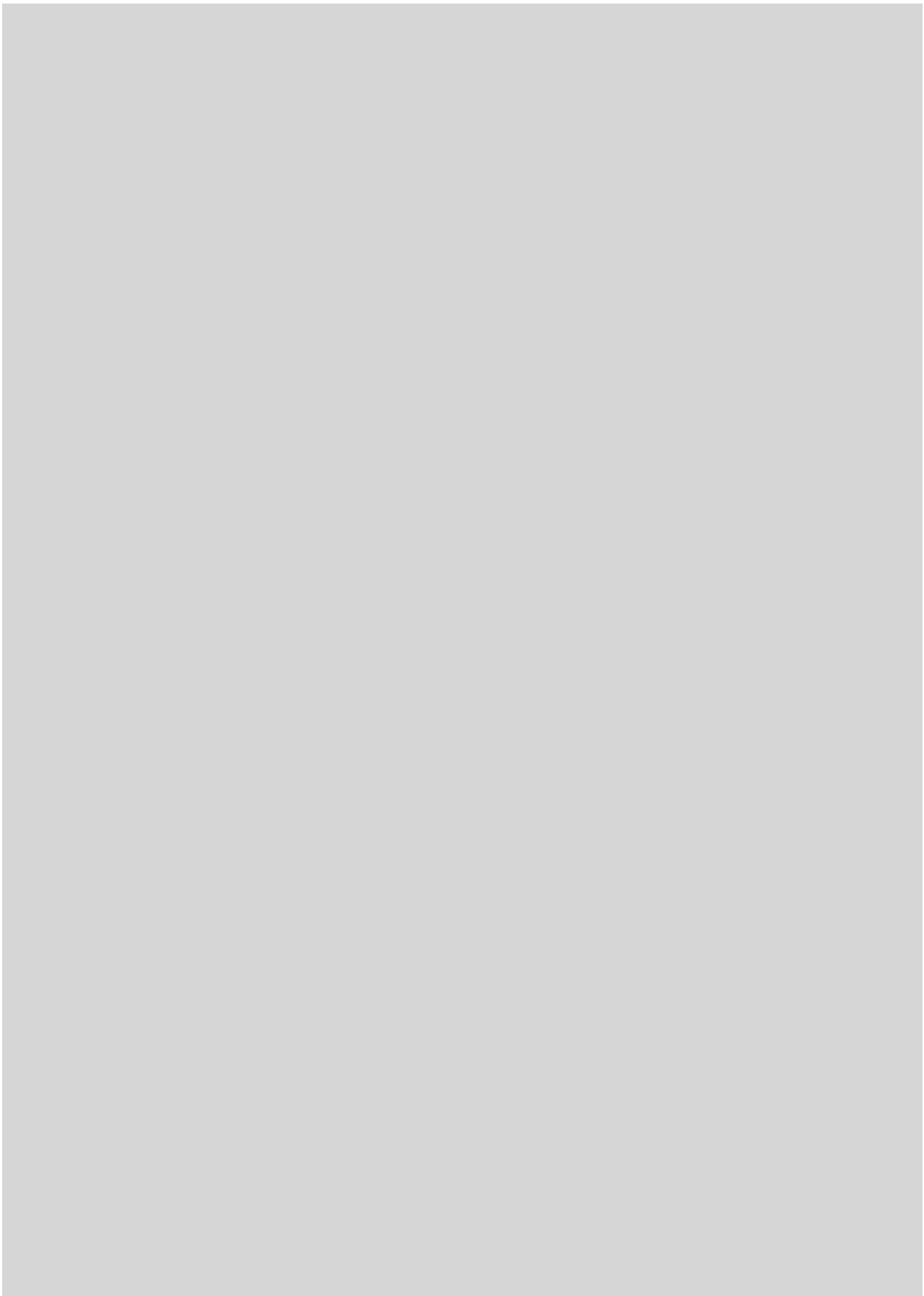
Las raíces de la violencia

- Galeno de Pérgamo
- Placer perceptivo y cerebro
- Neuroprótesis
- Cerebro y música
- El tálamo
- Síndrome de Bálint: la visión desorientada
- Seducción juvenil por los cómics japoneses

Enero/Febrero 2007







SUMARIO

Enero / Febrero de 2007
Nº 22

12 Placer perceptivo y cerebro
Irving Biederman y Edgard A. Vessel
¿Por qué el cerebro ansía información y la busca a través de los sentidos?



20 El cerebro y la música contemporánea
Philippe Lalitte y Emmanuel Bigand
Si la música contemporánea nos desconcierta, es porque nuestro cerebro no está habituado. La audición reiterada podría lograr que nos resultase familiar la forma en que ha sido construida.



33 Neuroprótesis
Verena Ahne
Los parapléjicos podrán volver a caminar gracias a un chip implantado en el cerebro, preparado para "leer los pensamientos". Tras el éxito de la fase de ensayo en humanos, existen voces críticas que avisan sobre las limitaciones éticas.



60 El cerebro agresivo
Daniel Strüber, Monika Lück y Gerhard Roth
Se sospecha que las alteraciones neurofisiológicas favorecen las tendencias agresivas. Pero hay implicados varios factores más.



67 Prevención contra la violencia
Johanna Senghaas
Hay que educar a los niños desde pequeños a convivir sin violencia. Tal es el objetivo de "Faustlos", un programa de educación infantil y primaria de éxito en Alemania.

72 Seducción juvenil por los cómics japoneses
Cristoph Uhlhaas
Los cómics manga y las películas de dibujos animados anime se han convertido en géneros de culto. ¿Acabarán afectándonos el "síndrome de hikikomori" y otras patologías semejantes?



26 El tálamo y la visión

José Manuel Alonso

Nuestra percepción visual consciente depende de un pequeño núcleo talámico de apenas seis milímetros de diámetro, el núcleo geniculado lateral, cuyos circuitos neuronales determinan la calidad e intensidad de las imágenes que percibimos.

40 El síndrome de Bálint: la visión desorientada

Simon Clavagner

El sistema visual trata por separado tres aspectos fundamentales de la escena: la naturaleza de los objetos, su localización y su utilidad, funciones que el síndrome de Bálint disocia.

44 Descubrimiento del área de Broca

Serge Nicolas

El descubrimiento del área del lenguaje suscitó una violenta polémica. ¿Cómo concebir que uno pueda perder el uso de la palabra, sin merma de su inteligencia?

76 Una nueva especialidad: el consejero personal

Eleonore von Bothmer

Aumenta sin cesar el número de personas en búsqueda de ayuda más allá de la psicoterapia. ¿Cómo acertar en la elección del asesor?

81 Bases moleculares de la enfermedad de Parkinson

Emilio Fernández Espejo

La enfermedad de Parkinson es un proceso neurodegenerativo insidioso, progresivo e incapacitante. ¿Cuáles son sus bases moleculares y patogénicas?

SECCIONES

ENCEFALOSCOPIO

5

Un estrógeno neurotransmisor. Los bebés organizan la visión. Neurogénesis. Los antidepresivos no curan. ¿A qué se debe el insomnio?

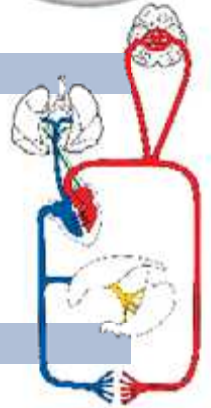


RETROSPECTIVA

8

Galeno de Pérgamo (ca. 130-200)

El sistema nervioso en la sistematización de la medicina clásica helenística



ENTREVISTA

50



Christian Pfeiffer

Televisión y educación infantil

MENTE, CEREBRO Y SOCIEDAD

52

El delirio en cuidados intensivos. Distracción auditiva. El orgasmo femenino: un vestigio de la evolución. Conductas de riesgo.



SYLLABUS

88

Estabilidad del mundo visual



Cuando nuestros ojos exploran una habitación, ¿por qué no baila el mundo captado y sí lo hace la imagen real de la retina?

LIBROS

93

Altruismo

Mente y cerebro

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

Gehirn & Geist

HERAUSGEBER:

Dr. habil. Reinhard Breuer

CHEFREDAKTEUR:

Dr. Carsten Könneker (verantwortlich)

REDAKTION: Dr. Katja Gaschler, Dr. Hartwig Hanser,

Steve Ayan, Sabine Kersebaum, Annette

Leßmöllmann (freie Mitarbeit), Dr. Andreas Jahn

STANDIGER MITARBEITER:

Ulrich Kraft

SCHLUSSREDAKTION:

Christina Peiberg, Sigrid Spies, Katharina Werle

BILDREDAKTION:

Alice Krüßmann, Anke Lingg, Gabriela Rabe

LAYOUT:

Oliver Gabriel, Anke Heinzelmann

REDAKTIONSASSISTENZ:

Anja Albat, Eva Kahlmann, Ursula Wessels

GESCHÄFTSLEITUNG:

Markus Bossle, Thomas Bleck

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

ASESORAMIENTO Y TRADUCCIÓN:

DAVID COSTA: *Placer perceptivo y cerebro*; LUIS BOU: *El cerebro y la música contemporánea*; ALEX SANTATALA: *Neuroprótesis, Implantes de retina*; J. M. GARCÍA DE LA MORA: *El síndrome de Bálint: la visión desorientada*; MARIÁN BELTRÁN: *Descubrimiento del área de Broca, El delirio en cuidados intensivos, El orgasmo femenino: un vestigio de la evolución*; I. NADAL: *Conductas de riesgo, Syllabus*; ANGEL GONZÁLEZ DE PABLO: *El cerebro agresivo, Seducción juvenil por los cómics japoneses*; JUAN AYUSO: *Prevención contra la violencia, Una nueva especialidad: el consejero personal, Entrevista*; M.^a DOLORES ESCARABAJAL: *Bases moleculares de la enfermedad de Parkinson*



Portada: Gehirn&Geist

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

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

Copyright © 2006 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg

Copyright © 2007 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.

ISSN 1695-0887

Dep. legal: B. 39.017 - 2002

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

Printed in Spain - Impreso en España



Un estrógeno neurotransmisor

Existen cada vez más pruebas de que ciertos miembros de la familia de los estrógenos, que son hormonas sexuales, pueden metamorfosearse en el cerebro y actuar como neurotransmisores, cumpliendo en él roles inesperados. El último estudio procede de un equipo de las universidades de Johns Hopkins y Lieja. Los investigadores han manipulado las concentraciones de estradiol del cerebro de codornices inyectándoles un compuesto que inhibe la síntesis de esa forma de estrógeno. Pocos minutos después, las aves exhibían cambios



impresionantes en la actividad sexual y en los umbrales de dolor. Las hormonas, por sí solas, no pueden lograr velocidades de señalización tan elevadas, afirma Gregory Ball, de Johns Hopkins, que ha dirigido el trabajo. Los humanos cuentan con mecanismos moleculares similares en su cerebro.

Los estrógenos interactúan con diversos grupos celulares del organismo, entre ellos, los tejidos mamario y uterino. Lo hacen también con neuronas del cerebro. Cuando los estrógenos cumplen una función endocrina, atraviesan la membrana celular para alcanzar el núcleo, donde activan o desactivan determinados genes; de ese modo regulan la síntesis de proteínas. La escala temporal de los efectos resultantes, como puede ser la estimulación de los ciclos menstruales, es del orden de días, meses e incluso años. Pero el estrógeno neurotransmisor se acopla directamente sobre la membrana externa de las neuronas e inicia la comunicación directa entre las células. Esta rápida excitación desencadena acciones en tiempos de minutos o segundos.

El descubrimiento del sistema de señales por estrógenos podría ajustar el modelo vigente sobre la comunicación entre neuronas, así como ciertas intervenciones clínicas en las que participan estrógenos. Los estrógenos actúan rápidamente sobre los umbrales de dolor y, por consiguiente, podrían resultar muy útiles en medicación paliativa.

—Nicole Branan

Los bebés organizan la visión

Cuando llegan a la edad de cuatro meses, casi todos los bebés son capaces de organizar la información visual. De tres modos, cuando menos: por el brillo, por la forma y por la cercanía de los objetos. Emily Farran, de la Universidad de Reading, hizo pruebas con bebés, consistentes en mostrarles imágenes en la pantalla de un ordenador y rastrear mediante cámaras durante cuánto tiempo se fijaban en los motivos presentados. Sus resultados indican que lo primero que emerge es la percepción del brillo, que se da hacia los dos meses, lo que concuerda con estudios anteriores. A los cuatro meses, casi todos los bebés agrupan objetos por su forma y su proximidad. Creíase que tal capacidad no se manifestaba hasta los seis o siete meses.

El interés de Farran por el desarrollo de la percepción visual nace de una investigación sobre el síndrome de Williams que está llevando a cabo. Los niños que lo presentan suelen tener un CI general muy bajo, en torno a 60, pero su destreza verbal es muy superior a su cognición espacial. Farran está utilizando ahora esos mismos tests para averiguar cómo se desarrollan tales destrezas en niños y bebés con síndrome de Williams. Las pruebas genéticas permiten ya adelantar el diagnóstico. Con un seguimiento más completo de las destrezas que se adquieren en las primeras etapas del desarrollo, los médicos podrían descubrir y contrarrestar las limitaciones observadas en adultos que presentan el síndrome.

—Jonathan Beard



Neurogénesis

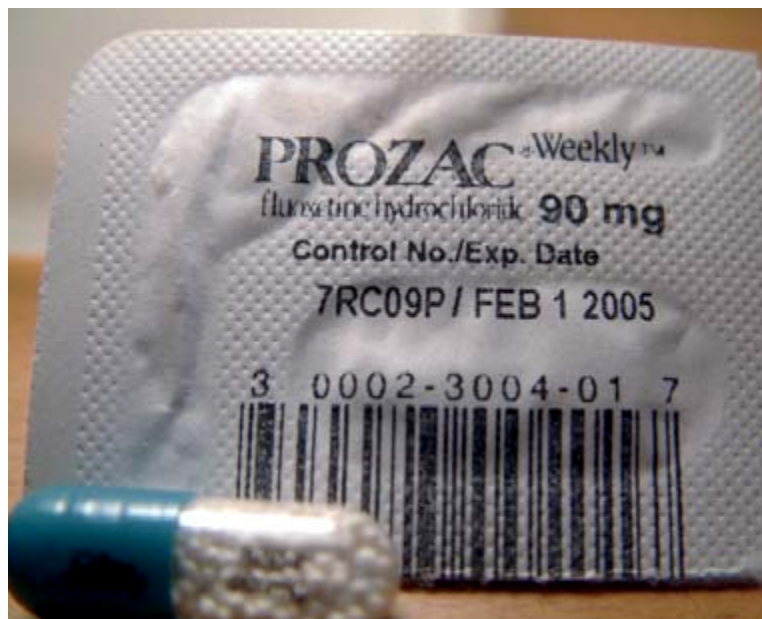
Trabajos recientes con ratones han revelado que el antidepresivo Prozac estimula el desarrollo de nuevas neuronas en el cerebro. Se cree que el Prozac, cuyo principio activo es la fluoxetina, alivia las depresiones aumentando en el cerebro la concentración del neurotransmisor serotonina. Pero ahora se ha averiguado que este fármaco incrementa la neurogénesis más allá de lo que sería normal. En ratones, el bloqueo de ese desarrollo anula los efectos del fármaco sobre el comportamiento, lo que induce a pensar que la formación de neuronas puede ser parte del mecanismo que alivia la depresión.

No está elucidado el mecanismo en cuya virtud la fluoxetina induce la neurogénesis. La formación de neuronas consta de varias rondas de división celular, en las que se crean muchas neuronas a partir de unas pocas células madre. Un grupo de investigadores dirigido por Gregori Enikolopof, del Laboratorio Cold Spring Harbor, que abordaban el efecto de la fluoxetina en dicha senda creó una estirpe de ratón con células madre neuronales en cuyo núcleo se alojaba una molécula fluorescente verde, lo que permitía rastrear fácilmente tales células con un microscopio. Descubrieron que la fluoxetina actúa en la segunda etapa de la neurogénesis, provocando que ciertas células —las progenitoras neuronales amplificadoras— se reprodujesen a un ritmo un 50 por ciento mayor de lo habitual. Este estadio constituye, en opinión de Enikolopof, una diana clara para la acción de un antidepresivo, lo que puede contribuir a diseñar antídotos mejores.

El modelo con muridos puede servir para estudios más detallados de la neurogénesis y su relación con el estado de ánimo, así como de los efectos de otros tratamientos antidepresivos. Para Dennis Steindler, de la Universidad de Florida, el modelo es susceptible de una amplia variedad de protocolos de esti-

mulación, tanto farmacéuticos como neuroactivos. Enikolopof afirma que ahora está estudiando el efecto de la fluoxetina sobre la neurogénesis de ratones jóvenes y de hembras gestantes, para contribuir a la evaluación de los riesgos del tratamiento antidepresivo en sus homólogos humanos. Otro objetivo consistiría en determinar si otros medicamentos antidepresivos tienen su diana en el mismo paso de la neurogénesis.

—J. R. Minkel



Los antidepresivos no curan

Los antidepresivos, ¿curan realmente la depresión? No, asegura Joanna Moncrieff, del Colegio Universitario de Londres. Y precisa: no en mayor medida que la insulina cura la diabetes o que el alcohol cura la ansiedad social. Moncrieff, autora de

estudios críticos sobre fármacos psiquiátricos, publicados en revistas especializadas, aboga, para comprender la medicación psicoactiva, por un modelo centrado en fármacos. Lo que supone abandonar el modelo centrado en la enfermedad. En lugar de aliviar una hipotética anomalía bioquímica, sostiene, son los antidepresivos los que crean estados cerebrales anómalos, que pueden, por coincidencia, aliviar los síntomas psiquiátricos.

En cuanto a curar la depresión, Moncrieff señala que no existen efectos inducidos por fármacos que consistan en una mejoría de larga duración del estado de ánimo, ni existe prueba alguna de que la medicación corrija un desequilibrio químico, como a menudo proclama la publicidad farmacéutica. Tales resultados explican por qué, a pesar de que el consumo de antidepresivos ha aumentado mucho en años recientes, hay pocas pruebas, aparte de los estudios controlados de fármacos, de que estén cambiando los resultados correspondientes a la depresión, tanto a corto como a largo plazo.

De hecho, ciertos estudios hacen ver que los episodios depresivos son más frecuentes y más duraderos en quienes utilizan antidepresivos. Una metodología de tratamiento de afecciones psiquiátricas centrada en fármacos examinaría los efectos paliativos específicos de cada medicación, pues unos fármacos actúan como estimulantes o como sedantes, mientras que otros, como los ansiolíticos, embotan las emociones. No se ha demostrado que haya fármaco alguno que produzca una mejoría duradera del estado de ánimo.

—Jonathan Beard



¿A qué se debe el insomnio?

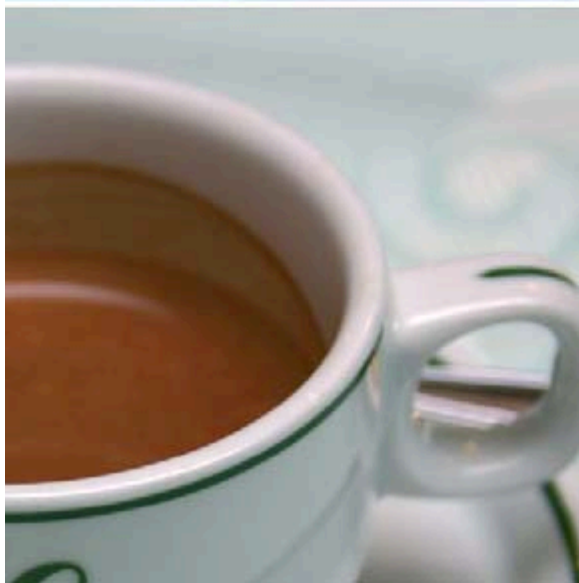
Las dificultades para dormir pueden tener una variedad de causas, entre ellas, ciertos medicamentos, las bebidas alcohólicas o con cafeína, el estrés o el dolor. Suprimidas las causas subyacentes, tales dificultades suelen aliviarse. Sin embargo, son muchas las personas para quienes la dificultad para quedar dormido se trueca en insomnio, que es la incapacidad crónica para dormir o para mantener un sueño prolongado.

Son muchos los insomnes convencidos de que no duermen lo suficiente, pero cada vez existen más pruebas de que en realidad sí logran dormir, cuando menos, lo que necesitan, y a menudo bastante más. Los insomnes propenden a acostarse temprano, quedarse en la cama hasta tarde y dormir durante el día. Todo ello agrava el problema.

¿Por qué habría nadie de dormir más de lo necesario? Al parecer, las opiniones acerca del sueño son importantes. Los individuos que experimentan insomnio, al prepararse para dormir, tienden a angustiarse ante la idea de no poder dormir y pasarse la noche dando vueltas a sus problemas o a los acontecimientos del día, o a enojarse por ruidos del ambiente. También subestiman la duración del tiempo en que realmente están durmiendo. Dicho con llaneza, si uno cree

necesitar ocho horas de sueño nocturno, organiza sus horas de acostarse y de levantarse de manera que pueda pasar ocho horas en la cama. Pero si sólo necesitamos dormir seis, nos vamos a pasar dos horas en vela.

¿Cuánto necesita uno dormir? ¿Cómo saber si estamos durmiendo lo debido? Tantas veces se ha repetido que lo adecuado es dormir ocho horas, que esta cifra se ha convertido casi en artículo de fe. La realidad es que las necesidades de sueño son bastante idiosincrásicas. En estudios epidemiológicos de gran amplitud se ha observado que el mínimo riesgo de mortalidad (para factores como la enfermedad cardíaca, el cáncer o la muerte de carácter accidental) está asociado a siete horas de sueño nocturno; aumenta con períodos más prolongados o más breves de dormición. Es probable, además, que al envejecer necesitamos dormir menos. Está muy difundida la idea de que tras dormir profundamente toda una noche nos despertaremos sin necesidad de despertador, descansados y frescos. Pero los estudios sobre ritmos circadianos hacen ver que lo habitual es encontrarse soñoliento en las primeras horas de la mañana, incluso tras toda una noche de sueño



satisfactorio. Si uno está realmente falto de sueño, tendrá dificultades para mantenerse despierto durante el día. (Unas breves "cabezadas" de 10 minutos pueden resultar eficaces para reponernos.)

Para ayudar al tratamiento del insomnio, conviene practicar una adecuada "higiene onírica". Entre las normas al caso se cuentan: adecuar el sonido, la luz y la temperatura, para encontrarse cómodo; no leer ni ver la televisión en la cama; evitar excesos en comida, alcohol, nicotina, cafeína y otros estimulantes; no realizar ejercicios físicos intensos al menos tres horas antes de apagar la luz, y determinar el momento óptimo para ir a la cama. Cuanto más tiempo se permanezca despierto, más prolongado será el sueño de ondas delta (ondas cerebrales lentas): es el sueño de ondas lentas el que nos hace sentirnos frescos y descansados. También puede resultar de ayuda la reducción del tiempo que pasamos entre las sábanas. La suma de todas estas recomendaciones no farmacológicas puede resultar más efectiva y duradera que los medicamentos para el insomnio.

—Henry Olders

Galeno de Pérgamo (ca. 130-200)

El sistema nervioso en la sistematización de la medicina clásica helenística

José María López Piñero

La obra de Galeno de Pérgamo no solamente constituye la culminación de la medicina clásica helenística, sino también la sistematización de su saber que permaneció después vigente durante mil quinientos años, ya que sólo comenzó a ser plenamente desplazada a partir del siglo xvii.

Galeno —el nombre de Claudio es un viejo error hoy solamente mantenido en publicaciones poco serias— nació en Pérgamo en torno al año 130 d.C. Su padre era un arquitecto y terrateniente que se preocupó de que tuviera una esmerada educación de acuerdo con el pensamiento estoico, antes de formarse como médico junto a famosos maestros en el propio Pérgamo, Alejandría, Esmirna y Corinto. Tras ejercer en Pérgamo, se trasladó en el año 162 a Roma, donde se integró en los círculos médicos y culturales, consiguiendo una importante clientela entre el patriciado. Hacia el 166 dejó la capital imperial, pero volvió a comienzos del 169 como médico de Cómodo, hijo de Marco Aurelio. Hasta su muerte, alrededor del año 200, fue sucesivamente médico de los emperadores Marco Aurelio, el mismo Cómodo y Septimio Severo. Su gran prestigio clínico, científico e intelectual, que no se limitó a Roma, se debió en parte a su prolífica actividad literaria, ya que escribió casi cuatrocientos textos, de los que se conservan unos ciento cincuenta.

Luis García Ballester distinguió en 1972 cuatro elementos integrantes de la obra de Galeno: la tradición hipocrática, el pensamiento de Platón y Aristóteles asimilado a través del sincretismo estoico de Posidonio, los enfoques enfrentados de las dis-



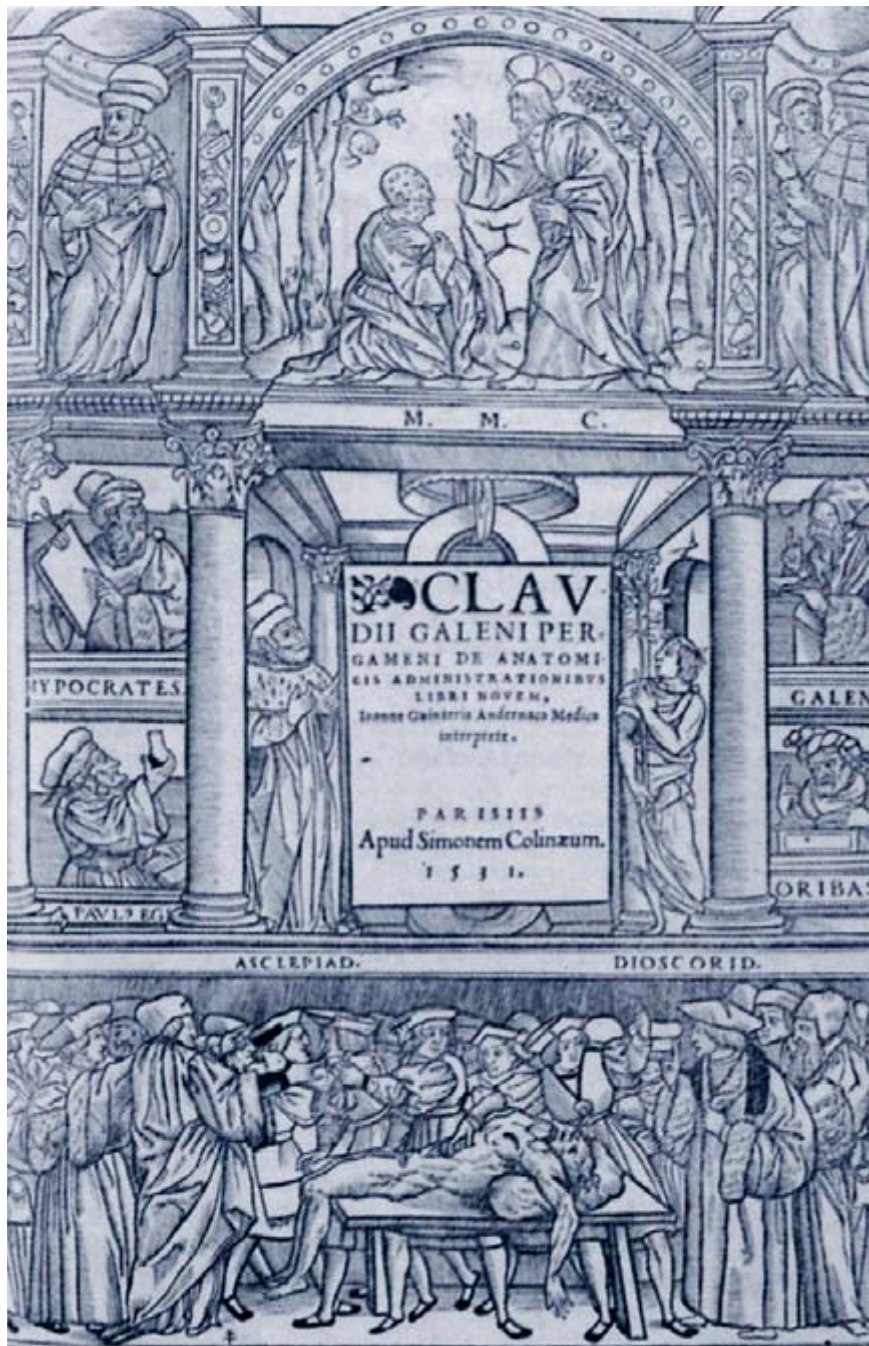
1. GALENO EXPLORANDO A UN ENFERMO. Edición de sus *Opera omnia* por los impresores venecianos Giunta (1597), entalladura alegórica.

tintas escuelas médicas, algunas de las cuales criticó muy severamente, y sus propias contribuciones originales como clínico e investigador. En el terreno del método defendió la lógica, entendida al modo aristotélico, como el instrumento necesario para dotar de rigor científico a la medicina y destacó también la importancia de la filosofía natural para ser un auténtico médico y no un mero “recetador”.

En los tratados *Sobre el uso de las partes [anatómicas]* y *Sobre los procedimientos anatómicos* y en una serie de monografías acerca de los huesos, los músculos, las venas y arterias, los nervios, el útero, etc., expuso la anatomía sin distinguirla de la fisiología, aspirando a describir el cuerpo humano en pleno funcionamiento.

La disección de cadáveres humanos es un tema sobre el que son habituales tópicos erróneos, el peor de los cuales es el relativo a su prohibición, que constituye un grave obstáculo para la difusión de los resultados de la investigación histórico-médica. Algunos historiadores del arte poco rigurosos y las publicaciones consumistas que comercializan el atractivo de lo macabro repiten la fabulación de que las primeras fueron realizadas durante el Renacimiento por artistas de modo clandestino, manipulando las circunstancias repulsivas y las persecuciones que imagina el más barato tremendismo. Así se oculta que fue iniciada en Alejandría durante el siglo III a.C., sobre todo por Herófilo de Calcedonia y Erasístrato de Ceos, como uno de los aspectos de lo que Ludwig Edelstein (1967) llamó “progresismo helenístico”.

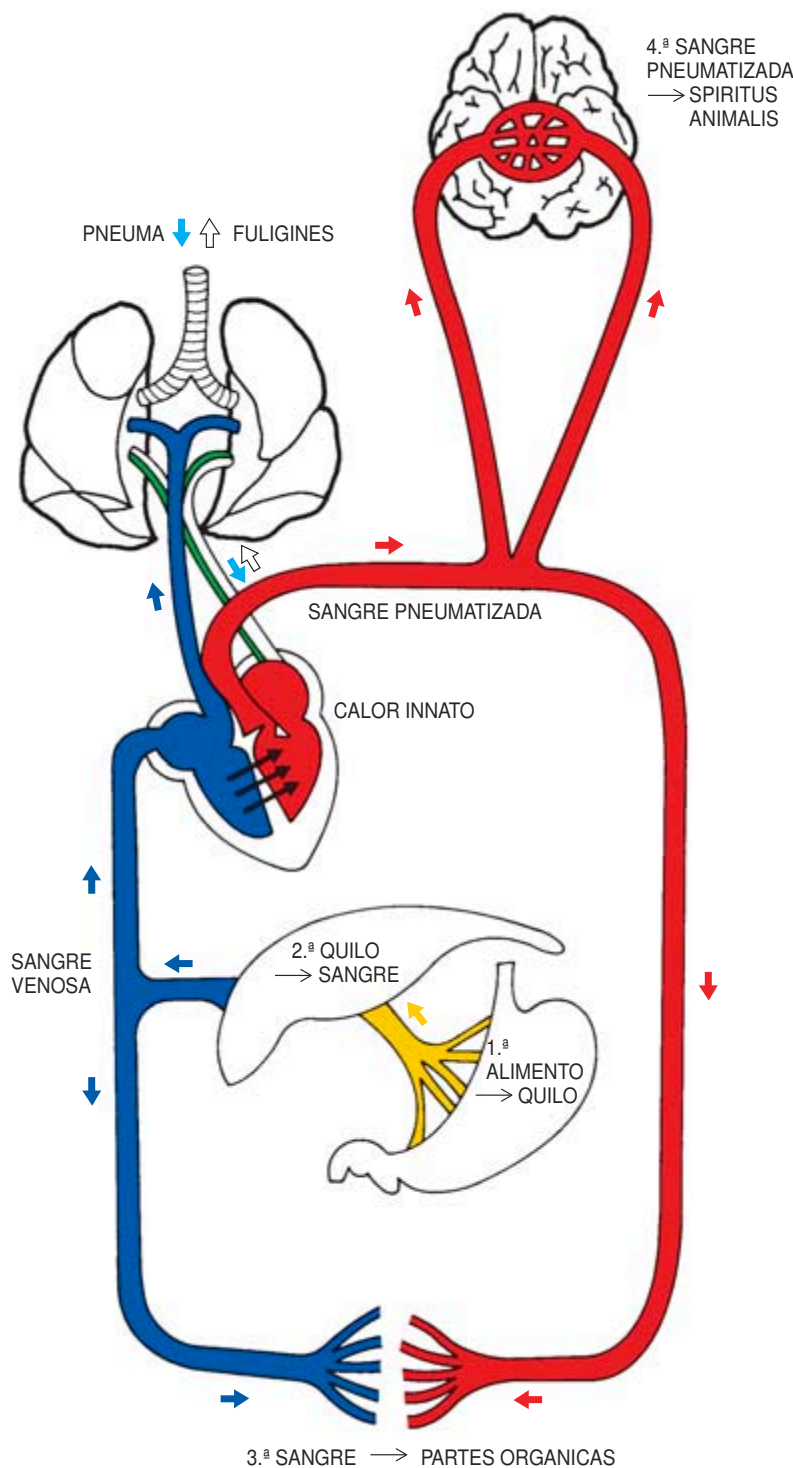
Herófilo estudió el encéfalo mediante disecciones de cadáveres humanos e investigaciones en animales, describiendo las meninges, los plexos coroideos, el cuarto ventrículo y la confluencia de los senos cerebrales, es decir, los conductos formados por el hueso craneal y la meninge exterior llenos de sangre venosa, que se sigue llamando en la actualidad “prensa de Herófilo”. Erasístrato se ocupó sobre todo de la anatomía del aparato cardiovascular y del sistema nervioso. Estudió el cerebelo y las circunvoluciones cerebrales, cuyo diferente



desarrollo relacionó con el grado de inteligencia de las especies animales, y distinguió claramente los nervios sensitivos y los motores.

Este brillante inicio lo interrumpió en el siglo I a.C., la guerra de ocupación de Egipto por los romanos, de la que suele conocerse que condujo al incendio de la gigantesca biblioteca de Alejandría, pero que fue destructiva para todas las vertientes de la actividad científica, como cualquier agresión bélica. Lo mismo que mu-

2. PORTADA DE LA TRADUCCION LATINA por Gunther von Andernach del tratado galénico *Sobre los procedimientos anatómicos* (1531).



3. ESQUEMA DEL MOVIMIENTO DE LA SANGRE y la formación del “espíritu animal”, según Galeno.
Dibujo de J. M. López Piñero (1985).

chas potencias militares, Roma tenía una cultura primitiva, por lo que sus médicos fueron siempre griegos, al principio esclavos. Alejandría se mantuvo como centro científico, aunque muy en decadencia, como se refleja en el hecho de que cuando se formó allí Galeno hiciera muy escasas disecciones de cadáveres humanos.

Aunque después diseccionó ocasionalmente algunos más, las fuentes de sus conocimientos anatómicos fueron casi exclusivamente el estudio de los esqueletos y la inferencia analógica de lo observado en disecciones de animales, sobre todo de monos. Junto a excelentes descripciones, expuso errores por aplicar al cuerpo humano formas propias de otras especies zoológicas o por apriorismos fisiológicos. Asumió las nociones de “partes similares” y “disimilares” de la anatomía estructural de Aristóteles y los planteamientos básicos de su embriología, pero no su anatomía comparada, manteniendo el enfoque iatrocéntrico subordinado a la práctica médica. Convirtió en canónica la doctrina, procedente del tratado hipocrático *Sobre la naturaleza del hombre*, que integraba los cuatro elementos de Empédocles, los cuatro humores cardinales y los cuatro pares de cualidades opuestas.

Los supuestos básicos de la fisiología galénica fueron las ideas aristotélicas de naturaleza, movimiento, causa y finalidad. Consideró el “alma” (*psykhé*) como principio vital, distinguiendo, de acuerdo con el esquema tripartito de Platón, entre un “alma concupiscible”, con sede en el hígado y principio de las funciones de generación y reproducción, un “alma irascible”, localizada en el corazón y responsable de las funciones de relación, y un “alma racional” con sede en el cerebro.

Como principio operativo, el “alma”, según Galeno, se expresa en sus “facultades” (*dynámeis*). Por una parte, en las “facultades principales”: la “natural”, la “vital” y la “animal”, en cuya virtud el cuerpo realiza, respectivamente, sus funciones vegetativas, cardiorrespiratorias y nerviosas. Por otra, en las “facultades secundarias”: “atractiva”, “retentiva”, “excretiva” y “conversiva”, mediante las cuales actúan las principales. La fisiología galénica incorporó asimismo la noción de *pneuma*, como principio exterior necesario para que se pongan en ejercicio las actividades específicas de las partes orgánicas, y la de “calor innato”, con sede en el corazón. Como base del funcionamiento del organismo suponía cuatro transformaciones sustanciales. La primera es la